

ПОДГОТОВКА К ЕГЭ

ЕГЭ

О.Ф. Кабардин
С.И. Кабардина
В.А. Орлов
О.И. Громцева
С.Б. Бобошина

ФИЗИКА

**ВСТУПИТЕЛЬНЫЕ
ИСПЫТАНИЯ**

Основные понятия, законы,
формулы

25 вариантов типовых тестовых
заданий

Сборник заданий

Ответы

ЭКЗАМЕН®

ЕГЭ

**ВСТУПИТЕЛЬНЫЕ
ИСПЫТАНИЯ**

**О.Ф. Кабардин
С.И. Кабардина
В.А. Орлов
О.И. Громцева
С.Б. Бобошина**

Физика

ВСТУПИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

**ПОДГОТОВКА
К ЕГЭ**

*Основные понятия, законы, формулы
25 вариантов типовых тестовых заданий
Сборник заданий
Ответы*

*Издательство
«ЭКЗАМЕН»
МОСКВА, 2011*

УДК 372.8:53
ББК 74.262.22
К12

Кабардин, О.Ф.

К12 Физика. Подготовка к ЕГЭ. Вступительные испытания / О.Ф. Кабардин, С.И. Кабардина, В.А. Орлов, О.И. Громцева, С.Б. Бобошина. — М.: Издательство «Экзамен», 2011. — 477, [3] с. (Серия «ЕГЭ. Вступительные испытания»)

ISBN 978-5-377-03440-7

Данное пособие полностью соответствует новому образовательному стандарту (второго поколения).

Предлагаемое пособие предназначено для подготовки к Единому государственному экзамену по физике и к вступительным экзаменам по физике в высшие учебные заведения.

Книга содержит необходимый теоретический и практический материал, соответствующий обязательным образовательным стандартам. В первой главе приводятся все основные понятия, физические законы и формулы из школьного курса физики. Вторая глава содержит 25 вариантов реальных тестов ЕГЭ по физике. Третья глава — сборник заданий, подобранных по уровням сложности (А — базовый уровень, В — повышенный и С — высокий уровень сложности). Ко всем тестам и заданиям имеются ответы.

Пособие адресовано в первую очередь ученикам выпускного класса, абитуриентам, но также будет крайне полезно преподавателям и репетиторам для подготовки учащихся к успешной сдаче ЕГЭ по физике.

Учебные пособия издательства «Экзамен» допущены Министерством образования и науки Российской Федерации к использованию в общеобразовательных учреждениях на основании приказа № 729.

УДК 372.8:53
ББК 74.262.22

Подписано в печать 21.01.2010. Формат 60х90/16. Гарнитура «Школьная».
Бумага газетная. Уч.-изд. л. 16,25. Усл. печ. л. 30.
Тираж 10 000 экз. Заказ № 483.

ISBN 978-5-377-03440-7

© Кабардин О.Ф., Кабардина С.И.,
Орлов В.А., Громцева О.И.,
Бобошина С.Б., 2011
© Издательство «ЭКЗАМЕН», 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава I. Теоретический материал для ЕГЭ

1. Механика.....	6
1.1. Кинематика.....	6
1.2. Динамика.....	22
1.3. Законы сохранения.....	29
1.4. Статика.....	35
1.5. Гидростатика.....	37
2. Молекулярная физика. Газовые законы.....	42
3. Термодинамика.....	47
4. Электричество и магнетизм.....	54
4.1. Электростатика.....	54
4.2. Постоянный ток.....	62
4.3. Магнитное поле. Электромагнитная индукция.....	68
5. Колебания и волны.....	76
6. Оптика.....	83
7. Специальная теория относительности.....	95
8. Квантовая физика.....	96
9. Краткие справочные данные.....	105

Глава II. Тренировочные тестовые задания для подготовки к ЕГЭ

Вариант 1.....	108
Вариант 2.....	118
Вариант 3.....	129
Вариант 4.....	139
Вариант 5.....	149
Вариант 6.....	159
Вариант 7.....	169
Вариант 8.....	179
Вариант 9.....	189

Вариант 10.....	199
Вариант 11.....	209
Вариант 12.....	218
Вариант 13.....	228
Вариант 14.....	237
Вариант 15.....	246
Вариант 16.....	255
Вариант 17.....	264
Вариант 18.....	273
Вариант 19.....	282
Вариант 20.....	291
Вариант 21.....	300
Вариант 22.....	311
Вариант 23.....	322
Вариант 24.....	333
Вариант 25.....	344
Ответы.....	355

Глава III. Сборник заданий

Часть 1 (задания уровня А).....	380
1. Механика.....	380
2. Молекулярная физика. Газовые законы	388
3. Термодинамика	390
4. Электричество и магнетизм.....	393
5. Колебания и волны	400
6. Оптика	403
7. Специальная теория относительности.....	407
8. Квантовая физика.....	408
Часть 2 (задания уровня В).....	412
1. Механика.....	412
2. Молекулярная физика. Газовые законы	424
3. Термодинамика	426
4. Электричество и магнетизм.....	430
5. Колебания и волны	439

6. Оптика	444
7. Специальная теория относительности.....	446
8. Квантовая физика.....	447
Часть 3 (задания уровня С).....	451
1. Механика.....	451
2. Молекулярная физика. Газовые законы	456
3. Термодинамика	458
4. Электричество и магнетизм.....	460
5. Колебания и волны	465
6. Оптика	466
7. Специальная теория относительности.....	467
8. Квантовая физика.....	468
Ответы к сборнику заданий	470
Часть 1(А).....	470
Часть 2(В)	473
Часть 3(С).....	476

ГЛАВА I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ЕГЭ

1. МЕХАНИКА

1.1. Кинематика

Механическое движение и его характеристики

Изучение курса физики принято начинать с механики. Механика изучает самый простой и наглядный вид движения — механическое движение.

Механическое движение — это изменение положения тела в пространстве, относительно других тел с течением времени.

По характеру движения точек различают три вида движения:

- а) *поступательное* — это движение, при котором все точки тела движутся одинаково и любая прямая, мысленно проведенная в теле, остается параллельна сама себе;
- б) *вращательное* движение, при котором все точки тела движутся по окружностям;
- в) *колебательное* движение — движение, которое повторяется или почти повторяется. В отличие от вращательного движения колебательное происходит в двух взаимно противоположных направлениях.

По виду траектории различают *прямолинейное и криволинейное* движения (частный случай криволинейного движения — движение по окружности); по скорости — *равномерное и неравномерное*; по ускорению — *равноускоренное, равнозамедленное, ускоренное*.

Основная задача механики — определять положение тела в пространстве в любой момент времени.

Материальная точка — это тело, размерами которого можно пренебречь в условиях данной задачи. Тело можно принять за материальную точку, если оно движется поступательно или если его размеры много меньше расстояний, которые тело проходит.

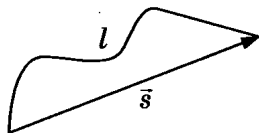
Систему отсчета вводят для того, чтобы задать положение материальной точки в пространстве. В нее входят: тело отсчета (любое тело), система координат (одномерная, двухмерная или трехмерная) и часы (начало отсчета времени совпадает с началом движения тела).

Решить основную задачу механики — определить координаты тела в любой момент времени.

Траектория — линия, вдоль которой движется тело.

Путь l (м) — длина траектории.

Перемещение \vec{s} (м) — это вектор, соединяющий начальное положение тела с конечным. Обычно $l > |\vec{s}|$; $l = |\vec{s}|$, если тело движется по прямой в одну сторону.



Проекция вектора перемещения на оси координат

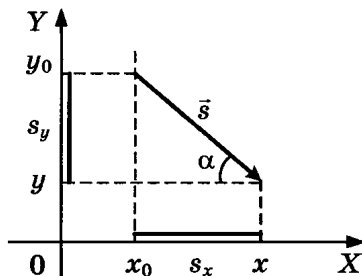
Проекция вектора перемещения на ось OX :

$$s_x = x - x_0.$$

Проекция вектора перемещения на ось OY :

$$s_y = y - y_0.$$

Проекция вектора на ось равна нулю, если вектор перпендикулярен оси.



Знаки проекций перемещения: проекцию считают *положительной*, если движение от проекции начала вектора к проекции конца происходит по направлению оси, и *отрицательной*, если против оси. В данном примере $s_x > 0$; $s_y < 0$.

Модуль перемещения — это длина вектора перемещения:

$$|\vec{s}| = s.$$

По теореме Пифагора:

$$s = \sqrt{s_x^2 + s_y^2} \quad \text{или} \quad s = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}.$$

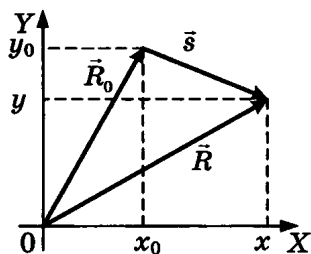
Проекции перемещения и угол наклона

$$s_x = \pm s \cos \alpha; \quad s_y = \pm s \sin \alpha.$$

В данном примере: $s_x = s \cos \alpha$; $s_y = -s \sin \alpha$.

Уравнение координаты (в общем виде):

$$x = x_0 + s_x \quad \text{или} \quad y = y_0 + s_y.$$



Радиус-вектор — вектор, начало которого совпадает с началом координат, а конец — с положением тела в данный момент времени. Проекции радиус-вектора на оси координат определяют координаты тела в данный момент времени.

Радиус-вектор позволяет задать положение материальной точки в заданной системе отсчета:

$$\vec{s} = \Delta \vec{R} = \vec{R} - \vec{R}_0.$$

Равномерное прямолинейное движение

Равномерное прямолинейное движение — движение, при котором тело за любые равные промежутки времени, совершает равные перемещения.

Скорость при равномерном прямолинейном движении. Скорость \vec{v} (м/с) — векторная физическая величина, которая показывает, какое перемещение совершает тело за единицу времени.

В векторном виде:

$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t} = \frac{\Delta \vec{R}}{\Delta t}.$$

В проекциях на ось OX :

$$v_x = \frac{s_x}{t} = \frac{\Delta x}{\Delta t}.$$

Дополнительные единицы измерения скорости:

$$1 \text{ км/ч} = 1000 \text{ м}/3600 \text{ с},$$

$$1 \text{ км/с} = 1000 \text{ м/с},$$

$$1 \text{ см/с} = 0,01 \text{ м/с},$$

$$1 \text{ м/мин} = 1 \text{ м}/60 \text{ с}.$$

Измерительный прибор — *спидометр* — показывает модуль скорости.

Знак проекции скорости зависит от направления вектора скорости и оси координат:

$$\begin{array}{c} \vec{v}_2 = 2 \text{ м/с} \quad \vec{v}_2 = 3 \text{ м/с} \\ \xrightarrow{\hspace{1.5cm}} \xleftarrow{\hspace{1.5cm}} \\ v_{1x} = 2 \text{ м/с}; v_{2x} = -3 \text{ м/с} \quad X \end{array}$$

График проекции скорости представляет собой зависимость проекции скорости от времени.

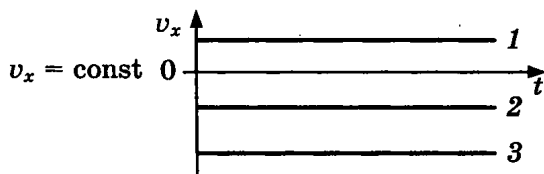
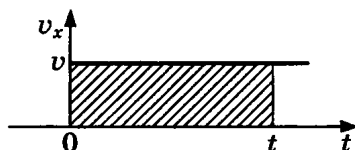


График скорости при равномерном прямолинейном движении — прямая, параллельная оси времени (1, 2, 3).

Если график лежит над осью времени (1), то тело движется по направлению оси OX . Если график расположен под осью времени, то тело движется против оси OX (2, 3).

Чем дальше график от оси времени, тем больше модуль скорости (3).

Геометрический смысл перемещения.



При равномерном прямолинейном движении перемещение определяют по формуле $s = v \cdot t$. Такой же результат получим, если вычислим площадь фигуры под графиком скорости в осях (v_x, t) . Значит, для определения пути и модуля перемещения при прямолинейном движении необходимо вычислять площадь фигуры под графиком скорости в осях (v_x, t) :

$$s = S_{\text{фигуры}}.$$

График проекции перемещения — зависимость проекции перемещения от времени.

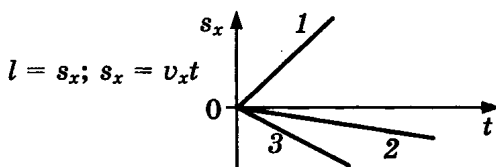


График проекции перемещения при равномерном прямолинейном движении — прямая, выходящая из начала координат (1, 2, 3).

Если прямая (1) лежит над осью времени, то тело движется по направлению оси OX , а если под осью (2, 3), то против оси OX .

Чем больше тангенс угла наклона (1) графика, тем больше модуль скорости.

График координаты — зависимость координаты тела от времени:

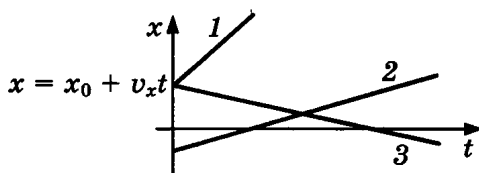


График координаты при равномерном прямолинейном движении — прямые (1, 2, 3).

Если с течением времени координата увеличивается (1, 2), то тело движется по направлению оси OX ; если координата уменьшается (3), то тело движется против направления оси OX .

Чем больше тангенс угла наклона (1), тем больше модуль скорости.

Если графики координат двух тел пересекаются, то из точки пересечения следует опустить перпендикуляры на ось времени и ось координат.

Относительность механического движения

Под относительностью мы понимаем зависимость чего-либо от выбора системы отсчета. Например, покой относительно; движение относительно и положение тела относительно.

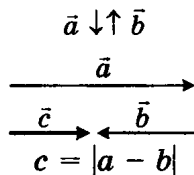
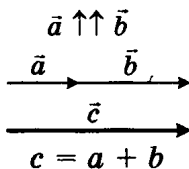
Правило сложения перемещений. Векторная сумма перемещений

$$\vec{s}' = \vec{s}_1 + \vec{s}_2,$$

где \vec{s}_1 — перемещение тела относительно подвижной системы отсчета (ПСО); \vec{s}_2 — перемещение ПСО относительно неподвижной системы отсчета (НСО); \vec{s}' — перемещение тела относительно неподвижной системы отсчета (НСО)

Векторное сложение: $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$.

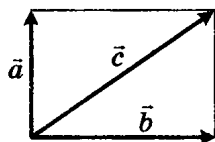
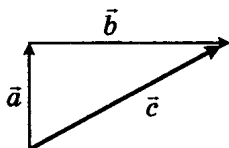
Сложение векторов, направленных вдоль одной прямой:



Сложение векторов, перпендикулярных друг другу ($\vec{a} \perp \vec{b}$):

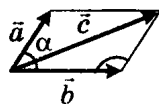
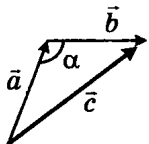
Правило треугольника

Правило параллелограмма



По теореме Пифагора $c = \sqrt{a^2 + b^2}$

Сложение векторов, расположенных под углом α друг к другу



По теореме косинусов

По теореме косинусов

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \alpha}$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos(180^\circ - \alpha)}$$

Правило сложения скоростей. Векторная сумма скоростей:

$$\vec{v}' = \vec{v} + \vec{u},$$

где \vec{v} — скорость тела относительно подвижной системы отсчета (ПСО); \vec{u} — скорость ПСО относительно неподвижной системы отсчета (НСО); \vec{v}' — скорость тела относительно неподвижной системы отсчета (НСО).

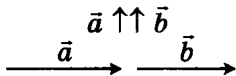
Относительная скорость. Векторная разность скоростей:

$$\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2 = \vec{v}_{12},$$

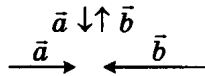
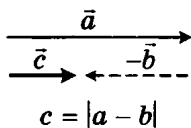
где $\vec{v}_{\text{отн}}$ — скорость первого тела относительно второго (относительная скорость); \vec{v}_1 — скорость первого тела; \vec{v}_2 — скорость второго тела.

Векторное вычитание: $\vec{c} = \vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b})$.

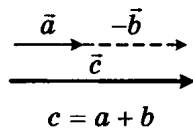
Вычитание векторов, направленных по одной прямой:



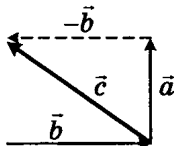
Построение:



Построение:

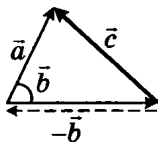


Вычитание векторов перпендикулярных друг другу ($\vec{a} \perp \vec{b}$):



По теореме Пифагора $c = \sqrt{a^2 + b^2}$

Вычитание векторов, расположенных под углом α друг к другу:



По теореме косинусов $c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \alpha}$

Средняя скорость

Неравномерное движение — движение с переменной скоростью. Это самый распространенный вид движения.

Средняя скалярная (путевая) скорость:

$$v_{\text{ср}} = \frac{l}{t},$$

где l — весь путь; t — все время.

Средняя векторная скорость:

$$\vec{v}_{\text{ср}} = \frac{\vec{s}}{t},$$

где \vec{s} — все перемещение; t — все время пути.

Средняя скалярная и модуль средней векторной скорости:

$$v_{\text{ср}} \geq |\vec{v}_{\text{ср}}|$$

Равноускоренное прямолинейное движение

Равноускоренное прямолинейное движение — движение по прямой с постоянным ускорением ($\vec{a} = \text{const}$).

Ускорение \vec{a} (м/с²) — векторная физическая величина, показывающая, на сколько изменяется скорость тела за 1 с.

В векторном виде:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}.$$

В проекциях на ось OX :

$$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}.$$

Измерительный прибор — *акселерометр*.

Знаки проекции ускорения зависят от направления вектора ускорения и оси OX (например, $\vec{v}_0 \uparrow \uparrow OX$):

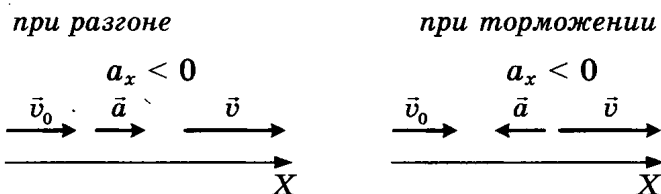


График ускорения — зависимость проекции ускорения от времени:

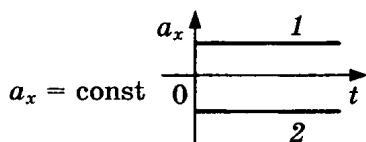


График ускорения при *равноускоренном прямолинейном движении* — прямая, параллельная оси времени (1, 2).

Чем дальше график от оси времени (2), тем больше модуль ускорения.

Мгновенная скорость — скорость в данный момент времени или в данном месте пространства.

Скорость при равноускоренном прямолинейном движении.

В векторном виде: $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$.

В проекциях на ось OX : $v_x = v_{0x} + a_x t$.

С учетом знака ускорения («+» разгон, «-» торможение):

$$v = v_0 \pm at.$$

График мгновенной скорости — зависимость проекции скорости от времени.

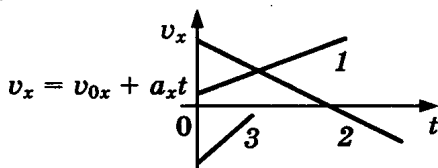


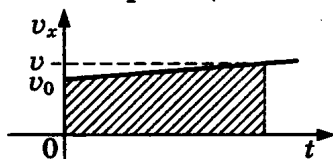
График скорости при *равноускоренном прямолинейном движении* — прямая (1, 2, 3).

Если график располагается над осью времени, то тело движется по направлению оси *OX*.

Чем больше тангенс угла наклона графика (3), тем больше модуль ускорения.

Если график пересекает ось времени (2, 3), то на первом этапе тело тормозило, а на втором двигалось ускоренно в противоположную сторону.

Геометрический смысл перемещения.



Для определения модуля перемещения при равноускоренном прямолинейном движении, вычислим площадь фигуры под графиком скорости в осях (v_x , t), т. е. найдем площадь трапеции

$$s = S_{\text{трап.}} = \frac{(v_0 + v)t}{2}.$$

Основные формулы для определения кинематических величин равноускоренного прямолинейного движения:

Ускорение: $\pm a = \frac{v - v_0}{t}.$

Мгновенная скорость: $v = v_0 \pm at.$

Время движения: $t = \frac{v - v_0}{\pm a}.$

Перемещение:

$$s = \frac{(v + v_0)t}{2} \text{ (без ускорения),}$$

$$s = v_0 t \pm \frac{at^2}{2} \text{ (без конечной скорости),}$$

$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{\pm 2a} \text{ (без времени).}$$

Перемещение в n -ую секунду равноускоренного прямолинейного движения:

$$s_n = s(n) - s(n - 1),$$

где $s(n) = v_0 n \pm \frac{an^2}{2}$;

$$s(n - 1) = v_0(n - 1) \pm \frac{a(n - 1)^2}{2}.$$

Уравнение координаты при равноускоренном прямолинейном движении позволяет определить кинематические величины равноускоренного прямолинейного движения даже в тех случаях, когда направление движения меняется.

Уравнение координаты:

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}.$$

Уравнение скорости:

$$v_x = v_{0x} + a_x t.$$

Средняя скорость:

$$v_{cp} = \frac{\Delta x}{\Delta t}.$$

Совместное движение двух тел.

Уравнение координаты:

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}.$$

Уравнение координаты при запаздывании:

$$x = x_0 + v_{0x}(t - t_{\text{запазд}}) + \frac{a_x (t - t_{\text{запазд}})^2}{2}.$$

Уравнение координаты при опережении:

$$x = x_0 + v_{0x}(t + t_{\text{опер}}) + \frac{a_x (t + t_{\text{опер}})^2}{2}.$$

Расстояние между двумя телами:

$$r = |x_1 - x_2|.$$

Координаты двух тел в момент встречи:

$$x_1 = x_2.$$

Графики кинематических величин прямолинейного движения

	Покой $a_x = 0$ $v_x = 0$ $s_x = 0$ $x = x_0$	Равномерное движение $a_x = 0$ $v_x = \text{const}$ $s_x = v_x t$ $x = x_0 + v_x t$ $\vec{v}_1 \uparrow \uparrow OX$ $\vec{v}_2 \uparrow \downarrow OX$	Равноускоренное движение $a_x = \text{const},$ $\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{v}_0, \vec{v}_0 \uparrow \uparrow OX$ $v_x = v_0 + at$ $s_x = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ $x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$	Равнозамедленное движение $a_x = \text{const},$ $\vec{a} \uparrow \downarrow \vec{v}_0, \vec{v}_0 \uparrow \uparrow OX$ $v_x = v_0 - at$ $s_x = v_0 t - \frac{at^2}{2}$ $x = x_0 + v_0 t - \frac{at^2}{2}$
$a_x(t)$				
$v_x(t)$				
$s_x(t)$				
$l(t)$				
$x(t)$				

Свободное падение

- Свободное падение происходит под действием только силы тяжести.
- Свободное падение — свободно от сопротивления воздуха.
- Все тела независимо от массы падают в вакууме с одинаковым ускорением.
- Ускорение свободного падения всегда направлено вниз, к центру Земли и равно $g = 9,8 \text{ м/с}^2$; в задачах будем считать $g = 10 \text{ м/с}^2$.

- Свободное падение по вертикали — пример равноускоренного прямолинейного движения.
- В задачах на свободное падение единицы измерения всех величин сразу следует переводить в СИ.

Основные формулы для определения кинематических величин при свободном падении (вертикальный бросок).

Скорость: $v = v_0 \pm gt$.

Перемещение, высота:

$$s = h = \frac{(v + v_0)t}{2}, \quad s = h = v_0 t \pm \frac{gt^2}{2}, \quad s = h = \frac{v^2 - v_0^2}{\pm 2g}.$$

Перемещение в n -ую секунду свободного падения:

$$s_n = s(n) - s(n-1),$$

где $s(n) = \frac{gn^2}{2}$; $s(n-1) = \frac{g(n-1)^2}{2}$.

Уравнение координаты при свободном падении позволяет определить кинематические величины свободного падения даже в тех случаях, когда направление движения изменяется.

Уравнение координаты позволяет определить высоту тела в любой момент времени:

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2}.$$

Уравнение скорости:

$$v_y = v_{0y} + g_y t.$$

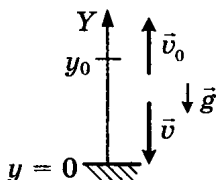
Модуль перемещения тела:

$$s = |y - y_0|.$$

Свободное падение на землю с некоторой высоты (начальная скорость направлена вверх).

Уравнение координаты: $0 = y_0 + v_0 t_{\text{пад}} - \frac{gt_{\text{пад}}^2}{2}$.

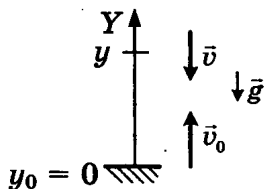
Уравнение скорости: $-v = v_0 - gt_{\text{пад}}$.



Тело подбросили от земли и поймали на некоторой высоте.

Уравнение координаты: $y = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$.

Уравнение скорости: $-v = v_0 - gt$.



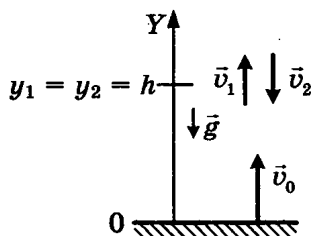
Тело подбросили от земли, на одной и той же высоте оно побывало дважды.

Уравнение координаты при подъёме: $y_1 = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2}$.

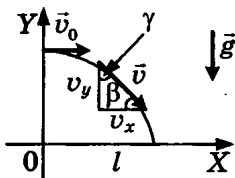
Уравнение координаты при спуске: $y_2 = v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2}$.

Интервал времени между моментами прохождения высоты h :

$$\Delta t = t_2 - t_1.$$



Горизонтальный бросок.



Проекция начальной скорости: $v_{0x} = v_0$; $v_{0y} = 0$.

Проекция ускорения свободного падения: $g_x = 0$; $g_y = -g$.

Проекция мгновенной скорости: $v_x = v_0$; $v_y = -gt$.

Модуль мгновенной скорости: $v = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$.

Минимальная скорость, начальная скорость: v_0 .

Максимальная скорость, конечная скорость (при падении): v .

Угол наклона вектора скорости к горизонту: $\operatorname{tg} \beta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}$.

Угол наклона вектора скорости к вертикали: $\operatorname{tg} \gamma = \frac{v_x}{v_y} = \frac{v_0}{gt}$.

Горизонтальное смещение: $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{g_x t^2}{2}$, $x = v_0 t$.

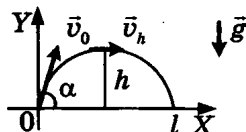
Мгновенная высота: $y = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2}$, $y = h_0 - \frac{gt^2}{2}$.

Время падения ($y = 0$): $t_{\text{пад}} = \sqrt{\frac{2h_0}{g}}$.

Дальность полета: $l = v_0 t_{\text{пад}} = v_0 \sqrt{\frac{2h_0}{g}}$.

Уравнение траектории: $y(x) = h_0 - \frac{g}{2} \left(\frac{x}{v_0} \right)^2$.

Бросок под углом к горизонту.



Проекции начальной скорости: $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$; $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$.

Проекции ускорения свободного падения: $g_x = 0$; $g_y = -g$.

Проекции мгновенной скорости: $v_x = v_0 \cos \alpha$; $v_y = v_0 \sin \alpha - gt$.

Модуль мгновенной скорости:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}, \quad v = \sqrt{v_0^2 - 2v_0 \sin \alpha \cdot gt + g^2 t^2}.$$

Минимальная скорость, скорость в верхней точке траектории:

$$v_{\min} = v_0 \cos \alpha = v_h.$$

Максимальная скорость, начальная скорость, конечная скорость: $v_{\max} = v_0 = v$.

Угол наклона вектора мгновенной скорости к горизонту:

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{v_y}{v_x} = \frac{v_0 \sin \alpha - gt_1}{v_0 \cos \alpha}, \quad \operatorname{tg} \beta_2 = \frac{v_y}{v_x} = \frac{-(v_0 \sin \alpha - gt_2)}{v_0 \cos \alpha}.$$

Угол наклона вектора скорости к вертикали:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{v_x}{v_y} = \frac{v_0 \cos \alpha}{v_0 \sin \alpha - gt}.$$

Горизонтальное смещение: $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{g_x t^2}{2}$, $x = v_0 \cos \alpha t$.

Мгновенная высота: $y = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2}$, $y = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$.

Время подъема ($v_y = 0$): $t_{\text{под}} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$.

Полное время (время полета): $t_{\text{полн}} = 2t_{\text{под}} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$.

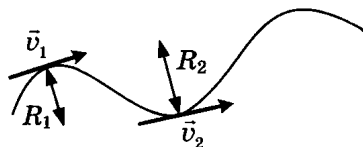
Наибольшая высота подъема: $h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$.

Дальность полета: $l = \frac{v_0^2 2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$.

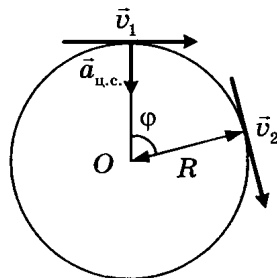
Уравнение траектории: $y(x) = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$.

Движение по окружности с постоянной по модулю скоростью

Криволинейное движение — движение, траекторией которого является кривая линия. Вектор скорости в любой момент времени направлен по касательной к траектории.



Движение по окружности с постоянной по модулю скоростью — простейший вид криволинейного движения. Любой участок криволинейного движения можно представить в виде движения по дуге окружности или по участку ломаной. Это движение с переменным ускорением.



- Траектория движения — окружность.

- Вектор скорости всегда направлен по касательной к окружности.
- Направление скорости постоянно изменяется.
- Ускорение, которое изменяет направление скорости, называют центростремительным.
- Центростремительное ускорение не меняет модуля скорости.
- Центростремительное ускорение направлено к центру окружности.

Величины, характеризующие движение по окружности с постоянной по модулю скоростью.

Период T (с) — время одного полного оборота:

$$T = \frac{t}{N} = \frac{1}{\nu}.$$

Частота ν (Гц) — число полных оборотов за 1 с:

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{N}{t}.$$

Линейная скорость v (м/с) показывает, какой путь проходит тело за 1 с:

$$v = \frac{l}{t} = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R\nu = \frac{2\pi RN}{t} = \omega R.$$

Угловая скорость ω (рад/с) показывает, на какой угол поворачивает тело за 1 с:

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu = \frac{2\pi N}{t} = \frac{v}{R}.$$

Центростремительное ускорение $a_{ц.с.}$ (м/с²) изменяет направление вектора скорости:

$$a_{ц.с.} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = 4\pi^2 R\nu^2.$$

Число оборотов N — число полных оборотов за время t :

$$N = \frac{t}{T} = t\nu.$$

Путь l (м) — расстояние, пройденное телом.

Длина дуги:

$$l = \frac{\pi R}{180^\circ} \cdot \alpha^\circ.$$

Тело совершило N оборотов: $l = N2\pi R$.

Величины, характеризующие криволинейное движение

Название, обозначение, единица измерения	Направление 	Формула	Для свободного падения 
Касательное (или тангенциальное) ускорение a_τ (м/с ²)	Параллельно скорости $\vec{a}_\tau \parallel \vec{v}$	Изменяет модуль скорости $a_\tau = \frac{v - v_0}{t}$	Движение вверх $a_\tau = -g \cos \gamma$ Движение вниз $a_\tau = g \cos \gamma$
Нормальное (или центростремительное) ускорение a_n (м/с ²)	Перпендикулярно скорости $\vec{a}_n \perp \vec{v}$	$a_n = \frac{v^2}{R}$	$a_n = g \sin \gamma$
Полное ускорение $a_{\text{полн}}$ (м/с ²)	Находится геометрически	$a_{\text{полн}} = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$	$a_{\text{полн}} = g$
Радиус кривизны R (м)	$R \perp v$	$R = \frac{v^2}{a_n}$ v — скорость в данный момент времени	В верхней точке $a_n = g$ $R = \frac{(v_0 \cos \alpha)^2}{g}$
Путь l (м)		$l = v_0 t + \frac{a_\tau t^2}{2}$	

1.2. Динамика

Три закона Ньютона

Динамика изучает причины движения тел и способы определения ускорения.

Инерция — явление, при котором тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения (т.е. в этих случаях отсутствует ускорение).

Инерциальные системы отсчета — системы отсчета, относительно которых наблюдается инерция, а также те, которые движутся равномерно и прямолинейно относительно ИСО. (ИСО — системы, ускорение которых равно нулю.)

Первый закон Ньютона: *существуют такие системы отсчета, называемые инерциальными, относительно которых*

тела движутся равномерно и прямолинейно, если на них не действуют другие тела или их действия скомпенсированы.

Инертность — физическое свойство, заключающееся в том, что любое тело оказывает сопротивление изменению его скорости (как по модулю, так и по направлению).

Проявление инертности чаще всего наблюдается в движущемся транспорте. Например, при резком увеличении скорости все пассажиры отклоняются назад, при торможении — вперед, при повороте направо, все отклоняются налево и т. п.

Масса m (кг) — физическая величина, являющаяся мерой инертности тела.

Измерительный прибор — весы.

Дополнительные единицы измерения:

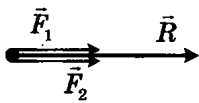
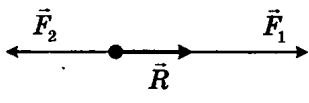
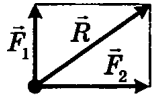
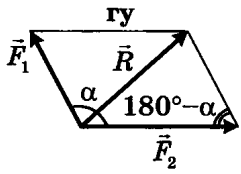
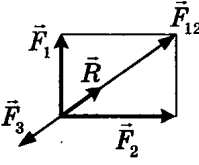
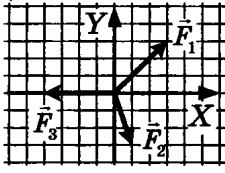
$$1 \text{ т} = 1000 \text{ кг}, 1 \text{ ц} = 100 \text{ кг}, 1 \text{ г} = 0,001 \text{ кг}.$$

Сила \vec{F} (Н) — количественная характеристика действия одного тела на другое. Сила — *векторная величина*, которая имеет числовое значение; направление в пространстве; точку приложения. Точкой приложения всех сил (кроме веса) является *центр тяжести тела*. Измерительный прибор — динамометр.

Три закона Ньютона справедливы только в инерциальных системах отсчета.

Когда следует использовать	Формулировка	Формула
Первый закон Ньютона		
Тело находится в состоянии покоя или движется равномерно и прямолинейно	Тело находится в состоянии покоя или движется по прямой с постоянной скоростью ($a = 0$), если на тело не действуют силы или их векторная сумма равна нулю	$\sum \vec{F}_i = \vec{0}$
Второй закон Ньютона		
Тело движется с ускорением <i>Всегда</i> $\vec{a} \uparrow \vec{F}$ или $\vec{a} \uparrow \vec{R}$	<ul style="list-style-type: none"> Сила, действующая на тело, равна произведению массы этого тела на ускорение, которое сообщает эта сила Если на тело действуют несколько сил, то их равнодействующая \vec{R} будет равна произведению массы на ускорение 	$\vec{F} = m\vec{a}$ $\vec{R} = m\vec{a}$, где $\vec{R} = \sum \vec{F}_i$
Третий закон Ньютона		
Тело взаимодействует с другими телами	Тела действуют друг на друга с силами, направленными вдоль одной прямой, противоположными по направлению и равными по модулю	$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

Равнодействующая сила — векторная сумма всех сил, действующих на тело: $\vec{R} = \Sigma \vec{F}_i$.

Сложение двух сил, направленных вдоль одной прямой	
<p>В одном направлении</p>  <p>Если $\vec{F}_1 \uparrow \vec{F}_2$, то $R = F_1 + F_2$</p>	<p>В противоположном направлении</p>  <p>Если $\vec{F}_1 \downarrow \vec{F}_2$, то $R = F_1 - F_2$</p>
<p>Сложение двух сил, перпендикулярных друг другу</p>  <p>Если $\vec{F}_1 \perp \vec{F}_2$, то по теореме Пифагора</p> $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$	<p>Сложение двух сил, расположенных под углом α друг к другу</p>  <p>По теореме косинусов</p> $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cos(180^\circ - \alpha)}$
<p>Сложение трех сил</p>  $F_{12} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ $R = F_{12} - F_3$	<p>Сложение проекций сил</p>  $OX: F_{1x} + F_{2x} - F_{3x} = 0$ $OY: F_{1y} - F_{2y} = 0$ $R = 0$

Сила всемирного тяготения

Сила всемирного тяготения — сила, с которой все тела притягиваются друг к другу. Эта сила наиболее заметно проявляется при взаимодействии массивных тел (звезд, планет, их спутников).

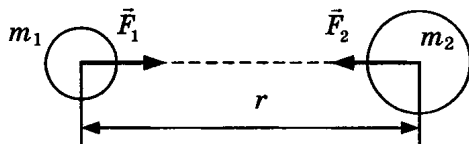
Закон всемирного тяготения выполняется для материальных точек и сферических тел.

Закон всемирного тяготения: *все тела в природе притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению масс этих тел и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними:*

$$F_m = \frac{Gm_1m_2}{r^2},$$

где $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Нм}^2/\text{кг}^2$ — гравитационная постоянная, численно равная силе гравитационного притяжения двух тел массой по 1 кг каждое, находящихся на расстоянии 1 м одно от другого; r — расстояние между центрами тел.

Сила всемирного тяготения направлена по линии, соединяющей центры тел.

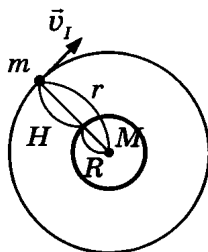


Сила тяжести

Сила тяжести — сила, с которой планета (Земля) притягивает к себе окружающие тела. Сила тяжести имеет *гравитационную* природу. Направление силы тяжести — вертикально вниз:



Искусственный спутник планеты — тело, которое обращается вокруг планеты. Движение искусственных спутников происходит по эллипсам, но мы будем рассматривать упрощенный частный случай — движение по окружности. Линейную скорость такого движения называют *первой космической скоростью*.



M — масса планеты, m — масса спутника, R — радиус планеты, H — высота спутника над поверхностью планеты, r — расстояние от центра планеты до спутника ($r = R + H$ — *радиус орбиты*), v_1 — первая космическая скорость спутника,

Закон движения ИСЗ — второй закон Ньютона:

$$F_{\text{тяж}} = ma_{\text{ц.с.}} \text{ или } \frac{GMm}{(R+H)^2} = ma_{\text{ц.с.}}$$

	Сила тяжести	Ускорение свободного падения	Первая космическая скорость	Период обращения спутника	Угловая скорость	Частота
Второй закон Ньютона		$a_{\text{и.с.}} = g$ $\frac{GMm}{(R+H)^2} = mg$	$a_{\text{и.с.}} = \frac{v^2}{r}$ $\frac{GMm}{(R+H)^2} = \frac{mv^2}{R+H}$	$a_{\text{и.с.}} = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$ $\frac{GMm}{(R+H)^2} = \frac{m4\pi^2(R+H)}{T^2}$	$a_{\text{и.с.}} = \omega^2 r$ $\frac{GMm}{(R+H)^2} = m\omega^2(R+H)$	$a_{\text{и.с.}} = 4\pi^2 \nu^2 r$ $\frac{GMm}{(R+H)^2} = m4\pi^2 \nu^2 (R+H)$
На высоте $H \neq 0$; $r = R + H$	$F_{\text{тяж}} = \frac{GMm}{(R+H)^2} = \frac{GMm}{r^2}$	$g = \frac{GM}{(R+H)^2} = \frac{GM}{r^2}$	$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R+H}} = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ $v_1 = \sqrt{\frac{2\pi GM}{T}}$	$T = 2\pi \sqrt{\frac{(R+H)^3}{GM}}$ $= 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$	$\omega = \sqrt{\frac{GM}{(R+H)^3}} = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$	$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{GM}{(R+H)^3}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$
На поверхности планеты $H = 0$	$F_{\text{тяж}} = mg_0 = \frac{GMm}{R^2}$	$g_0 = \frac{GM}{R^2}$	$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}}$	$T = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}}$	$\omega = \sqrt{\frac{GM}{R^3}}$	$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{GM}{R^3}}$
С учётом плотности планеты $H = 0$; $M = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$		$g_0 = \frac{4}{3} G \rho R$	$v_1 = 2R \sqrt{\frac{G\rho\pi}{3}}$	$T = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$	$\omega = 2\sqrt{\frac{3G\rho\pi}{3}}$	$\nu = \sqrt{\frac{3G\rho}{3\pi}}$
Если не указана масса планеты, то $GM = g_0 R^2$			$v_1 = \sqrt{\frac{g_0 R^2}{(R+H)}} = \sqrt{\frac{g_0 R^2}{r}}$	$T = 2\pi \sqrt{\frac{(R+H)^3}{g_0 R^2}} = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{g_0 R^2}}$	$\omega = R \sqrt{\frac{g_0}{r^3}}$	$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g_0 R^2}{r^3}}$
Для Земли		$g_0 = 9,8 \text{ м/с}^2 \approx 10 \text{ м/с}^2$	$v_1 = 7,9 \text{ км/с}$	$T = 24 \text{ ч} = 86400 \text{ с}$ Стационарный спутник $T_{\text{спутника}} = T_{\text{планеты}}$		

Сила упругости

Сила упругости — сила, которая возникает при деформациях тел, как ответная реакция на внешнее воздействие. Сила упругости имеет *электромагнитную* природу.

Деформация — изменение формы или объема тела.

Виды деформаций: растяжение; сжатие; изгиб (комбинированный случай одновременного сжатия и растяжения); сдвиг; кручение (частный случай деформации сдвига)

Упругие деформации исчезают после снятия нагрузки.

Пластические деформации остаются после снятия нагрузки.

Закон Гука: *модуль силы упругости, возникающей при деформации тела, пропорционален его удлинению*

$$F_{\text{упр}} = kx,$$

где k — *жесткость* тела, зависящая от его размеров, формы и материала. Единица измерения — ньютон на метр (Н/м).

Закон Гука выполняется только для упругих деформаций.

Сила упругости ($\vec{F}_{\text{упр}}$) направлена противоположно перемещению частиц при деформации.

Сила реакции опоры (\vec{N}) всегда перпендикулярна опоре.

Сила натяжения нити (\vec{T}) всегда направлена вдоль оси подвеса.

Архимедова сила (\vec{F}_A) всегда противоположна силе тяжести.

Основные понятия и физические величины, характеризующие деформацию тел.

Деформация или абсолютное удлинение тела x (м):

$$x = |l - l_0| = \Delta l,$$

где l_0 — начальная длина тела, l — длина деформированного тела.

Относительное удлинение тела ε :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}.$$

Механическое напряжение σ (Н/м² = Па):

$$\sigma = \frac{F_{\text{упр}}}{S}.$$

Экспериментальный факт: $\sigma = E\varepsilon$,

где E (Н/м² = Па) — модуль упругости (модуль Юнга) — характеризует сопротивляемость материала упругой деформации растяжения или сжатия.

Жесткость пружины k (Н/м):

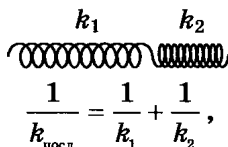
$$k = \frac{ES}{l_0}.$$

Параллельное соединение пружин:



$$k_{\text{пар}} = k_1 + k_2; x = x_1 = x_2; F = F_1 + F_2.$$

Последовательное соединение пружин:



$$\frac{1}{k_{\text{послед}}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2},$$
$$x = x_1 + x_2, F = F_1 = F_2.$$

Силы трения

Сила трения возникает при движении тел или при попытке сдвинуть их с места. Она действует на поверхности тел и затрудняет их перемещение относительно друг друга. Относится к силам *электромагнитной* природы. Трение бывает сухое и жидкое. Сухое делится на три вида: *трение покоя, трение скольжения и трение качения*.

Трение скольжения возникает при скольжении одного тела по поверхности другого. Направление трения скольжения противоположно скорости движения ($\vec{F}_{\text{тр. ск.}} \uparrow \downarrow \vec{v}$):

$$F_{\text{тр. ск.}} = \mu N,$$

где μ - коэффициент трения.

Способы уменьшения трения: выравнивание поверхностей; смазка; замена на трение качения.

Учтите: если движение происходит по *гладкой* поверхности, то силу трения учитывать не надо; если тело преодолевает границу между *гладкой* и *шероховатой* поверхностью, то сила трения равна

$$F_{\text{тр.}} = \frac{\mu mg}{2}.$$

Трение покоя возникает при попытке сдвинуть предмет с места. Трение покоя противоположно приложенной силе или направлению возможного движения.

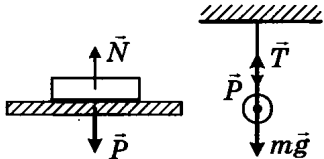
Жидкое трение (сила сопротивления) возникает при движении в жидкостях и газах. Направление жидкого трения противоположно скорости движения ($\vec{F}_{\text{сопр}} \uparrow \downarrow \vec{v}$). Особенности: жидкое трение зависит от формы тел.

При малых скоростях: $F_{\text{сопр}} = kv$; при больших скоростях: $F_{\text{сопр}} = kv^2$.

Коэффициент пропорциональности k зависит от формы и размеров тела, состояния его поверхности и от свойств среды.

Вес тела

Вес тела — сила, с которой тело вследствие притяжения к Земле, действует на опору или подвес (сила, с которой тело давит на опору или растягивает подвес); относится к силам *электромагнитной* природы. Измеряется динамометром. Единица измерения — ньютон (Н).

Точка приложения — точка опоры или подвеса	
Направление	Вес имеет направление, противоположное силе реакции опоры или силе натяжения нити $\vec{P} \uparrow \downarrow \vec{N}$; $\vec{P} \uparrow \downarrow \vec{T}$
Способ определения модуля веса	По третьему закону Ньютона, $P = N$, или $P = T$, или $P = F_{\text{упр}}$
Вес тела, если тело и опора (подвес) неподвижны	$P_0 = mg$
Невесомость	$P = 0$
Перегрузка	$\frac{P}{P_0} = \frac{P}{mg}$

1.3. Законы сохранения

Импульс тела \vec{p} (кг·м/с) — векторная физическая величина, равная произведению массы тела на его скорость:

$$\vec{p} = m\vec{v}.$$

Направление импульса совпадает с направлением скорости, так как $m > 0$ ($\vec{v} \uparrow \uparrow \vec{p}$).

Импульс тела равен нулю, если тело не движется ($v = 0$).

Суммарный (полный) импульс системы тел — векторная сумма импульсов всех тел: $\vec{p} = \sum \vec{p}_i$.

Изменение импульса тела — векторная разность между конечным и начальным импульсом тела:

$$\Delta \vec{p} = \vec{p} - \vec{p}_0 = \vec{p} + (-\vec{p}_0).$$

Второй закон Ньютона:

$$\vec{F} = m\vec{a}, \quad \vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t},$$

$$\vec{F}\Delta t = m\vec{v} - m\vec{v}_0,$$

$$\vec{F}\Delta t = \Delta \vec{p},$$

где $\vec{F}\Delta t$ — импульс силы, $\Delta \vec{p}$ — изменение импульса тела.

Реактивное движение

Реактивное движение — это движение, которое происходит за счет отделения от тела с некоторой скоростью какой-либо его части. В отличие от других видов движения реактивное движение позволяет телу двигаться и тормозить в безвоздушном пространстве, достигать первой космической скорости.

Ракета представляет собой систему двух тел: оболочки (M — масса оболочки) и топлива (m — масса топлива), v — скорость выброса раскаленных газов, $\frac{m}{t}$ — расход реактивного топлива, u — скорость ракеты.

Второй закон Ньютона: $F_p t = mv$.

Реактивная сила: $F_p = \frac{mv}{t}$.

Мощность ракеты: $P = \frac{mv^2}{2t}$.

Закон сохранения импульса

Закон сохранения импульса: *полный импульс замкнутой системы сохраняется:*

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2$$

векторная сумма импульсов тел
до взаимодействия

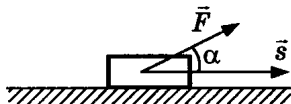
векторная сумма импульсов тел
после взаимодействия

Систему называют *замкнутой*, если тела, входящие в нее, взаимодействуют только друг с другом, а влиянием внешних сил можно пренебречь.

Механическая работа

$$A = Fs \cos \alpha,$$

где F (Н) — модуль силы, s (м) — модуль перемещения, α — угол между направлением силы и перемещением.



Единица измерения работы — джоуль

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

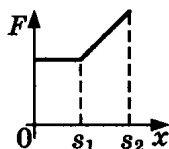
Условия совершения механической работы

- На тело действует сила.
- Под действием этой силы тело перемещается.
- $\alpha \neq 90^\circ$

Геометрический смысл механической работы.

Механическая работа численно равна площади фигуры под графиком в осях (F , x):

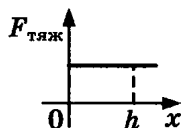
$$A = S_{\text{фиг}}.$$



Работа силы тяжести:

$$A = S_{\text{пряк}},$$

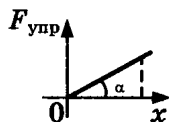
$$A = mgh.$$



Работа силы упругости:

$$A = S_{\text{треуг}},$$

$$A = \frac{kx^2}{2}.$$



Механическая энергия. Ее виды

Если тело может совершить механическую работу, то оно обладает *механической энергией* E (Дж).

Виды механической энергии: кинетическая и потенциальная.

Кинетическая энергия — энергия движущихся тел:

$$E_k = \frac{mv^2}{2},$$

где v (м/с) — модуль мгновенной скорости.

Потенциальная энергия — энергия взаимодействующих тел

$$E = mgh.$$

Примеры потенциальной энергии в механике.

Тело поднято над землей: $E_p = mgh$,

где h — высота, определяемая от нулевого уровня (или от нижней точки траектории).

Упруго деформированное тело: $E_p = \frac{kx^2}{2}$,

где x (м) — деформация, определяемая от положения недеформированного тела (пружины, шнура и т.п.).

Мощность

Мощность — физическая величина, показывающая, какую работу совершает тело за единицу времени (или какую энергию вырабатывает тело за единицу времени).

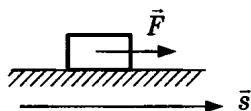
Обозначение: N (в механике) или P (в других разделах)

Основная формула	$N = \frac{A}{t}$
Единица измерения в СИ	1 Вт = 1 Дж / 1 с
Дополнительная единица измерения энергии	1 кВт · ч = 1000 Вт · 3600 с = $3,6 \cdot 10^6$ Дж
Мощность при равномерном прямолинейном движении	$N = \frac{A}{t} = \frac{F_m \cdot s}{t} = F_m v,$ где F_t — сила тяги, v — скорость тела
Средняя мощность	$N_{\text{cp}} = \frac{A}{t},$ где A — вся работа, t — все время
Средняя мощность силы тяги	$N_{\text{cp}} = F_t \cdot v_{\text{cp}}$
Мгновенная мощность	$N_{\text{мгн}} = F_t \cdot v_{\text{мгн}}$

Коэффициент полезного действия:

$$\eta = \frac{A_{\text{полезная}}}{A_{\text{полная}}} \cdot 100 \% \quad \text{или} \quad \eta = \frac{A_{\text{полезная}}}{E_{\text{затраченная}}} \cdot 100 \%$$

Работа и изменение кинетической энергии (теорема о кинетической энергии). Вывод формулы из определения механической работы:



$$A = Fs \cos \alpha; \quad \alpha = 0^\circ; \quad \cos \alpha = 1$$

$$F = ma; \quad s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

$$A = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \Delta E_k.$$

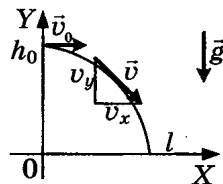
1. Свободное падение (движение по вертикали):

$$v_y = v_{0y} + g_y t .$$

2. Горизонтальный бросок:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} ,$$

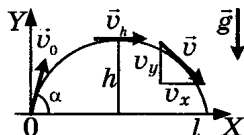
где $v_x = v_0$ и $v_y = -gt$.



3. Бросок под углом к горизонту:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} ,$$

где $v_x = v_0 \cos \alpha = v_h$ и $v_y = v_0 \sin \alpha - gt$.



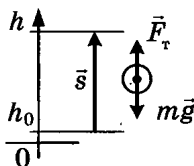
Работа и изменение потенциальной энергии тела поднятого над землей. Вывод формулы из определения механической работы:

$$A = F s \cos \alpha ,$$

$$\vec{F}_\tau \uparrow \vec{s}; \quad \cos \alpha = 1 ,$$

$$F_\tau = mg ; \quad s = h - h_0 ,$$

$$A = mg(h - h_0) = \Delta E_p .$$



Работа и изменение потенциальной энергии упруго деформированного тела. Вывод формулы из определения механической работы:

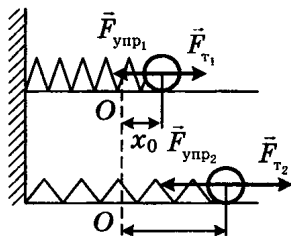
$$A = F s \cos \alpha$$

$$\vec{F}_\tau \uparrow \vec{s}; \quad \cos \alpha = 1$$

$$F_\tau = F_{\text{уп}} = \frac{kx_0 + kx}{2}$$

$$s = x - x_0$$

$$A = \frac{kx^2}{2} - \frac{kx_0^2}{2} = \Delta E_p$$



Закон сохранения механической энергии

Полная механическая энергия — это сумма потенциальной и кинетической энергии тела в определенный момент времени:

$$E = E_k + E_p .$$

Закон сохранения механической энергии: полная энергия замкнутой системы сохраняется.

$$E_{к0} + E_{р0} = E_{к} + E_{р}.$$

Систему называют *замкнутой*, если тела, входящие в нее, взаимодействуют только друг с другом, а влиянием внешних сил можно пренебречь.

Закон сохранения механической энергии для движения в поле тяжести Земли:

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh_0 = \frac{mv^2}{2} + mgh.$$

Упругий удар (упругое столкновение движущегося тела с неподвижным телом).

Закон сохранения импульса:

$$m_1\vec{v}_1 = m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2.$$

Закон сохранения энергии:

$$\frac{m_1v_1^2}{2} = \frac{m_1v_1'^2}{2} + \frac{m_2v_2'^2}{2}.$$

Центральный удар. Если удар **центральный**, то направление векторов скоростей после взаимодействия лежат на той же прямой, что и до взаимодействия, поэтому закон сохранения импульса выполняется в проекциях на ось OX .

Закон сохранения импульса:

$$m_1v_1 = m_1v'_1 + m_2v'_2.$$

Закон сохранения энергии:

$$\frac{m_1v_1^2}{2} = \frac{m_1v_1'^2}{2} + \frac{m_2v_2'^2}{2}.$$

Решив систему уравнений, получаем формулы для расчета проекций скоростей тел на ось OX после столкновения:

$$v'_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1;$$

$$v'_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1.$$

Анализ полученных формул. Направление движения налетающего шара после столкновения зависит от массы шаров. Если $m_1 > m_2$, то направление сохраняется; модуль скорости равен

$$v'_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1.$$

Если $m_1 < m_2$, то направление меняется на противоположное; модуль скорости равен

$$v_1' = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} v_1.$$

Если $m_1 = m_2$, то налетающее тело останавливается: $v_1' = 0$.

Изменение механической энергии. Нагревание тела в процессе движения и повышение температуры окружающей среды свидетельствуют о том, что часть механической энергии переходит во внутреннюю. Внутренняя энергия — это энергия молекул тела или окружающей среды. Она складывается из кинетической энергии движущихся молекул и потенциальной энергии их взаимодействия:

$$E - E_0 = A(F_{\text{тр.}}) < 0$$

или

$$E_o - E = Q, \quad E_{\text{ко}} + E_{\text{по}} = E_k + E_p + Q,$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh_0 = \frac{mv^2}{2} + mgh + Q,$$

где Q — модуль изменения внутренней энергии, работа по преодолению сил сопротивления воздуха, модуль работы силы трения.

Изменение механической энергии внешними силами. Неупругий удар:

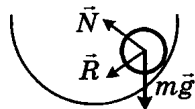
$$E - E_0 = A(F_{\text{внешн.}}) + A(F_{\text{тр.}}).$$

1.4. Статика

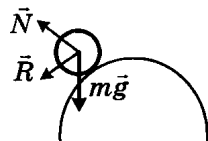
Статика изучает условия равновесия тел.

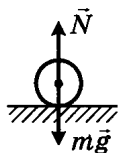
Виды равновесия

Устойчивое равновесие. Если тело вывести из устойчивого равновесия, то появляется сила, возвращающая его в положение равновесия. Устойчивому равновесию соответствует минимальное значение потенциальной энергии ($E_{p \text{ min}}$).



Неустойчивое равновесие. Если тело вывести из неустойчивого равновесия, то возникает сила, удаляющая тело от положения равновесия. Неустойчивому равновесию соответствует максимальное значение потенциальной энергии ($E_{p \text{ max}}$).



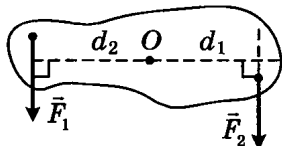


Безразличное равновесие. При выведении тела из состояния безразличного равновесия дополнительных сил не возникает.

Момент силы. Правило моментов

Момент силы M (Н·м) — физическая величина, модуль которой равен произведению модуля силы на плечо силы

$$M = F \cdot d.$$



Плечо силы d (м) — кратчайшее расстояние между осью вращения и линией действия силы.

Знаки моментов. Если сила вызывает вращение тела по часовой стрелке, то такой момент считают положительным:

$$M_1 = F_1 \cdot d_1.$$

Если сила вызывает вращение тела против часовой стрелки, то в этом случае момент отрицательный:

$$M_2 = -F_2 \cdot d_2.$$

Правило моментов: тело, имеющее неподвижную ось вращения, находится в равновесии, если алгебраическая сумма моментов всех приложенных к телу сил относительно этой оси равна нулю:

$$\Sigma M_i = 0.$$

Или сумма моментов сил, вызывающих вращение тела по часовой стрелке, равна сумме моментов сил, вызывающих вращение тела против часовой стрелки:

$$\Sigma M_{\text{по час.стр.}} = \Sigma M_{\text{пр час.стр.}}$$

Условия равновесия. Тело не участвует в поступательном движении, если

$$\Sigma \vec{F}_i = 0; \vec{v}_0 = 0.$$

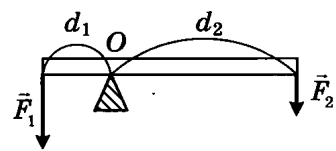
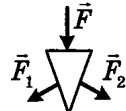
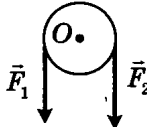
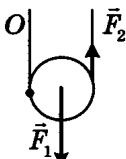
Тело не участвует во вращательном движении, если

$$\Sigma M_i = 0; \omega_0 = 0.$$

Тело находится в равновесии при выполнении сразу двух условий:

$$\Sigma \vec{F}_i = 0; \vec{v}_0 = 0, \Sigma M_i = 0; \omega_0 = 0.$$

Простые механизмы — приспособления, служащие для преобразования силы. К ним относятся ворот, наклонная плоскость, рычаг, клин и блоки.

<p>1. Рычаг Дает выигрыш в силе</p> $\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1}$	
<p>2. Клин</p> $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$	
<p>3. Неподвижный блок изменяет направление силы</p> $d_1 = d_2; F_1 = F_2$	
<p>4. Подвижный блок дает выигрыш в силе в 2 раза</p> $d_1 = R; d_2 = 2R$	

«Золотое правило механики». При использовании простых механизмов мы выигрываем в силе, но проигрываем в расстоянии, поэтому выигрыша в работе простые механизмы не дают.

Центр тяжести тела — точка, относительно которой момент сил тяжести всех точек тела равен нулю (в случае однородного поля силы тяжести и центр тяжести совпадает с центром масс).

1.5. Гидростатика

Давление. Сила давления

Давление твердого тела p (Па):

$$p = \frac{F}{S}$$

$$1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2.$$

Способы увеличения давления: увеличить силу; уменьшить площадь. Давление в твердых телах передается в том же направлении, в котором действует сила.

Закон Паскаля: *давление, производимое на жидкость или газ, передается жидкостью или газом во все стороны одинаково.*

Это связано с подвижностью молекул в жидком и газообразном состояниях.

Давление столба жидкости:

$$p = \rho_{\text{ж}}gh,$$

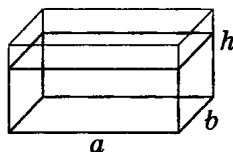
где h — высота столба жидкости (глубина).

Сила давления:

$$F = pS.$$

Сила давления на дно сосуда:

$$F_{\text{дно}} = \rho_{\text{ж}}ghab.$$

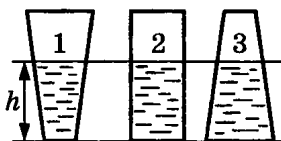


Сила давления на боковую грань аквариума:

$$F_{\text{бок.гр.}} = \frac{\rho_{\text{ж}}gh}{2}hb.$$

Гидростатический парадокс (следствие закона Паскаля): давление на дно сосуда определяется только высотой столба жидкости.

Поэтому в трех сосудах оно **одинаково!**



$$p_1 = p_2 = p_3,$$

а сила давления разная, так как она зависит от площади ($F = pS$):

$$F_1 < F_2 < F_3$$

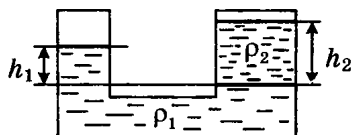
Сообщающиеся сосуды

Сообщающиеся сосуды — сосуды, соединенные между собой или имеющие общее дно.

Уровень жидкости в сообщающихся сосудах располагается горизонтально, если:

- поверхности жидкости открыты;
- в сосуды налита однородная жидкость;
- не один из сосудов не является капилляром;
- в жидкостях нет пузырьков с воздухом.

Давление столбов жидкости на одном горизонтальном уровне одинаково:



$$p_1 = p_2,$$

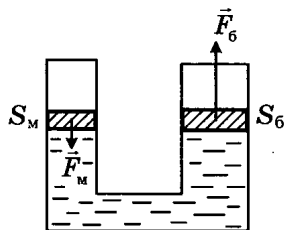
$$\rho_1 gh_1 = \rho_2 gh_2,$$

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}.$$

Гидравлический пресс — простой механизм, дающий выигрыш в силе. Он представляет собой сообщающиеся сосуды разного сечения.

В основе его действия лежит закон Паскаля:

$$p_m = p_b, \quad \frac{F_m}{S_m} = \frac{F_b}{S_b},$$



где F_m — сила, действующая на малый поршень (совершает полную работу); F_b — сила, действующая на большой поршень (совершает полезную работу); S_m — площадь малого поршня; S_b — площадь большого поршня.

Работа поршней (без потерь энергии):

$$A_m = A_b, \quad F_m h_m = F_b h_b,$$

где h_m — вертикальное перемещение малого поршня; h_b — перемещение большого поршня.

Выигрыш в силе:

$$\frac{F_b}{F_m} = \frac{S_b}{S_m} = \frac{h_m}{h_b}.$$

Равенство объемов жидкости при движении поршней:

$$S_m h_m = S_b h_b.$$

КПД (есть потери энергии):

$$\eta = \frac{A_b}{A_m} \cdot 100\% = \frac{F_b h_b}{F_m h_m} \cdot 100\% = \frac{p_b}{p_m} \cdot 100\%.$$

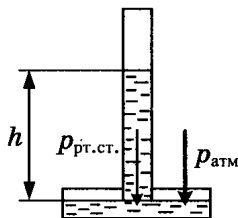
Атмосферное давление

Атмосфера — воздушная оболочка Земли. Она существует благодаря земному притяжению и беспорядочному движению молекул газа. В состав атмосферы входят азот, кислород и другие газы. Атмосфера не имеет четкой границы, плотность воздуха уменьшается с высотой.

Атмосферное давление — давление «воздушного океана», которое так же уменьшается с высотой.

Формула для определения атмосферного давления (в паскалях):

$$p_{\text{атм}} = \rho_{\text{рт}} g h,$$



где $p_{\text{атм}}$ (Па) — атмосферное давление; $\rho_{\text{рт}} = 13600 \text{ кг/м}^3$ — плотность ртути; $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ — ускорение свободного падения; h (м) — высота ртутного столба.

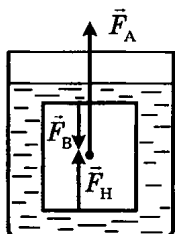
Единицы измерения давления:

$$1 \text{ мм рт. ст.} = 133 \text{ Па} ; 1 \text{ атм} = 10^5 \text{ Па} .$$

Нормальное атмосферное давление: $p_0 = 10^5 \text{ Па} .$

Архимедова сила

Архимедова сила (выталкивающая сила, подъемная сила) действует на погруженное в жидкость или газ тело.



Причина возникновения выталкивающей силы: нижняя грань тела находится на большей глубине, чем верхняя, поэтому давление жидкости снизу больше, чем сверху. Из-за разницы в давлениях возникает выталкивающая сила.

Архимедова сила всегда направлена *вертикально вверх*.



Архимедова сила равна разности сил давления на нижнюю и верхнюю грани: $F_A = F_H - F_B .$

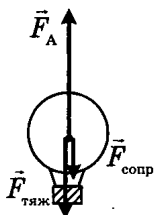
Архимедова сила равна разности веса тела в воздухе и веса тела в жидкости: $F_A = P_{\text{возд}} - P_{\text{ж}} .$

Модуль выталкивающей силы определяется с помощью закона Архимеда.

Закон Архимеда: *выталкивающая сила равна весу вытесненной жидкости или газа:* $F_A = P_{\text{жид}} .$

Частные случаи определения архимедовой силы

	<p>Полное погружение</p> $F_A = \rho_{\text{ж}} V_{\text{т}} g ,$ <p>где $V_{\text{т}}$ — объём тела</p>
	<p>Неполное погружение</p> $F_A = \rho_{\text{ж}} V_{\text{п.ч.}} g ,$ <p>где $V_{\text{п.ч.}}$ — объём погруженной части тела</p>



Воздухоплавание. Подъемной силой служит архимедова сила:

$$F_A = \rho_{\text{возд}} V_{\text{ш}} g ,$$

а мешают движению сила тяжести и сила сопротивления воздуха:

$$F_{\text{тяж}} = (M_{\text{шара}} + m_{\text{газа}} + m_{\text{хорс.}} + m_{\text{гр}})g \text{ и } F_{\text{сопр.}} .$$

Управление шаром:

- шар заполняют нагретым воздухом или газом, плотность которого меньше плотности окружающего воздуха;

- сбрасывая балласт, можно увеличить высоту полета;
- охлаждая газ, можно вернуться на землю.

Условия плавания тел. На любое тело, погружённое в жидкость или газ, действуют две противоположно направленные силы: сила тяжести и архимедова сила. Направление движения тела зависит от того, какая из этих сил больше по модулю:

тело тонет $mg > F_A$; $\rho_{\tau} > \rho_{ж}$,

тело всплывает $mg < F_A$; $\rho_{\tau} < \rho_{ж}$,

тело плавает внутри жидкости $mg = F_A$; $\rho_{\tau} = \rho_{ж}$.

Если тело состоит из двух веществ, то

$$F_A = \rho_{ж}(V_1 + V_2)g,$$

$$F_{\text{тиж}} = (\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2)g.$$

Вес в гидростатике

Вес тела в воздухе:

- Если в условии задачи не указана плотность воздуха, то вес тела в воздухе:

$$P_0 = mg = \rho_{\tau} V_{\tau} g.$$

- Если в условии задачи указана плотность воздуха, то вес тела в воздухе:

$$P = P_0 - F_A, \quad P = mg - \rho_{\text{возд}} V_{\tau} g.$$

Вес тела в жидкости:

$$P_{ж} = P_0 - F_A,$$

$$P_{ж} = mg - F_A,$$

$$P_{ж} = \rho_{\tau} V_{\tau} g - \rho_{ж} V_{\text{п.ч.}} g.$$

Вес корабля:

$$P = F_A = \rho_{ж} V_{\text{п.ч.}} g.$$

Осадка корабля — глубина, на которую судно погружается в воду.

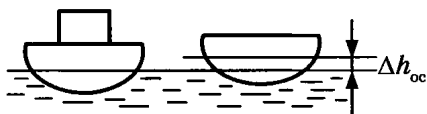
Ватерлиния — наибольшая допустимая осадка, отмеченная на корпусе судна.

Водоизмещение судна — вес воды, вытесняемой судном при погружении до ватерлинии.

Вес груза, снятого с корабля:

$$P_{\text{гр}} = \Delta h_{\text{ос}} S \rho_{ж} g,$$

где $\Delta h_{\text{ос}}$ — изменение осадки корабля.



2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ

Основные положения молекулярно-кинетической теории и их опытное обоснование.

1. Все вещества состоят из *молекул* (получены фотографии с помощью электронного микроскопа).

2. Между молекулами есть *промежутки*; при нагревании они увеличиваются, а при охлаждении уменьшаются. (Объем смеси воды и спирта меньше, чем сумма объемов воды и спирта до соединения.) Только у воды при охлаждении до $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже промежутки между молекулами увеличиваются.

3. Молекулы *движутся*. Чем быстрее их движение, тем больше температура вещества, и наоборот. (Диффузия — явление перемешивания веществ без постороннего воздействия; броуновское движение — тепловое движение частиц под действием молекул вещества, в котором эти частицы взвешены.)

4. Молекулы *взаимодействуют*. На расстояниях, сравнимых с размерами молекул, заметнее проявляется притяжение, а при уменьшении расстояний — отталкивание. (Пример: склеивание двух плоских стекол, смоченных водой.)

Строение твердых, жидких и газообразных веществ

Химический состав молекул не зависит от агрегатного состояния.

	Твердое тело	Жидкость	Газ
Строение			
Расстояния между молекулами	Сравнимо с размером молекул	Чуть больше, чем в твердом теле	Многokrратно превышает размеры молекул
Характер движения	Колебательное	Скачкообразное	Хаотическое
Скорости молекул	Малы	Скорее малы	Огромны
Взаимодействие между молекулами	Наибольшее	Меньше, чем у твердых тел	Наименьшее

Свойства твердых, жидких и газообразных веществ

	Сохраняет объем	Сохраняет форму	Особые свойства
Твердое тело	+	+	
Жидкость	+	—	текучесть
Газ	—	—	летучесть

Идеальный газ. Основное уравнение МКТ идеального газа

Идеальный газ — газ, удовлетворяющий трем условиям: 1) молекулы — материальные точки; 2) потенциальной энергией взаимодействия можно пренебречь; 3) столкновения между молекулами являются абсолютно упругими.

Реальный газ с малой плотностью можно считать идеальным.

Основное уравнение МКТ идеального газа связывает *макропараметры* (давление, объем, температуру, массу) и *микропараметры* (массу молекул, скорость молекул, кинетическую энергию).

Давление идеального газа связано с тем, что молекулы газа беспорядочно движутся, сталкиваются друг с другом и со стенками сосуда:

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2},$$

$$p = \frac{1}{3} \rho \overline{v^2},$$

$$p = \frac{2}{3} n \overline{E_k},$$

$$p = nkT.$$

Следствия из основного уравнения молекулярно-кинетической теории идеального газа:

скорость движения молекул или частиц:

$$v = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}},$$

$R = N_A \cdot k = 8,31 \text{ Дж}/(\text{К} \cdot \text{моль})$ — универсальная газовая постоянная,

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж}/\text{К}$ — постоянная Больцмана,

$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$ — постоянная Авогадро,

$p(\text{Па})$ — давление газа,

$m_0 = \frac{M}{N_A}$ (кг) — масса одной молекулы,

M (кг/моль) — молярная масса,

$n = \frac{N}{V} \left(\frac{1}{\text{м}^3} \right)$ — концентрация,

N — число молекул,

$V(\text{м}^3)$ — объём газа,

$\rho = \frac{m}{V}$ (кг/м³) — плотность вещества,

$$v = \sqrt{\frac{3RT}{M}};$$

температура — мера средней кинетической энергии молекул идеального газа:

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2}kT,$$

$$T = \frac{2\bar{E}_k}{3k}.$$

$m(\text{кг})$ — масса газа,
 $\overline{v^2} (\text{м}^2/\text{с}^2)$ — среднее значение квадрата скорости,

$v = \sqrt{\overline{v^2}}$ (м/с) — квадратичная скорость,

\bar{E}_k (Дж) — среднее значение кинетической энергии,

$E = N\bar{E}_k$ (Дж) — полная энергия поступательного движения молекул,

$T(\text{К})$ — абсолютная температура газа.

Уравнение состояния идеального газа

Уравнение состояния идеального газа было открыто экспериментально и носит название **уравнения Клапейрона — Менделеева**. Оно устанавливает математическую зависимость между параметрами идеального газа, находящегося в одном состоянии. Уравнение состояния также можно использовать, если газ переходит из одного состояния в другое и при этом изменяется его масса или молярная масса:

$$pV = \frac{m}{M}RT, \quad pV = \frac{N}{N_A}RT$$

$$pV = \nu RT, \quad p = \frac{\rho}{M}RT$$

$$p = \frac{n}{N_A}RT.$$

Объединенный газовый закон

Объединенный газовый закон (открыт экспериментально): *при постоянной массе газа и его неизменной молярной массе отношение произведения давления на объём к его абсолютной температуре остаётся величиной постоянной:*

$$\frac{pV}{T} = \text{const} \quad \text{или} \quad \frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}.$$

Газовые законы устанавливают математическую зависимость параметров газа в изопроцессах. Формулы газовых законов можно получить как следствия объединенного газового закона.

Изотермический процесс $m_1 = m_2$ $M_1 = M_2$ $T_1 = T_2$	Изобарный процесс $m_1 = m_2$ $M_1 = M_2$ $p_1 = p_2$	Изохорный процесс $m_1 = m_2$ $M_1 = M_2$ $V_1 = V_2$
Закон Бойля — Мариотта $p_1 V_1 = p_2 V_2$	Закон Гей-Люссака $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$	Закон Шарля $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$

Закон Дальтона

Закон Дальтона справедлив для смеси газов: *давление смеси газов равно сумме их парциальных давлений*. Например, давление воздуха складывается из давления азота, кислорода, углекислого газа, водяного пара и т.д.

$$p = p'_1 + p'_2 + \dots$$

Парциальное давление — давление, которое производил бы данный газ, если бы другие газы отсутствовали.

Графики изопроцессов

Изотермический процесс (температура не меняется)		
Особый случай 		
Изобарный процесс (давление не меняется)		
	Особый случай 	
Изохорный процесс (объем не меняется)		
		Особый случай

Испарение и конденсация. Влажность воздуха

Испарение — переход молекул вещества из жидкого состояния в газообразное, причем процесс парообразования происходит только со свободной поверхности жидкости. Испарение бывает при любой температуре, так как всегда найдутся достаточно «быстрые» молекулы, способные преодолеть притяжение молекул жидкости. Запомните, что в результате испарения из жидкости вылетают самые быстрые молекулы, поэтому температура жидкости понижается.

Скорость испарения зависит от:

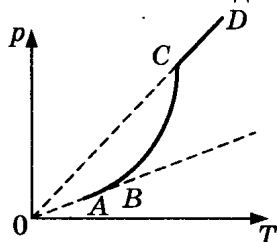
- 1) температуры жидкости (больше или меньше «быстрых» молекул);
- 2) рода жидкости (сильнее или слабее взаимодействие между молекулами);
- 3) наличия воздушных потоков;
- 4) влажности воздуха;
- 5) площади открытой поверхности.

Конденсация — процесс обратный испарению, т.е. молекулы из газообразного состояния переходят в жидкое. В открытом сосуде всегда преобладает испарение, а в герметично закрытом сосуде устанавливается равновесие между этими процессами.

Динамическое равновесие — это состояние, при котором число испарившихся за единицу времени молекул равно числу сконденсированных. Пар, находящийся в состоянии динамического равновесия со своей жидкостью, называют *насыщенным*.

Давление насыщенного пара не зависит от объема. Если объем уменьшается, то увеличивается «влажность», конденсация будет преобладать над испарением до тех пор, пока не наступит динамическое равновесие. Если объем увеличивается, то процесс испарения станет преобладающим, и через некоторое время снова наступит динамическое равновесие.

Зависимость давления насыщенного пара от температуры.



Для объяснения экспериментальной зависимости будем считать насыщенный пар идеальным газом и воспользуемся основным уравнением МКТ идеального газа:

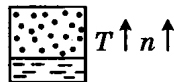
$$p = nkT .$$

Прямая *AB*: давление возрастает только за счет увеличения скорости молекул газа.



На этапе *BC* две причины роста давления:

- 1) возрастают скорости молекул;
- 2) увеличивается их концентрация (из-за испарения).



Прямая *CD*: все молекулы находятся в газообразном состоянии, давление возрастает только за счет увеличения скоростей молекул.



Влажность воздуха. Относительная влажность φ (%):

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_{\text{нас}}(t)} \cdot 100\% = \frac{p}{p_{\text{нас}}(t)} \cdot 100\%,$$

где ρ ($\text{кг}/\text{м}^3$) — плотность водяного пара, $\rho_{\text{нас}}(t)$ — плотность насыщенного водяного пара при данной температуре (табличная величина); p (Па) — парциальное давление водяного пара; $p_{\text{нас}}(t)$ — давление насыщенного пара при данной температуре (табличная величина).

Абсолютная влажность ρ ($\text{кг}/\text{м}^3$) — это плотность водяного пара:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{pM_{\text{в.п.}}}{RT} = \frac{\varphi p_{\text{нас}}}{100\%},$$

где m (кг) — масса водяного пара; V (м^3) — объём водяного пара; $M_{\text{в.п.}} = 18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль — молярная масса водяного пара; $R = 8,31$ Дж/(К · моль) — универсальная газовая постоянная; T (К) — абсолютная температура пара.

3. ТЕРМОДИНАМИКА

Внутренняя энергия вещества

Внутренняя энергия сосредоточена «внутри» вещества и складывается из потенциальной энергии взаимодействующих молекул (или атомов) и кинетической энергии их движения:

$$U = \sum E_{\text{к0}} + \sum E_{\text{р0}},$$

где $\sum E_{\text{к0}}(v)$ — кинетическая энергия молекул (атомов), которая зависит от скорости их движения. Она изменяется только

при изменении температуры. В процессе агрегатных переходов кинетическая энергия молекул остаётся неизменной;

$\sum E_{p_0}(r)$ — потенциальная энергия молекул, которая зависит от промежутков между молекулами. Она изменяется при изменении температуры и объёма. Например, в процессе агрегатных переходов изменяется именно потенциальная энергия молекул.

Способы изменения внутренней энергии:

- 1) совершение работы (за счет трения или ударов);
- 2) теплопередача (приведение в соприкосновение с более холодным или более нагретым телом).

Виды теплопередачи: теплопроводность, конвекция, излучение.

Теплопроводность. При теплопроводности происходит постепенное увеличение скорости движения молекул. Это возможно только благодаря межмолекулярному взаимодействию, поэтому теплопроводность в твердых телах происходит быстрее, чем в жидкостях. В газах она осуществляется ещё медленнее. Для сохранения тепла используют пористые материалы, в которых много воздуха. Воздух — это смесь газов, поэтому он плохо проводит тепло.

В вакууме теплопроводность невозможна.

Конвекция. При конвекции теплые слои жидкости или газа поднимаются, а холодные опускаются. Конвекция осуществляется в жидкостях и газах.

В твердых телах и в вакууме конвекция невозможна.

Применение конвекции. Нагреватели следует располагать внизу, а охлаждающие тела вверху.

Излучение. Все нагретые тела излучают энергию. Чем больше нагрето тело, тем сильнее излучение. Теплопередача за счет излучения возможна в любой среде, в том числе и в вакууме.

Свойства излучения. Темные поверхности хорошо поглощают излучение, но быстро отдают энергию при охлаждении. Зеркальные и светлые поверхности отражают излучение и медленно остывают.

Количество теплоты Q (Дж)— физическая величина, которая показывает, на сколько изменяется внутренняя энергия вещества в процессе теплопередачи: $Q = \pm \Delta U$.

Если внутренняя энергия вещества увеличивается, то $Q > 0$. Это происходит при нагревании, плавлении и кипении.

Если внутренняя энергия уменьшается, то $Q < 0$. Это происходит при охлаждении, отвердевании и конденсации.

Нагревание и охлаждение вещества: $Q = cm(t_k - t_n)$,

где $(t_k - t_n)$ ($^{\circ}\text{C}$, K) — изменение температуры вещества; t_n ($^{\circ}\text{C}$, K) — начальная температура вещества; t_k ($^{\circ}\text{C}$, K) — конечная температура вещества; m (кг) — масса вещества; c ($\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$) — удельная теплоемкость вещества показывает, какое количество теплоты необходимо затратить, чтобы нагреть 1 кг данного вещества на 1 K (или на 1 $^{\circ}\text{C}$).

Такое же количество теплоты выделится при охлаждении 1 кг этого вещества на 1 K : $Q = C\Delta T$,

где $C = cm$ ($\text{Дж}/\text{K}$) — теплоёмкость вещества,

$$Q = c_{\mu} \nu \Delta T,$$

где $c_{\mu} = \frac{Q}{\nu \Delta T}$ ($\text{Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K})$) — молярная теплоёмкость.

Сгорание топлива: $Q = qm$,

где q ($\text{Дж}/\text{кг}$) — удельная теплота сгорания топлива, показывающая, какое количество теплоты выделяется при полном сгорании 1 кг данного вида топлива,

$$Q = q_{\nu} V,$$

где q_{ν} ($\text{Дж}/\text{м}^3$) — теплота сгорания газа, показывающая, какое количество теплоты выделится при полном сгорании 1 м^3 данного газа.

Агрегатные (фазовые) переходы

Плавление — переход вещества из твердого состояния в жидкое. Плавление каждого вещества происходит при определенной температуре, которую называют *температурой плавления*. Все подводимое тепло идет на разрушение кристаллической решетки; при этом увеличивается потенциальная энергия молекул. Кинетическая энергия остаётся без изменений и температура в процессе плавления не изменяется: $Q = \lambda m$,

где λ ($\text{Дж}/\text{кг}$) — удельная теплота плавления, показывающая, какое количество теплоты необходимо сообщить 1 кг данного вещества, чтобы перевести его из твердого состояния в жидкое при условии, что оно уже нагрето до температуры плавления. В процессе отвердевания 1 кг данной жидкости, охлажденной до температуры отвердевания, выделится такое же количество теплоты.

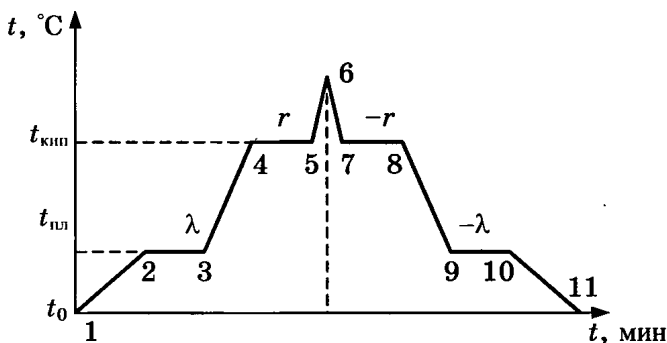
Отвердевание (кристаллизация) — процесс, обратный плавлению. Осуществляется переход вещества из жидкого состояния в твердое. Происходит он при той же температуре, что и плавление. В процессе отвердевания температура также не изменяется: $Q = -\lambda m$.

Кипение (парообразование) — переход вещества из жидкого состояния в газообразное. Происходит при определенной температуре, которую называют *температурой кипения*. В отличие от испарения, при кипении процесс парообразования идет со всего объема жидкости. Несмотря на то, что к кипящему веществу подводят тепло, температура не изменяется. Все затраты энергии идут на увеличение промежутков между молекулами. Температура кипения зависит от рода вещества и внешнего атмосферного давления: $Q = rm$,

где r (Дж/кг) — удельная теплота парообразования, показывающая, какое количество теплоты необходимо затратить, чтобы перевести в пар 1 кг жидкости, нагретой до температуры кипения. Такое же количество теплоты выделится в процессе конденсации 1 кг пара, охлажденного до температуры конденсации.

Конденсация — процесс, обратный кипению. Происходит при температуре кипения, которая также не изменяется во время всего процесса: $Q = -rm$.

Тепловые процессы при нагревании и охлаждении



1-2	Нагревание твердого тела	$Q = c_r m(t_{пл} - t_0)$
2-3	Плавление ($t_{пл}$)	$Q = \lambda m$
3-4	Нагревание жидкости	$Q = c_{ж} m(t_{кип} - t_{пл})$
4-5	Кипение ($t_{кип}$)	$Q = rm$
5-6	Нагревание пара	$Q = c_{п} m(t - t_{кип})$
6-7	Охлаждение пара	$Q = c_{п} m(t_{кип} - t)$
7-8	Конденсация ($t_{кип}$)	$Q = -rm$
8-9	Охлаждение жидкости	$Q = c_{ж} m(t_{пл} - t_{кип})$
9-10	Отвердевание ($t_{пл}$)	$Q = -\lambda m$
10-11	Охлаждение твердого тела	$Q = c_t m(t_0 - t_{пл})$

Теплообмен. Уравнение теплового баланса с учетом знаков количества теплоты:

$$Q_{\text{отд}} + Q_{\text{получ.}} = 0,$$

$$Q_{\text{отд}} < 0,$$

$$Q_{\text{получ.}} > 0.$$

Коэффициент полезного действия:

$$\eta = \frac{E_{\text{полезн.}}}{W_{\text{затрач}}} \cdot 100\%; \quad \eta = \frac{A_{\text{полезн.}}}{A_{\text{затрач}}} \cdot 100\%, \quad \text{или} \quad \eta = \frac{N_{\text{полезн.}}}{P_{\text{потреб.}}} \cdot 100\%.$$

Работа идеального газа

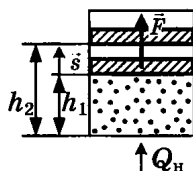
Если газ, находящийся под поршнем, нагреть, то, расширяясь, он поднимет поршень, т.е. совершит механическую работу.

Изобарное расширение газа:

$$A = F s \cos \alpha; \quad F = pS;$$

$$s = h_2 - h_1; \quad \cos \alpha = 1, \quad \vec{F} \uparrow \uparrow \vec{s};$$

$$A' = p(V_2 - V_1) = p\Delta V > 0.$$



Изобарное сжатие газа: $A' = p(V_2 - V_1) = p\Delta V < 0.$

Изобарное нагревание газа:

$$1) A' = \nu R\Delta T;$$

$$2) A' = \nu R(T_2 - T_1);$$

$$3) A' = \frac{m}{M} R\Delta T.$$

Газ находится под массивным поршнем и медленно расширяется:

$$A' = \left(p_{\text{вн}} + \frac{mg}{S} \right) \Delta V.$$

Изохорный процесс: $\Delta V = 0, \quad A' = 0.$

Геометрический смысл работы в термодинамике. В термодинамике для нахождения работы можно вычислить площадь фигуры под графиком в осях (p, V) .

Внутренняя энергия идеального газа

Внутренняя энергия идеального газа представляет собой сумму только кинетической энергии всех молекул, а потенциальной энергией взаимодействия можно пренебречь:

$$U = \sum E_{k0} = N E_{k0} = \frac{mN_A}{M} \cdot \frac{ikT}{2} = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{M} RT = \frac{i}{2} \nu RT = \frac{i}{2} pV,$$

где i — степень свободы: $i = 3$ для одноатомного (или идеально-го) газа, $i = 5$ для двухатомного газа, $i = 6$ для трехатомного газа и больше.

Числом степеней свободы механической системы называют количество независимых величин, с помощью которых может быть задано положение системы.

Изменение внутренней энергии идеального газа

Основная формула	$\Delta U = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{M} R \Delta T = \frac{i}{2} \nu R \Delta T = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1)$
Изобарное расширение	$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{i}{2} (pV_2 - pV_1) = \frac{i}{2} p \Delta V$
Изохорное увеличение давления	$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{i}{2} (p_2 V - p_1 V) = \frac{i}{2} V \Delta p$
Произвольный процесс	$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$

Первое начало термодинамики

Первое начало термодинамики (закон сохранения энергии в тепловых процессах): *внутреннюю энергию можно изменить двумя способами — за счет теплопередачи или при совершении работы*

$$\pm \Delta U = \pm Q \pm A',$$

где $+\Delta U$ — внутренняя энергия увеличивается,

$-\Delta U$ — внутренняя энергия уменьшается,

$+Q$ — газ нагревают, газу передают количество теплоты,

$-Q$ — газ охлаждается, газ отдает тепло окружающей среде,

$+A'$ — газ сжимает внешняя сила,

$-A'$ — газ расширяется, газ совершает работу.

Знак перед работой показывает, как процесс совершения работы влияет на изменение внутренней энергии газа.

От чего зависят физические величины, входящие в первое начало термодинамики.

Изменение внутренней энергии — от изменения температуры:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T.$$

Количество теплоты — от изменения температуры: $Q = cm\Delta T$.

Работа газа — от изменения объёма: $A' = p\Delta V$.

Первое начало термодинамики для изопроцессов:

Изотермический ($T = \text{const}$)	$\Delta U = 0, Q = A'$
Изохорный ($V = \text{const}$)	$A' = 0, \Delta U = Q$
Изобарное расширение газа ($p = \text{const}$)	$\Delta U = Q - p\Delta V$ $\Delta U = Q - \nu R\Delta T$
Адиабатный ($Q = 0$) (или теплоизолированная система)	$Q = 0, \Delta U = A'$

Тепловые машины

Тепловые машины — устройства, в которых за счет внутренней энергии топлива совершается механическая работа. Чтобы тепловая машина работала циклически, необходимо, чтобы часть энергии, полученной от нагревателя, она отдавала холодильнику.

Второе начало термодинамики: в циклически действующем тепловом двигателе невозможно преобразовать все количество теплоты, полученное от нагревателя, в механическую работу.

Цикл Карно происходит с идеальным газом.

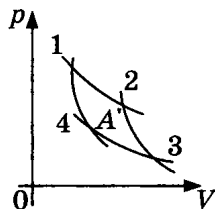
График цикла Карно состоит из двух адиабат и двух изотерм:

1-2 — изотермическое расширение

2-3 — адиабатное расширение

3-4 — изотермическое сжатие

4-1 — адиабатное сжатие



Максимальный КПД соответствует циклу Карно:

$$\eta = \frac{Q_n - Q_x}{Q_n} 100\%,$$

$$\eta = \frac{A'}{Q_n} 100\%, \quad \eta = \frac{Nt}{Q_n} 100\%, \quad \eta = \frac{A'}{A' + Q_x} 100\%$$

$$\eta = \frac{T_n - T_x}{T_n} 100\%,$$

где Q_n (Дж) — количество теплоты, полученное от нагревателя (полученное количество теплоты);

Q_x (Дж) — количество теплоты, отданное холодильнику (отданное количество теплоты);

A' (Дж) — работа, совершенная газом;

N (Вт) — полезная мощность;

T_n (К) — температура нагревателя;

T_x (К) — температура холодильника.

4. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

4.1. Электростатика

Электрический заряд. Закон сохранения заряда.

Электрическое поле

Электростатика изучает неподвижные заряды.

Электризация — процесс, в результате которого тело приобретает электрический заряд. Если тело начинает притягивать к себе другие тела, то говорят, что оно наэлектризовано, или приобрело электрический заряд.

Электрический заряд q (Кл) определяет способность тел участвовать в электромагнитных взаимодействиях. В природе существуют два вида зарядов, которые условно назвали *положительными* и *отрицательными*. Одноименные заряды отталкиваются, а разноименные притягиваются.

Закон сохранения заряда: алгебраическая сумма зарядов в замкнутой системе сохраняется:

$$\Sigma q_i = \text{const.}$$

Систему называют *замкнутой*, если в ней не происходит обмена зарядами с окружающей средой.

Экспериментально доказано, что заряды можно делить, но до определенного предела. Носитель наименьшего электрического заряда — отрицательно заряженный *электрон*:

$$q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}; \quad m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг.}$$

Модуль любого заряда кратен заряду электрона:

$$q = Nq_e,$$

где $N = \frac{q}{q_e}$ — избыток электронов.

Удельный заряд: $\frac{q}{m}$ (Кл/кг).

Поверхностная плотность заряда: $\sigma = \frac{q}{S}$ (Кл/м²).

Вокруг заряженных тел существует особая среда — *электрическое поле*. Именно это поле является посредником в передаче электрического взаимодействия.

Свойства электрического поля:

- материально, т. е. существует независимо от нашего сознания;
- возникает вокруг зарядов и обнаруживается по действию на пробный заряд;
- непрерывно распределено в пространстве;
- ослабевает по мере удаления от заряда;

- скорость распространения электрического поля в вакууме равна скорости света $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

Закон Кулона

Закон Кулона — основной закон электростатики был открыт экспериментально в 1785 г.: *два неподвижных точечных заряда в вакууме взаимодействуют друг с другом с силой прямо пропорциональной произведению модулей зарядов и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними:*

$$F_k = \frac{k|q_1| \cdot |q_2|}{r^2},$$

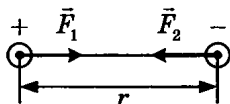
где $|q_1|$ (Кл) и $|q_2|$ (Кл) — модули зарядов, r (м) — расстояние между зарядами, k — коэффициент пропорциональности, который численно равен силе взаимодействия между двумя точечными зарядами по 1 Кл, находящимися на расстоянии 1 м друг от друга:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2;$$

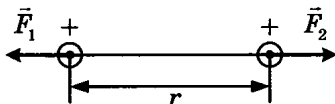
$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл²/(Н · м²) — электрическая постоянная.

Направление силы Кулона зависит от знаков зарядов.

Взаимное притяжение разноименных зарядов:



Взаимное отталкивание одноименных зарядов:



Закон Кулона в среде:

$$F_k = \frac{k|q_1| \cdot |q_2|}{\epsilon r^2},$$

где ϵ — диэлектрическая проницаемость (табличная величина, показывающая, во сколько раз электрическое взаимодействие в среде уменьшается по сравнению с вакуумом).

Характеристики электрического поля

Напряженность \vec{E} (Н/Кл = В/м) — силовая характеристика электрического поля, численно равная электрической силе, действующей на единичный положительный заряд:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_k}{q_0},$$

где q_0 — пробный заряд.

Направление вектора напряженности совпадает с направлением силы Кулона, если пробный заряд положительный: $q_0 > 0, \vec{E} \uparrow \uparrow \vec{F}_k$.

Силовые линии — линии, касательные к которым совпадают с вектором напряженности.

- Направление силовой линии совпадает с направлением вектора напряженности.
- Чем гуще силовые линии, тем сильнее электрическое поле.
- Линии напряженности начинаются на положительных зарядах, а заканчиваются на отрицательных или на бесконечности.
- Если силовые линии поля параллельны, то поле называют однородным.

Потенциальная энергия взаимодействия двух зарядов W (Дж) в вакууме:

$$W = \frac{k(\pm q_1)(\pm q_2)}{r},$$

в среде:

$$W = \frac{k(\pm q_1)(\pm q_2)}{\epsilon r}.$$

Знак потенциальной энергии зависит от знаков заряженных тел.

$W_{12} < 0$ — энергия притяжения разноименно заряженных тел; $W_{12} > 0$ — энергия отталкивания одноименно заряженных тел.

Потенциал ϕ (В) — энергетическая характеристика электрического поля:

$$\phi = \frac{W_p}{q_0},$$

где q_0 — пробный заряд.

Потенциал — скалярная физическая величина. Знак потенциала зависит от знака заряда, создающего поле.

Значение потенциала зависит от выбора нулевого уровня для отсчета потенциальной энергии, а разность потенциалов (напряжение U (В)) — от выбора нулевого уровня не зависит:

$$U = \phi_1 - \phi_2 = \frac{A_{12}}{q},$$

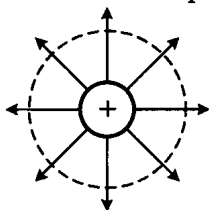
где A_{12} — работа электрических сил по перемещению заряда из точки 1 в точку 2.

Эквипотенциальные поверхности — это поверхности, имеющие одинаковый потенциал. Они равноудалены от заряженных

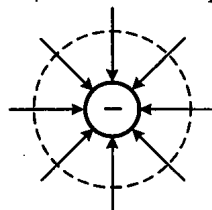
тел и обычно повторяют их форму. Эквипотенциальные поверхности перпендикулярны силовым линиям.

Электростатическое поле точечного заряда

Положительный заряд $+Q$



Отрицательный заряд $-Q$



Силовые линии: у положительного заряда силовые линии направлены от заряда по радиальным линиям; у отрицательного заряда — к заряду по радиальным линиям.

Модуль напряженности:

- 1) не зависит от значения пробного заряда q_0

$$E = \frac{F_k}{q_0} = \frac{kQq_0}{r^2q_0} = \frac{kQ}{r^2},$$

где r — расстояние от точечного заряда до изучаемой точки;

- 2) в вакууме $E = \frac{kQ}{r^2}$;

- 3) в среде $E_{\text{ср.}} = \frac{E_{\text{вак.}}}{\varepsilon} = \frac{kQ}{\varepsilon r^2}$.

Сила Кулона $\vec{F} = q\vec{E}$.

Потенциал:

- 1) не зависит от значения пробного заряда q_0

$$\varphi = \frac{W_p}{q_0} = \pm \frac{kQq_0}{rq_0} = \pm \frac{kQ}{r};$$

- 2) в вакууме $\varphi = \pm \frac{kQ}{r}$;

- 3) в среде $\varphi = \pm \frac{kQ}{\varepsilon r}$.

Знак потенциала зависит от знака заряда, создающего поле.

Эквипотенциальные поверхности — концентрические сферы, центр которых совпадает с положением заряда.

Работа электрического поля по перемещению точечного заряда:

$$A_{12} = \pm q(\varphi_1 - \varphi_2).$$

Принцип суперпозиции сил и полей

Принцип суперпозиции сил: результирующая (равнодействующая) сила равна векторной сумме всех сил, действующих на тело.

$$\vec{R} = \Sigma \vec{F}_i, \text{ где } F_i = \frac{kq_1q_2}{r_i^2}.$$

Принцип суперпозиции полей: если в некоторой точке пространства накладываются электрические поля от нескольких зарядов, то результирующая напряженность находится, как векторная сумма напряженностей отдельных полей.

$$\vec{E} = \Sigma \vec{E}_i, \text{ где } E_i = \frac{kq_i}{r_i^2}.$$

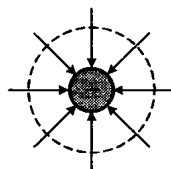
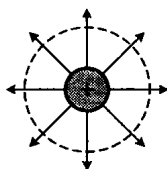
Электростатическое поле заряженной сферы

Положительно заряженная

Отрицательно заряженная

сфера $+Q$

сфера $-Q$



Силовые линии — радиальные линии, начинающиеся на положительно заряженной сфере или радиальные линии, заканчивающиеся на отрицательно заряженной сфере.

Модуль напряженности:

1) внутри проводника ($r < R$) $E = 0$;

2) на поверхности проводника ($r = R$) $E = \frac{kQ}{R^2}$,

где R — радиус сферы;

3) вне проводника ($r > R$) $E = \frac{kQ}{r^2} = \frac{kQ}{(R+a)^2}$,

где a — расстояние от поверхности сферы до изучаемой точки;
 r — расстояние от центра сферы до изучаемой точки.

Сила Кулона $\vec{F} = q\vec{E}$.

Потенциал:

1) внутри проводника ($r < R$) и на поверхности проводника

$$(r = R) \varphi = \pm \frac{kQ}{R};$$

2) вне проводника ($r > R$) $\varphi = \pm \frac{kQ}{r} = \pm \frac{kQ}{R+a}$.

Эквипотенциальные поверхности — объём сферы представляет собой эквипотенциальную область, а её поверхность является эквипотенциальной. Вне проводника эквипотенциальные поверхности представляют собой концентрические сферы.

$$\text{Електроёмкость: } C = \frac{Q}{\varphi} = \frac{QR}{kQ} = \frac{\varepsilon R}{k}.$$

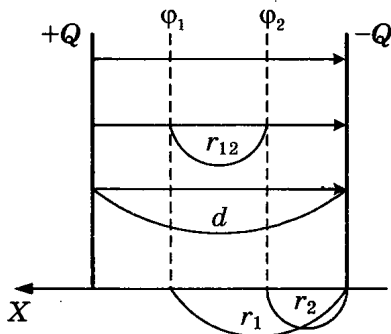
$$\text{Потенциальная энергия: } W = \frac{C\varphi^2}{2} = \frac{\varepsilon R\varphi^2}{2k}.$$

Работа электрического поля по перемещению точечного заряда:

$$A_{12} = \pm q(\varphi_1 - \varphi_2).$$

Однородное электростатическое поле

Электрическое поле сосредоточено между разноименно заряженными пластинами (обкладками конденсатора).



Силовые линии начинаются на положительно заряженной пластине, а заканчиваются на отрицательно заряженной. Силовые линии параллельны друг другу, т. е. поле однородно.

$$\text{Напряженность: } E = \frac{Q}{S\varepsilon_0\varepsilon} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0\varepsilon},$$

где $\sigma = \frac{Q}{S}$ — поверхностная плотность заряда.

$$\text{Потенциал: } \varphi = Er.$$

$$\text{Разность потенциалов: } \varphi_1 - \varphi_2 = Er_{12}.$$

$$\text{Напряжение между пластинами: } U = Ed.$$

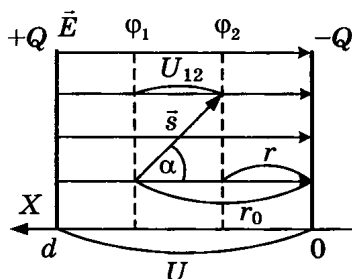
Эквипотенциальные поверхности — плоскости, параллельные заряженным пластинам.

$$\text{Сила Кулона: } F = qE = \frac{qU}{d}.$$

Работа однородного электрического поля

Механическая работа: $A = Fs \cos \alpha$,

где $F_k = qE = q \frac{U}{d}$ — сила Кулона; $s \cos \alpha = r_0 - r$ — проекция перемещения на силовую линию.



Основные формулы для расчета работы:

$$A = F_k s \cos \alpha = \pm q E s \cos \alpha,$$

$$A = \pm q E (r_0 - r) = q E r_0 - q E r,$$

$$A = \pm q \frac{U}{d} s \cos \alpha = \pm q \frac{U}{d} (r_0 - r),$$

где E — напряженность электрического поля, U — разность потенциалов (напряжение) между пластинами, d — расстояние между пластинами, $\pm q$ — заряд, переносимый полем, s — модуль перемещения заряда, α — угол между силой Кулона и перемещением, r_0 — начальное положение заряда, r — конечное положение заряда.

Работа и разность потенциалов:

$$A = \pm q (\phi_1 - \phi_2) = \pm q U_{12},$$

где ϕ_1 — начальный потенциал, ϕ_2 — конечный потенциал, U_{12} — напряжение между точками начального и конечного положения заряда.

Работа и изменение кинетической энергии:

$$A = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \Delta E_k.$$

Работа и изменение потенциальной энергии:

$$A = -(qEr - qEr_0) = -\Delta W_p.$$

Конденсаторы

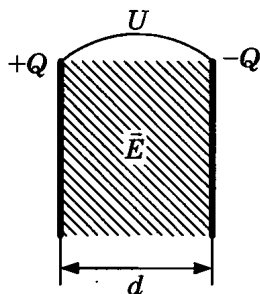
Конденсатор — это два проводника, разделенных слоем диэлектрика, который служит для накопления заряда.

Плоский конденсатор — система двух разноименно заряженных пластин.

Разность потенциалов U (В) между обкладками конденсатора (напряжение между пластинами):

$$U = Ed,$$

где E (В/м) — напряженность однородного электрического поля, d (м) — расстояние между пластинами конденсатора.



Електроёмкость конденсатора. Електроёмкость плоского конденсатора C (Ф):

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d},$$

где $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл²/(Н · м²); ϵ — диэлектрическая проницаемость среды, S (м²) — площадь каждой пластины.

У воздушного конденсатора $\epsilon = 1$.

Електроёмкость конденсатора:

$$C = \frac{Q}{U} \text{ или } C = \frac{q}{U}.$$

Електроёмкость конденсатора зависит только от геометрических параметров S, d, ϵ и не зависит от заряда Q (q) и напряжения U .

Энергия конденсатора:

$$W_s = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S d E^2}{2}.$$

Плотность энергии: $\frac{W_s}{V} = \frac{W_s}{Sd} = \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2}{2}.$

Соединения конденсаторов

	Последовательное соединение	Параллельное соединение
Схема		
Напряжение	$U = U_1 + U_2$	$U = U_1 + U_2$
Заряд	$q = q_1 = q_2$	$q = q_1 + q_2$
Електроёмкость	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$	$C = C_1 + C_2$

4.2. Постоянный ток

Электрический ток в металлах

Электрический ток — направленное движение заряженных частиц под действием внешнего электрического поля.

Условия существования электрического тока:

- 1) наличие заряженных частиц;
- 2) электрическое поле (создается источниками тока).

Носители электрического тока:

- в металлах — свободные электроны;
- в электролитах — положительные и отрицательные ионы;
- в газах — положительные ионы и электроны;
- в полупроводниках — электроны и «дырки»;
- в вакууме — электроны.

Графическое изображение некоторых элементов электрической цепи:

Источник тока 	Лампа 	Ключ
Соединительный провод 	Пересечение соединительных проводов 	Резистор
Амперметр 	Вольтметр 	Конденсатор

По проводам перемещаются отрицательные электроны, т.е. ток идет от «-» к «+» источника. Направление движения электронов называют действительным.

Условное направление тока: от «+» источника к «-».

Действия электрического тока: тепловое, световое, магнитное, химическое, механическое, биологическое.

Сила тока I (А) показывает, какой заряд проходит через поперечное сечение проводника за 1 с:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{q}{t} = \frac{Nq_e}{t},$$

где N — число электронов.

Плотность тока j (А/м²): $j = \frac{I}{S}$.

Закон Ома для участка цепи: $I = \frac{U}{R}$.

Сила тока и скорость движения электронов: $I = nq_e S v$,
 где n — концентрация.

$$n = \frac{N}{V} = \frac{\rho}{m_0} = \frac{\rho N_A}{M}.$$

Скорость движения электронов: $v = \frac{I}{nq_e S}$.

Сопротивление R (Ом) металлов характеризует тормозящее действие положительных ионов кристаллической решетки на движение свободных электронов:

$$R = \frac{\rho l}{S},$$

где ρ (Ом · м) — *удельное сопротивление*, показывающее, какое сопротивление имеет проводник длиной 1 м площадью поперечного сечения 1 м², изготовленный из определенного материала; l (м) — длина проводника; S (м²) — площадь сечения.

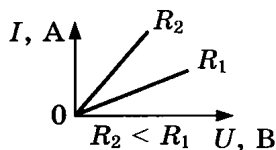
Зависимость сопротивления проводника от температуры:

$$R = R_0 (1 + \alpha t),$$

где R_0 — сопротивление при 0 °С; $\alpha \left(\frac{1}{K} = \frac{1}{^\circ C} \right)$ — температурный коэффициент (табличная величина).

Напряжение U (В) характеризует работу электрического поля по перемещению положительного заряда:

$$U = \frac{A}{q}.$$



Вольт-амперная характеристика — это зависимость силы тока от напряжения.

Соединения проводников:

	Последовательное соединение	Параллельное соединение
Схема		
Полная сила тока	$I = I_1 = I_2$	$I = I_1 + I_2$
Полное напряжение	$U = U_1 + U_2$	$U = U_1 = U_2$

	Последовательное соединение	Параллельное соединение
Полное сопротивление	$R = R_1 + R_2$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
Два резистора	$R = R_1 + R_2$	$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$
N одинаковых резисторов	$R = nR_0$	$R = \frac{R_0}{n}$
Примеры	Елочная гирлянда	Многожильный провод

Полная цепь

Полная цепь содержит источник тока.

Сторонние силы — это силы любой природы (кроме электрической), которые разделяют заряды внутри источника тока.

Виды сторонних сил: механические, магнитные, химические, световые, тепловые.

Электродвижущая сила \mathcal{E} (В) характеризует работу сторонних сил по перемещению зарядов внутри источника:

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{ст}}}{q}.$$

Сторонние силы переносят положительные заряды внутри источника от «-» к «+».

Закон Ома для полной цепи:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r},$$

где R — полное сопротивление внешней цепи, r — внутреннее сопротивление источника.

Сила тока короткого замыкания ($R \rightarrow 0$):

$$I_{\text{к.з.}} = \frac{\mathcal{E}}{r}.$$

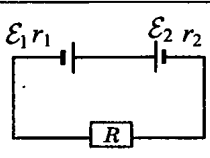
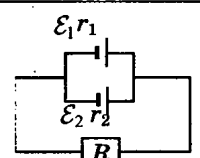
Напряжение на внешней цепи (напряжение на клеммах источника, падение напряжения на внешней цепи):

$$U = IR = \mathcal{E} - Ir.$$

КПД источника тока:

$$\eta = \frac{U}{\mathcal{E}} \cdot 100\% = \frac{R}{R + r} \cdot 100\%.$$

Соединения источников:

	Последовательное соединение	Параллельное соединение
Схема		
Эквивалентное внутреннее сопротивление	$r_s = r_1 + r_2$	$\frac{1}{r_s} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}$
Эквивалентное ЭДС	$\mathcal{E}_s = \pm \mathcal{E}_1 \pm \mathcal{E}_2$	$\frac{\mathcal{E}_s}{r_s} = \pm \frac{\mathcal{E}_1}{r_1} \pm \frac{\mathcal{E}_2}{r_2}$
Закон Ома для полной цепи	$I = \frac{\mathcal{E}_s}{r_s + R}$	
Закон Ома для n одинаковых источников	$I = \frac{n\mathcal{E}}{R + nr}$	$I = \frac{\mathcal{E}}{R + \frac{r}{n}}$

Направление тока и знаки ЭДС:

$\xrightarrow{\quad}$ Если $\text{---} \text{---}$, то $+\mathcal{E}$	$\xrightarrow{\quad}$ Если $\text{---} \text{---}$, то $-\mathcal{E}$
---	---

Работа и мощность электрического тока

Работа и энергия электрического тока:

$$A = W = qU = IUt = I^2Rt = \frac{U^2}{R}t.$$

Закон Джоуля—Ленца: $Q = I^2Rt$.

Мощность P (Вт) — это работа, производимая за 1 с: $P = \frac{A}{t}$.

Мощность тока (мощность на внешней цепи, мощность на нагрузке, полезная мощность, тепловая мощность):

$$P = \frac{qU}{t} = IU = I^2R = \frac{U^2}{R} = \left(\frac{\mathcal{E}}{R+r} \right)^2 R.$$

Мощность на внешней цепи будет максимальная, если $R = r$:

$$P_{\max} = \left(\frac{\mathcal{E}}{r+r} \right)^2 r = \frac{\mathcal{E}^2}{4r}.$$

Мощность внутренней цепи:

$$P_{\text{внутр}} = I^2 r = \left(\frac{\mathcal{E}}{R + r} \right)^2 r.$$

Полная мощность:

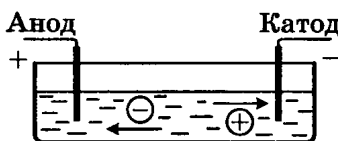
$$P_{\text{полн}} = I^2 (R + r) = \frac{\mathcal{E}^2}{R + r}.$$

**Электрический ток в жидкостях, полупроводниках,
в вакууме, в газах**

Законы электролиза.

Электролиты — жидкости, проводящие электрический ток.

К ним относят растворы солей, щелочей и кислот.



Носители заряда: положительные и отрицательные ионы.

Электролиз — процесс выделения чистых веществ на электродах, который происходит за счет окислительно-восстановительных реакций.

Законы Фарадея позволяют определить массу выделившегося вещества:

$$1) m = kq = kIt,$$

$$2) m = \frac{A_r \cdot 10^{-3}}{N_A n q_e} It.$$

Электрохимический эквивалент k (кг/Кл):

$$k = \frac{m_0}{q_0} = \frac{A_r \cdot 10^{-3}}{N_A} \cdot \frac{1}{n q_e},$$

где m_0 (кг) — масса иона; $q_0 = n q_e$ (Кл) — заряд иона; n — валентность иона в данном соединении.

Экспериментальное открытие законов Фарадея позволило определить заряд электрона:

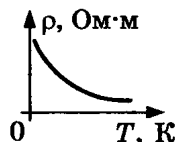
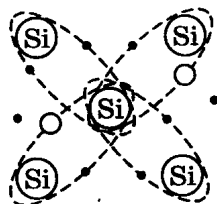
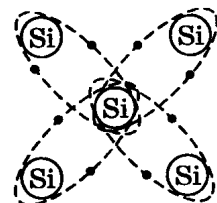
$$q_e = \frac{A_r \cdot 10^{-3}}{m N_A n} It.$$

Электрический ток в полупроводниках. К полупроводникам относят элементы четвертой группы таблицы химических элементов Д.И. Менделеева, которые имеют четыре валентных электрона.

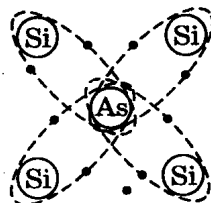
Собственная проводимость полупроводников — электронно-дырочная. При низкой температуре все электроны участвуют в создании ковалентных связей, свободных электронов нет. Полупроводник ведет себя как диэлектрик.

При повышении температуры или облучении полупроводников часть ковалентных связей разрушается, и появляются свободные электроны. На месте разрушенной связи возникает электронная вакансия — дырка. Она также перемещается по кристаллу, но ведет себя подобно положительной частице.

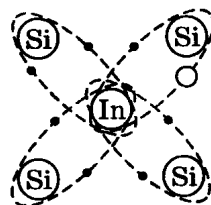
Зависимость удельного сопротивления полупроводников от температуры и внешнего излучения.



Примесная проводимость полупроводников.
Донорные примеси — элементы 5-й группы таблицы химических элементов Д.И. Менделеева. Только 4 из 5 валентных электронов участвуют в создании ковалентных связей, остальные сразу становятся свободными. Полупроводник, основными носителями в котором являются отрицательные электроны, относится к полупроводникам *n-типа*.



Акцепторные примеси — элементы 3-й группы таблицы химических элементов Д.И. Менделеева. Три валентных электрона удерживают ковалентные связи, а на месте четвертой появляется дырка. Полупроводник с положительными носителями относится к полупроводникам *p-типа*.



Применение полупроводниковых приборов.

Термисторы — приборы, сопротивление которых изменяется при нагревании. Они позволяют определять малые изменения температуры.

Фоторезисторы чувствительны к изменению освещенности.

Полупроводниковый диод — соединение полупроводников двух типов. Обладает односторонней проводимостью.

Электрический ток в вакууме. Получение основных носителей происходит за счёт термоэлектронной эмиссии.

Термоэлектронная эмиссия — процесс испускания электронов при нагревании катода до высокой температуры.

Свойства электронных пучков:

- вызывают нагрев тел,
- при торможении возникает рентгеновское излучение,
- при попадании на некоторые вещества (люминофоры) вызывают их свечение,
- направление электронов может изменяться под действием электрического или магнитного полей.

Электрический ток в газах называют разрядом. Обычно газы состоят из нейтральных молекул, поэтому являются диэлектриками. Чтобы появились носители электрического заряда, необходима затрата энергии.

Несамостоятельный разряд. При нагреве газа или его облучении от молекул могут отделяться электроны, а молекулы превращаются в положительные ионы.

Самостоятельный разряд. В газах при столкновении молекул может освободиться хоть один электрон. Если он попадет в электрическое поле, то начнет двигаться с ускорением. Сталкиваясь с нейтральной молекулой газа, ускоренный электрон может «выбить» из нее другой электрон, превратив саму молекулу в положительный ион. Электроны будут и дальше ускоряться, разрушая молекулы. Ионы создают ток в противоположном направлении. Таким образом, электрический ток в газах создается электронами и положительными ионами.

4.3. Магнитное поле. Электромагнитная индукция

Вектор магнитной индукции. Линии магнитной индукции

Вектор магнитной индукции \vec{B} (Тл) — силовая характеристика магнитного поля.

Модуль вектора магнитной индукции — физическая величина, равная отношению максимальной силы, действующей со стороны магнитного поля на отрезок проводника с током, к произведению силы тока и длины проводника:

$$B = \frac{F_{A\max}}{I\ell}.$$

Вектор напряженности магнитного поля \vec{H} (А/м):

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu\mu_0},$$

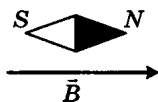
где μ — магнитная проницаемость среды (если в тексте задачи среда не указана, то $\mu = 1$); $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м — магнитная

постоянная. Направление напряженности \vec{H} совпадает с направлением вектора магнитной индукции, т.е. $\vec{H} \uparrow \uparrow \vec{B}$.

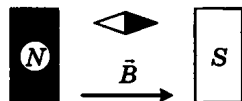
Способы определения направления вектора магнитной индукции (или напряженности).

1. С помощью постоянных магнитов:

- 1) направление вектора магнитной индукции \vec{B} совпадает с направлением на север магнитной стрелки;

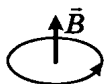


- 2) в пространстве между полюсами постоянного магнита вектор магнитной индукции \vec{B} выходит из северного полюса.

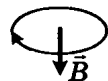


2. При определении направления вектора магнитной индукции с помощью витка с током следует применять правило буравчика:

- 1) если по витку ток идет против часовой стрелки, то вектор магнитной индукции \vec{B} направлен вверх;



- 2) если ток идет по часовой стрелке, то вектор магнитной индукции \vec{B} направлен вниз.



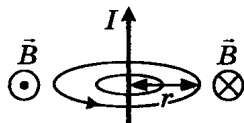
Обозначение направлений векторов:

Вверх ↑	Вниз ↓	Вправо →
Влево ←	На нас ⊥ плоскости чертежа 	От нас ⊥ плоскости чертежа

Линии магнитной индукции — линии, касательные к которым в любой точке пространства совпадают с направлением вектора магнитной индукции. Чем гуще линии магнитной индукции, тем сильнее поле. Направление вектора магнитной индукции определяется *правилом буравчика*.

Магнитное поле создано прямолинейным током:

1. Линии магнитной индукции представляют собой концентрические окружности, лежащие в плоскости, перпендикулярной проводнику. Центр окружностей совпадает с осью проводника.



2. Если ток идет вверх, то силовые линии направлены против часовой стрелки, если вниз, то по часовой стрелке.



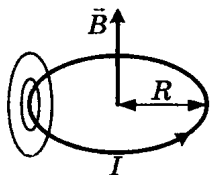
Вектор магнитной индукции на расстоянии r от оси проводника:

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi r},$$

а напряженность:

$$H = \frac{I}{2\pi r}.$$

Магнитное поле создано круговым током:



1. Линии представляют собой окружности, опоясывающие круговой ток.

2. Вектор магнитной индукции в центре витка направлен вверх, если ток идет против часовой стрелки, и вниз, если по часовой стрелке.

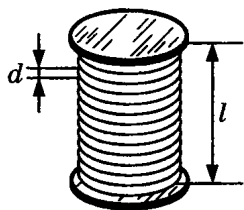
Вектор магнитной индукции в центре витка, радиус которого R :

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2R},$$

а напряженность в центре витка:

$$H = \frac{I}{2R}.$$

Магнитное поле создано соленоидом (электромагнитом):



1. Линии магнитной индукции являются замкнутыми, причем внутри соленоида они располагаются параллельно друг другу. Поле внутри соленоида однородно ($N = \frac{l}{d}$ — число витков, l — длина соленоида, d — диаметр проволоки).

2. Если ток по виткам соленоида идет против часовой стрелки, то вектор магнитной индукции \vec{B} внутри соленоида направлен вверх; если по часовой стрелке, то вниз.

Вектор магнитной индукции в центральной области соленоида:

$$B = \frac{\mu\mu_0 IN}{l} = \frac{\mu\mu_0 I}{d},$$

а напряженность:

$$H = \frac{IN}{l} = \frac{I}{d}.$$

Принцип суперпозиции полей

Если в некоторой точке пространства накладываются магнитные поля, то результирующий вектор магнитной индукции находят, как геометрическую сумму векторов магнитной индукции, составляющих магнитное поле:

$$\vec{B} = \sum \vec{B}_i .$$

Сила Ампера

Сила Ампера — сила, которая действует на проводник с током в магнитном поле:

$$F_A = BIl \sin \alpha ,$$

где α — угол между условным направлением тока и вектором магнитной индукции.

Направление силы Ампера определяется по *правилу левой руки*:

- 1) четыре пальца располагают по *условному* направлению тока;
- 2) вектор магнитной индукции входит в ладонь;
- 3) большой палец укажет направление силы Ампера.

Сила Ампера между двумя параллельными проводниками с токами:

$$F_1 = F_2 = I_1 B l \sin 90^\circ = \frac{\mu \mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi d} ,$$

где d - расстояние между проводниками, l - длина проводников.

Если токи направлены в одну сторону, то проводники *притягиваются*, а если в противоположные, то *отталкиваются*.

Максимальный момент силы Ампера: $M_{\max} = BIab = BIS$,

где a, b — длины сторон вращающейся рамки.

Если N витков, то

$$M_{\max} = NBIS .$$

Сила Лоренца

Сила Лоренца — сила, действующая на *движущуюся заряженную* частицу в магнитном поле.

Силы Лоренца и Ампера создаются магнитным полем, но сила Лоренца действует на одну частицу, а сила Ампера на электрический ток, т. е. поток заряженных частиц:

$$F_{\text{л}} = \frac{F_A}{N} = \frac{BIl \sin \alpha}{nV} = \frac{BqnvSl \sin \alpha}{nlS} .$$

Модуль силы Лоренца: $F_{\text{л}} = qvB \sin \alpha$.

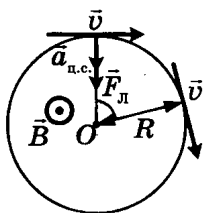
Направление силы Лоренца определяется по *правилу левой руки*:

- 1) четыре пальца расположить по направлению скорости положительно заряженной частицы (для отрицательной частицы меняем направление руки на противоположное);
- 2) вектор магнитной индукции входит в ладонь;
- 3) большой палец укажет направление силы Лоренца.

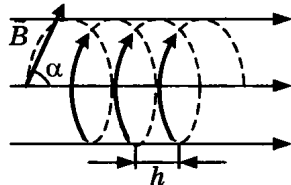
Заряженная частица в магнитном поле. В магнитном поле на частицу действует сила Лоренца. Характер движения зависит от направления скорости частицы и вектора магнитной индукции.

1. Если скорость заряженной частицы параллельна вектору магнитной индукции ($\vec{v} \parallel \vec{B}$), то $\sin \alpha = 0$. Следовательно, сила Лоренца и ускорение равны нулю. Движение частицы равномерное и прямолинейное.

2. Если скорость заряженной частицы перпендикулярна вектору магнитной индукции ($\vec{v} \perp \vec{B}$), то сила Лоренца «закручивает» частицу, сообщает ей центростремительное ускорение. Происходит движение по окружности с постоянной по модулю скоростью.



3. Если скорость заряженной частицы \vec{v} направлена под углом α к вектору магнитной индукции \vec{B} , то заряженная частица движется по спирали.



$$\text{Радиус спирали: } R = \frac{mv \sin \alpha}{qB}.$$

$$\text{Шаг спирали: } h = \frac{2\pi mv \cos \alpha}{qB}.$$

Сравнение электрического и магнитного полей:

Электростатическое поле	Вихревое электрическое поле	Магнитное поле
Определение		
Среда, через которую передается электрическое взаимодействие	Среда, через которую передается электрическое взаимодействие	Среда, через которую передается магнитное взаимодействие
Где возникает?		
В пространстве вокруг неподвижного заряда	Порождается переменным магнитным полем	В пространстве вокруг движущихся зарядов
Как обнаружить?		
По действию на пробный неподвижный электрический заряд	По действию на пробный неподвижный электрический заряд	По действию на движущийся заряд или на магнитную стрелку
Общие свойства: поля материальны, непрерывно распределены в пространстве		
Силовая характеристика		
Напряженность электрического поля \vec{E}	Напряженность электрического поля \vec{E}	Вектор магнитной индукции \vec{B}
Силовые линии		
Силовые линии начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных	Силовые линии замкнуты	Силовые линии замкнуты
Характер поля		
Потенциально, т.е. работа не зависит от вида траектории и по замкнутому контуру равна нулю	Вихревое, т.е. работа поля по замкнутому контуру не равна нулю	Вихревое, т.е. работа поля по замкнутому контуру не равна нулю

В природе существует единое электромагнитное поле.

Заряженная частица в электрическом и магнитном полях:

	Электрическое поле	Магнитное поле
Сила	Электрическая сила (сила Кулона): $F_K = qE = \frac{qU}{d}$	Магнитная сила (сила Лоренца): $F_L = qvB \sin \alpha$
Ускорение и его на- правление	Тангенциальное ускорение: $a_E = \frac{qE}{m}, \quad \vec{a}_E \uparrow \uparrow \vec{E}$	Нормальное ускорение: $a_B = \frac{qvB}{m}, \quad \vec{a}_B \uparrow \uparrow \vec{F}_L$
Полное ус- корение	$a = \sqrt{a_E^2 + a_B^2}$	

Магнитный поток

$$\Phi = BS \cos \alpha,$$

где Φ (Вб) — магнитный поток, \vec{B} — вектор магнитной индукции, S — площадь, ограниченная контуром, α — угол между \vec{B} и положительной нормалью к контуру \vec{n} . Направление положительной нормали определяется *правилом буравчика*.



Магнитный поток вращающейся рамки:

$$\Phi = BS \cos(\omega t),$$

где ω — угловая скорость вращения рамки.

Магнитный поток вращающейся рамки (N витков):

$$\Phi = NSB \cos(\omega t).$$

Магнитный поток Φ и индуктивность L проводника:

$$\Phi = LI,$$

$$N\Phi = LI.$$

Индуктивность. Индуктивность L (Гн) характеризует способность проводника создавать магнитный поток.

Индуктивность — коэффициент пропорциональности между магнитными потоками Φ и силой тока I .

Индуктивность — мера инертности электрической цепи.

Правило Ленца

Правило Ленца: в замкнутом проводящем контуре возникает индукционный ток такого направления, что созданное им магнитное поле, препятствует изменению магнитного потока, в результате которого этот ток возник. Таким образом, индукционное магнитное поле препятствует изменению внешнего магнитного поля.

Закон электромагнитной индукции

ЭДС индукции равна скорости изменения магнитного потока, взятой со знаком минус (следствие правила Ленца).

Для одного витка

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Phi_0 - \Phi}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta B}{\Delta t} S \cos \alpha = \frac{B_0 - B}{\Delta t} S \cos \alpha$$

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta S}{\Delta t} B \cos \alpha = \frac{S_0 - S}{\Delta t} B \cos \alpha$$

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta \cos \alpha}{\Delta t} BS = \frac{\cos \alpha_0 - \cos \alpha}{\Delta t} BS$$

Для N витков

$$\mathcal{E}_i = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_i = -N \frac{\Delta B}{\Delta t} S \cos \alpha$$

$$\mathcal{E}_i = -N \frac{\Delta S}{\Delta t} B \cos \alpha$$

$$\mathcal{E}_i = -N \frac{\Delta \cos \alpha}{\Delta t} BS$$

ЭДС индукции равна первой производной от магнитного потока по времени, взятой со знаком минус:

$$\mathcal{E}_i = -\Phi'(t), \quad \mathcal{E}_i = BS\omega \sin(\omega t)$$

$$\mathcal{E}_i = NBS\omega \sin(\omega t)$$

ЭДС индукции в движущихся проводниках:

$$\mathcal{E}_i = Bvl \sin \alpha.$$

ЭДС индукции прямо пропорциональна скорости изменения силы тока, взятой со знаком минус:

ЭДС индукции и индуктивность

$$\mathcal{E}_i = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = L \frac{I_0 - I}{\Delta t}$$

Магнитный поток
и индуктивность

$$N\Phi = LI, \quad N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Самоиндукция

При изменении силы тока в катушке происходит изменение магнитного потока, создаваемого этим током. Изменение магнитного потока, пронизывающего катушку, должно вызывать появление ЭДС индукции в катушке.

Явление возникновения ЭДС индукции в электрической цепи в результате изменения силы тока в этой цепи называют самоиндукцией.

В соответствии с правилом Ленца ЭДС самоиндукции препятствует нарастанию силы тока при включении и убыванию силы тока при выключении цепи. Индуктивность аналогична массе, т. е. является мерой инертности электрической цепи:

$$\mathcal{E}_i = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

Энергия магнитного поля:

$$W_m = \frac{LI^2}{2}.$$

5. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Свободные колебания

Основные характеристики колебаний:

<p>Механические колебания — это процессы в механических системах, в которых периодически изменяются координата, скорость, ускорение и сила</p>	<p>Электромагнитные колебания — процессы в электрических цепях, в которых периодически изменяются заряд, сила тока, напряжение и ЭДС</p>
<p>Свободные колебания</p>	
<p>Свободные механические колебания возможны в системе, находящейся в состоянии устойчивого равновесия и если трение в системе мало.</p> <p>1. Для начала свободных колебаний достаточно вывести систему из положения равновесия, т.е. сообщить ей дополнительную механическую энергию.</p> <p>2. Свободные механические колебания из-за трения являются затухающими.</p>	<p>В электрических цепях возможны свободные колебания, если сопротивление пренебрежимо мало (например, при сверхпроводимости).</p> <p>1. Для начала свободных электромагнитных колебаний достаточно сообщить заряд конденсатору, т.е. передать колебательной системе электрическую энергию.</p> <p>2. Свободные электромагнитные колебания затухают из-за сопротивления.</p>

Период T (с) — время одного полного колебания:

$$T = \frac{t}{N} = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{\omega}.$$

Частота ν (Гц) — число колебаний за 1 с:

$$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}.$$

Циклическая (круговая, собственная) частота ω (рад/с) — число колебаний за 2π секунд:

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}.$$

Амплитуда — модуль наибольшего значения изменяющейся величины.

Гармонические колебания — это колебания, происходящие по закону синуса и косинуса.

Закон гармонических механических колебаний:

$$x = X_m \cos(\omega t + \varphi_0) \text{ или } x = X_m \sin(\omega t + \varphi_0),$$

где x — мгновенное значение смещения тела от положения равновесия, X_m — амплитуда колебаний, $\varphi = \omega t + \varphi_0$ — фаза колебаний, φ_0 — начальная фаза колебаний, ω — циклическая частота.

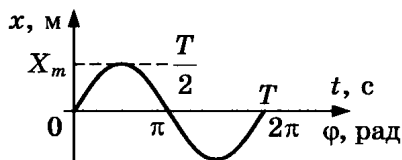
Закон гармонических электромагнитных колебаний:

$$q = q_m \sin(\omega t + \varphi_0) \text{ или } q = q_m \cos(\omega t + \varphi_0),$$

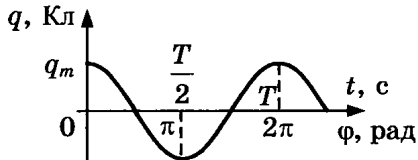
где q — мгновенное значение заряда на конденсаторе, q_m — амплитуда заряда, $\varphi = \omega t + \varphi_0$ — фаза колебаний, φ_0 — начальная фаза колебаний, ω — циклическая частота

График колебательного процесса ($\varphi_0 = 0$):

Синусоида



Косинусоида



Математический маятник.

Маятником называют тело, которое может совершать колебания под действием силы тяжести.

Маятник считают математическим, если он удовлетворяет трем условиям:

- 1) размеры нити значительно превышают размеры груза,
- 2) нить нерастяжима и невесома, т.е. вся масса маятника сосредоточена в массе груза,
- 3) отклонения нити малы (длина дуги \approx длине хорды).

Основные формулы:

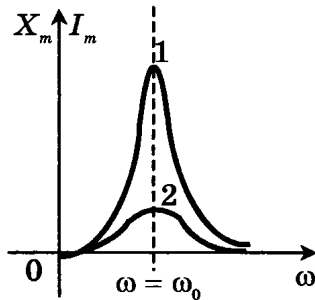
Общие формулы	Математический маятник	Пружинный маятник	Электрический контур
Период			
$T = \frac{t}{N} = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{\omega}$	$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{a_{\text{полн}}}}$	$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	$T = 2\pi\sqrt{LC}$
Частота			
$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$	$\nu = \frac{\sqrt{g}}{2\pi\sqrt{\ell}}$	$\nu = \frac{\sqrt{k}}{2\pi\sqrt{m}}$	$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
Циклическая частота			
$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$	$\omega = \sqrt{\frac{g}{\ell}}$	$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$	$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
Амплитуда скорости			
$v_m = X_m\omega$	$v_m = X_m\sqrt{\frac{g}{\ell}}$	$v_m = X_m\sqrt{\frac{k}{m}}$	
Амплитуда ускорения			
$a_m = X_m\omega^2$	$a_m = X_m\frac{g}{\ell}$	$a_m = X_m\frac{k}{m}$	
Амплитуда силы			
$F_m = ma_m = mX_m\omega^2$	$F_m = mX_m\frac{g}{\ell}$	$F_m = mX_m\frac{k}{m} = X_mk$	

Вынужденные колебания

Вынужденные <i>механические</i> колебания происходят под действием внешней периодически изменяющейся силы	Вынужденные <i>электромагнитные</i> колебания происходят под действием внешней периодически изменяющейся ЭДС
Резонанс — явление резкого возрастания амплитуды колебаний, которое происходит при совпадении частоты вынуждающей силы и собственной частоты колебательной системы	Резонанс — явление резкого возрастания амплитуды силы тока, которое происходит при совпадении частоты внешнего переменного напряжения и собственной частоты колебательного контура
Резонанс в механических системах может привести к разрушению	Резонанс может привести к перегреву электрических цепей, но в радиосвязи позволяет настроить приемник на частоту передающей станции

<p>Амплитуда во время резонанса в первой колебательной системе увеличивается больше, так как трение в ней меньше, чем во второй системе:</p> $F_{mp.1} < F_{mp.2}$	<p>Амплитуда тока во время резонанса в первом электрическом контуре увеличивается больше, так как сопротивление в нём меньше, чем во втором контуре:</p> $R_1 < R_2$
--	--

График вынужденных колебаний:



Переменный электрический ток

Переменный электрический ток — пример вынужденных электромагнитных колебаний. Если мощность переменного тока равна мощности постоянного тока, то говорят о *действующем* значении переменного тока.

Действующее (эффективное) значение силы тока:

$$I_{\partial} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}.$$

Действующее (эффективное) значение напряжения:

$$U_{\partial} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}.$$

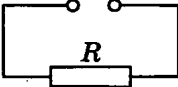
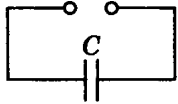
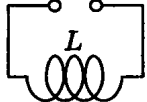
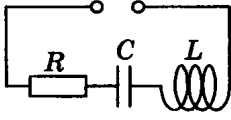
Закон Ома для действующих значений:

$$I_{\partial} = \frac{U_{\partial}}{Z}.$$

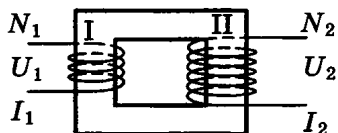
Закон Джоуля—Ленца:

$$Q = I_{\partial}^2 R t = \frac{U_{\partial}^2}{R} t.$$

Нагрузки в цепи переменного тока:

Сопротивление	Схема	Закон Ома
Активное или омическое сопротивление R		$I_m = \frac{U_m}{R}$
Емкостное сопротивление $X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi\nu C}$		$I_m = \frac{U_m}{X_c}$
Индуктивное сопротивление $X_L = \omega L = 2\pi\nu L$		$I_m = \frac{U_m}{X_L}$
Полное сопротивление при последовательном соединении $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2}$		$I_m = \frac{U_m}{Z}$ Резонанс бывает, если $X_c = X_L$

Трансформатор — устройство, преобразующее силу переменного тока и его напряжение.



1. Первичная катушка I подключается в сеть.

2. Ко вторичной катушке II подключают нагрузку.

3. Стальной сердечник изготовлен из наборных пластин.

Закон холостого хода трансформатора (цепь вторичной катушки разомкнута):

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}.$$

Закон рабочего хода трансформатора:

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{I_2}{I_1}.$$

Коэффициент трансформации:

$$k = \frac{U_1}{U_2}.$$

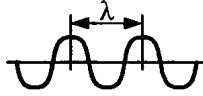
Повышающий трансформатор $k < 1$, а понижающий трансформатор $k > 1$.

$$\text{КПД трансформатора } \eta = \frac{U_2 I_2}{U_1 I_1} \cdot 100\%.$$

Волны

Длина волны λ (м) :

- Расстояние, на которое распространится волна за время одного полного колебаний частицы (за период).
- Расстояние между двумя ближайшими «горбами» или «впадинами».



- Кратчайшее расстояние между точками, колеблющимися в фазе.

Механические волны	Электромагнитные волны
Источники волн	
Колеблющееся в упругой среде тело	Ускоренно движущаяся заряженная частица
Возникновение волн	
Если одна частица среды приходит в колебательное движение, то благодаря силам взаимодействия соседние с ней частицы также начнут колебаться	Ускоренно движущийся заряд создает переменный ток, вокруг которого возникает переменное магнитное поле. Оно порождает переменное электрическое поле, которое приводит к возникновению переменного магнитного поля и т.д.
Определение	
<i>Механическая волна</i> — процесс распространения колебаний в упругой среде	<i>Электромагнитная волна</i> — процесс распространения переменных магнитных и электрических полей
Виды волн	
<p>В <i>поперечных</i> волнах направление колебания частиц (\vec{v}_k) перпендикулярно направлению распространения волны (\vec{v}_ϕ): $\vec{v}_k \perp \vec{v}_\phi$ (пример: волны на воде)</p> <p>В <i>продольных</i> волнах направление колебания частиц параллельно направлению распространения волны: $\vec{v}_k \parallel \vec{v}_\phi$ (пример: звуковые волны)</p>	<p>Электромагнитные волны относятся к <i>поперечным</i> волнам:</p> $\vec{v} \perp \vec{B} \perp \vec{E}$ <p style="text-align: center;">A vector diagram with three vectors originating from a common point. One vector, labeled \vec{E}, points vertically upwards. Another vector, labeled \vec{B}, points horizontally to the right. A third vector, labeled \vec{v}, points diagonally upwards and to the right, perpendicular to both \vec{E} and \vec{B}.</p>

Механические волны	Электромагнитные волны
Скорость распространения	
Механические волны быстрее всего распространяются в твердых средах, медленнее в жидких и еще медленнее в газах Механические волны в вакууме не распространяются	Электромагнитные волны распространяются в вакууме со скоростью света $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Длина волны	
$\lambda = v \cdot T = \frac{v}{\nu} = \frac{2\pi v}{\omega}$	В вакууме $\lambda = c \cdot T = \frac{c}{\nu} = c2\pi\sqrt{LC}$
Расстояние от источника до наблюдателя	
$l = vt,$ где $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu = \frac{\lambda\omega}{2\pi}$, $T = \frac{t}{N}$, t — время движения волны от источника колебаний до наблюдателя	$l = c \cdot t,$ где $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Отражение волн	
Эхо — отражение звуковых волн от преграды. Расстояние до преграды $l = v_{\text{зв}} \cdot \frac{\tau}{2}$, τ — время движения волны от источника и обратно Скорость звука в воздухе $v_{\text{звук}} \approx 330 \text{ м/с}$	Радиолокация — способ обнаружения объекта с помощью радиоволн. Расстояние до объекта $l = c \cdot \frac{\tau}{2}$ Скорость радиоволн $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Переход волны из одной среды в другую	
$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1 T}{v_2 T} = \frac{v_1}{v_2}$ $T = \text{const}; v = \text{const}; \omega = \text{const}$	Из среды в вакуум $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v}{c}$
Расстояние между точками с известной разностью фаз	
$\Delta x = \frac{\lambda \Delta\phi}{2\pi} = \frac{v T \Delta\phi}{2\pi} = \frac{v \Delta\phi}{\nu 2\pi} = \frac{v \Delta\phi}{\omega}$ Δx — разность хода $\Delta\phi$ — разность фаз	В вакууме $\Delta x = \frac{\lambda \Delta\phi}{2\pi} = \frac{c T \Delta\phi}{2\pi} = \frac{c \Delta\phi}{\nu 2\pi} = \frac{c \Delta\phi}{\omega}$
Точки колеблются в фазе, если $\Delta\phi = 2\pi$; точки колеблются в противофазе, если $\Delta\phi = \pi$.	

Радиосвязь — передача любой звуковой информации на большие расстояния с помощью радиоволн. Принцип радиосвязи: слабую электромагнитную волну звуковой частоты «сажают» на высокочастотный электромагнитный сигнал. Информация о звуковой частоте содержится в законе изменения амплитуды.

Число колебаний несущей (электромагнитной волны) частоты за период звуковой частоты при радиосвязи:

$$N = \frac{T_{\text{зв}}}{T_{\text{нес}}},$$

где $T_{\text{эл}} = \frac{\lambda_{\text{эл}}}{c} = \frac{1}{\nu_{\text{эл}}}$; $T_{\text{зв}} = \frac{\lambda_{\text{зв}}}{\nu} = \frac{1}{\nu_{\text{зв}}}$.

Шкала электромагнитных волн. Диапазоны волн располагаются в определенной последовательности. По мере перехода от одного диапазона к другому уменьшается длина волны, а частота увеличивается.

Тип волны	Где встречаются
Низкочастотные	Линии электропередач
Радиоволны	Радиосвязь, телевидение, сотовая связь
Инфракрасное излучение	Сушка лакокрасочных покрытий, овощей и фруктов, нагревательные приборы, приборы ночного видения
<i>Видимый свет</i> 390 нм < λ < 770 нм	90 % информации об окружающем мире, фотосинтез
Ультрафиолетовое излучение	Пигментация кожи, выработка витамина D, бактерицидное действие
Рентгеновское излучение	В медицине — изучение внутренних органов
Гамма-излучение	Выделяется при радиоактивном распаде и при ядерном взрыве

6. ОПТИКА

Оптика — раздел физики, в котором изучают свет и световые явления.

Корпускулярно-волновой дуализм. Для объяснения световых явлений ученые (во главе с И. Ньютоном) предположили, что свет — это поток частиц (корпускул). Другие ученые (Гук, Гюйгенс) использовали представление о том, что свет — это волна. Современная наука считает, что свет имеет двойствен-

ную природу. Впервые эту идею выдвинул Луи де Бройль. Свет, как поток частиц — корпускул (фотонов), проявляет себя при поглощении и излучении атомов. В других явлениях, таких, как интерференция, дифракция, дисперсия, поляризация, он ведет себя как волна.

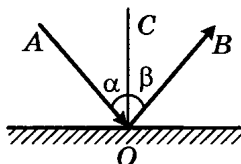
Законы геометрической оптики

Луч света — линия, вдоль которой распространяется световая энергия.

Закон прямолинейного распространения света выполняется в однородной прозрачной среде: *свет в однородной прозрачной среде распространяется прямолинейно.*

Закон прямолинейного распространения света объясняет образование тени и полутени, солнечное и лунное затмения.

Закон отражения выполняется, если на пути светового луча встретится плоское зеркало: *падающий луч AO , отраженный луч OB и перпендикуляр OC , восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости. Угол падения α равен углу отражения β .*



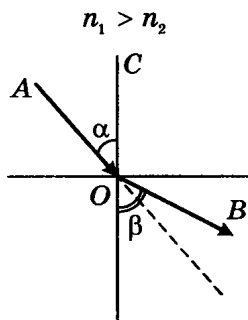
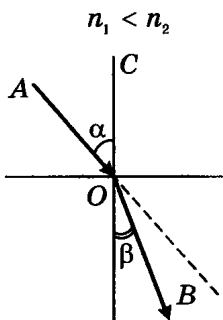
Закон отражения объясняет получение изображения в зеркале, устройство перископа.

Закон преломления выполняется, если на пути светового луча встречается граница двух прозрачных сред: *падающий луч AO , преломленный луч OB и перпендикуляр к границе двух сред OC лежат в одной плоскости.*

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

где α — угол падения, β — угол преломления; n_1 — абсолютный показатель преломления, v_1 — скорость света и λ_1 — длина волны в первой среде; n_2 — абсолютный показатель преломления второй среды, n_{21} — относительный показатель преломления первой среды относительно второй.

Абсолютный показатель преломления — табличная величина. Его определили экспериментально, рассматривая преломление света при переходе из вакуума в данную среду. Чем больше абсолютный показатель среды, тем она считается более плотной.

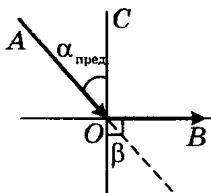


Если луч переходит из оптически менее плотной среды в оптически более плотную, то он отклоняется к перпендикуляру и $\alpha > \beta$.

Если луч переходит из оптически более плотной среды в оптически менее плотную, то он отклоняется от перпендикуляра и $\alpha < \beta$.

Закон преломления объясняет возникновение миражей, рефракцию в атмосфере, явление полного отражения.

Полное отражение бывает только при переходе света из оптически более плотной среды в оптически менее плотную, т.е. когда $n_1 > n_2$. В этом случае преломленный луч отклоняется от перпендикуляра и приближается к границе раздела двух сред.



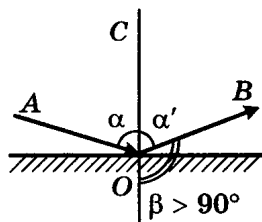
Наступает такой момент, когда угол преломления становится равным 90° . Угол падения, при котором угол преломления равен 90° , называют **предельным**:

$$\frac{\sin \alpha_{\text{пред}}}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \sin \alpha_{\text{пред}} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Дальнейшее увеличение падающего угла приводит к росту угла преломления. Свет в нижнюю среду (несмотря на то, что она прозрачная) не попадает. Происходит «отражение» от границы двух сред:

$$\alpha = \alpha',$$




$$\alpha' + \beta = 180^\circ.$$



Линзы

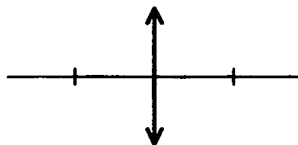
Линзы — прозрачные, обычно стеклянные, тела, ограниченные двумя сферическими поверхностями.

Виды линз:

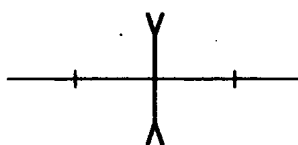
	<p>Двояковыпуклые линзы: лупа, объектив фотоаппарата, хрусталик глаза. Собирают лучи, если находятся в оптически менее плотной среде.</p>
	<p>Двояковогнутые линзы рассеивают лучи, если находятся в оптически менее плотной среде.</p>
	<p>Выпукло-вогнутые линзы обладают и рассеивающими, и собирающими свойствами. (Пример: линзы в очках).</p>

Условные обозначения тонких линз:

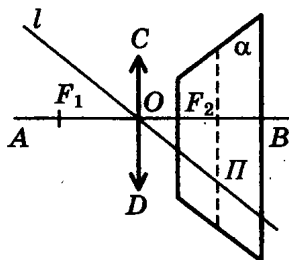
Собирающая линза



Рассеивающая линза



Собирающая линза:



AB — главная оптическая ось,

CD — положение линзы,

O — оптический центр линзы,

F_1, F_2 — фокусы линзы,

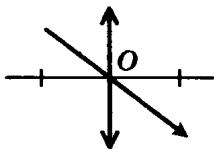
α — фокальная плоскость проходит через фокус, перпендикулярно AB ,

l — побочная оптическая ось проходит через оптический центр,

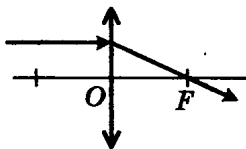
Π — побочный фокус линзы — точка пересечения побочной оптической оси и фокальной плоскости.

Ход лучей в собирающей линзе:

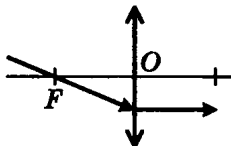
- 1) Лучи, проходящие через оптический центр линзы, не преломляются.



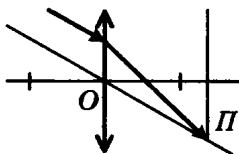
- 2) Лучи, параллельные главной оптической оси, после преломления в собирающей линзе проходят через фокус.



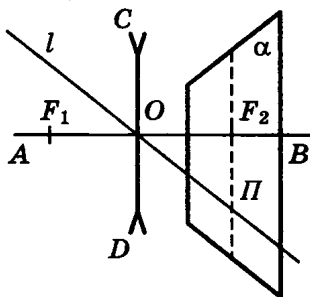
- 3) Лучи, проходящие через фокус, после преломления в собирающей линзе пойдут параллельно главной оптической оси.



- 4) Лучи, параллельные побочной оптической оси, пересекаются в побочном фокусе.



Рассеивающая линза:



AB — главная оптическая ось,
 CD — положение линзы,
 O — оптический центр линзы,

F_1, F_2 — фокусы линзы,

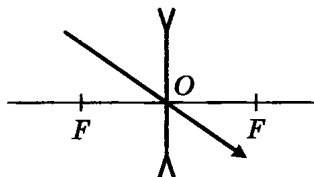
α — фокальная плоскость проходит через фокус, перпендикулярно AB ,

l — побочная оптическая ось проходит через оптический центр,

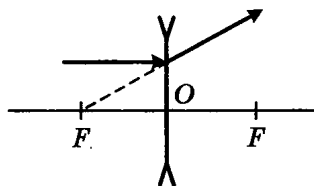
Π — побочный фокус линзы — это точка пересечения побочной оптической оси и фокальной плоскости.

Ход лучей в рассеивающей линзе:

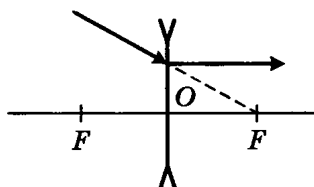
- 1) Лучи, проходящие через оптический центр линзы, не преломляются.



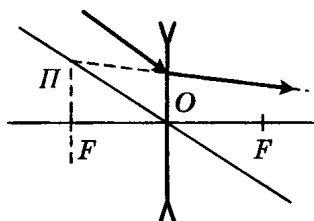
- 2) Лучи, параллельные главной оптической оси, после преломления в рассеивающей линзе выходят из фокуса.



- 3) Лучи, идущие в фокус, после преломления в рассеивающей линзе пойдут параллельно главной оптической оси.



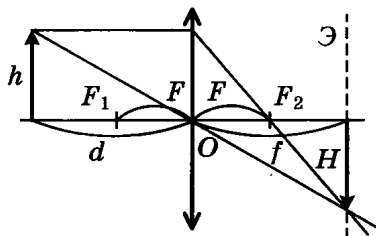
- 4) Лучи, параллельные побочной оптической оси, выходят из побочного фокуса.



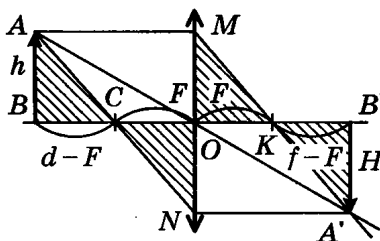
Формула тонкой линзы

$$\pm \frac{1}{F} = \pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f},$$

где F_1 — передний фокус, F_2 — задний фокус, F — фокусное расстояние, d — расстояние от линзы до предмета, f — расстояние от линзы до изображения (до экрана), h — высота предмета, H — высота изображения.



Вывод формулы тонкой линзы из подобия треугольников:



$\triangle ABC$ подобен $\triangle CON$

$$\frac{h}{H} = \frac{d - F}{F},$$

$\triangle MOK$ подобен $\triangle KB'A'$

$$\frac{h}{H} = \frac{F}{f - F}$$

$$\frac{d - F}{F} = \frac{F}{f - F};$$

$$(d - F)(f - F) = F^2;$$

$$df - Ff - Fd + F^2 = F^2;$$

$$\frac{1}{F} - \frac{1}{d} - \frac{1}{f} = 0;$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}.$$

Знаки в формуле тонкой линзы:

$+F$ собирающая линза	$+d$ действительный источник	$+f$ действительное изображение
$-F$ рассеивающая линза	$-d$ мнимый источник	$-f$ мнимое изображение

Линейное увеличение линзы:

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}.$$

Только для действительного изображения:

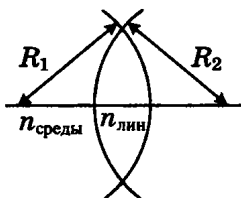
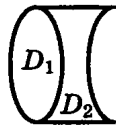

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} = \frac{F}{d-F} = \frac{f-F}{F}.$$

Линейное увеличение через площади предмета и изображения:

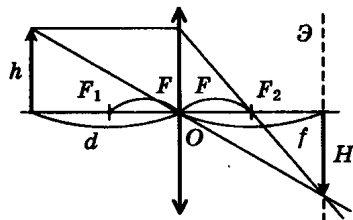
$$\Gamma = \sqrt{\frac{S_{\text{изображения}}}{S_{\text{предмета}}}}.$$

Линейное увеличение равно масштабу снимка.

Оптическая сила линзы — величина, обратная фокусному расстоянию.

Формула и единица измерения	$D = \pm \frac{1}{F}$ (дптр)	$+D$ у собирающей линзы $-D$ у рассеивающей линзы
Оптическая сила двояковыпуклой линзы	$D = \frac{1}{F} = \left(\frac{n_{\text{линзы}}}{n_{\text{среды}}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$	
Оптическая сила составной линзы	$D = D_1 + D_2$	
Оптическая сила плоско — выпуклой линзы и зеркала	$D = 2D_1$	

Действительное изображение в собирающей линзе:



Условие, при котором наблюдается такое изображение: $d > F$.

Знак фокусного расстояния: $+F$.

Знак расстояния от линзы до предмета: $+d$.

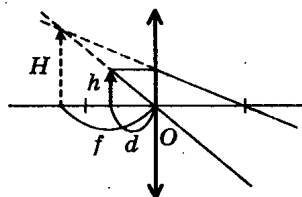
Знак расстояния от линзы до изображения: $+f$.

Формула тонкой линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$.

Расстояние от предмета до изображения (экрана): $f + d$.

Увеличение линзы: $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} = \frac{F}{d-F} = \frac{f-F}{F}$.

Мнимое, увеличенное изображение в собирающей линзе:



Условие, при котором наблюдается такое изображение: $d < F$.

Знак фокусного расстояния: $+F$.

Знак расстояния от линзы до предмета: $+d$.

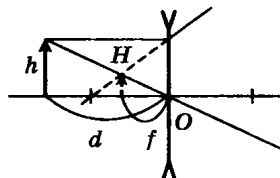
Знак расстояния от линзы до изображения: $-f$.

Формула тонкой линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$.

Расстояние от предмета до изображения: $f - d$.

Увеличение линзы: $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$.

Мнимое, уменьшенное изображение в рассеивающей линзе:



Условие, при котором наблюдается такое изображение: всегда.

Знак фокусного расстояния: $-F$.

Знак расстояния от линзы до предмета: $+d$.

Знак расстояния от линзы до изображения: $-f$.

Формула тонкой линзы: $-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$.

Расстояние от предмета до изображения: $d - f$.

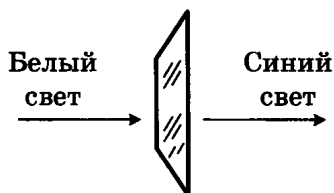
Увеличение линзы: $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} < 1$.

Волновые свойства света

Дисперсия — явление разложения белого света в спектр. Белый свет состоит из электромагнитных волн разной частоты. Попадая в призму, эти волны по разному преломляются (больше всего преломляются волны, соответствующие фиолетовому цвету, меньше — красному) и изменяют свою скорость (быстрее всего движутся «красные волны», медленнее «фиолетовые»). *Дисперсия* — зависимость абсолютного показателя преломления вещества от частоты $n = f(v)$. Пример дисперсии — *радуга*. Радуга — это разложение белого света на каплях дождя.

Свет и цвет.

Светофильтры — прозрачные тела, которые пропускают определенные длины волн, а остальные поглощают. Пример с синим светофильтром



После прохождения через светофильтр белый свет становится *монохроматическим*, т.е. содержит длину волны, соответствующую одному цвету.

Цвет тел определяется тем, какие длины волн тело отражает. Например, красные тела отражают длины волн, соответствующие красному цвету, а остальные поглощают. Предмет черного цвета всё поглощает, а белого отражает все длины волн.

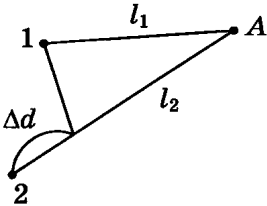
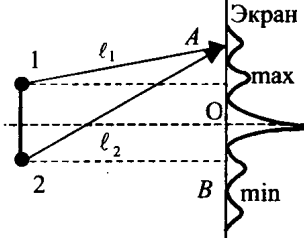
Цвет тел также зависит от цвета падающего света. Лучше всего это наблюдать, освещая белые предметы через разные светофильтры.

Поляризация.

Под поляризацией света понимают выделение из естественного света световых колебаний с определенным направлением вектора напряженности \vec{E} .

Явление поляризации доказывает волновую природу света и *поперечность* световых волн, т. е. $\vec{v} \perp \vec{B} \perp \vec{E}$.

Интерференция — сложение волн от когерентных источников.

Интерференция механических волн	Интерференция света
Примеры: исполнение музыки оркестром, интерференционная картина на воде	Примеры: радужная окраска мыльных пузырей и масляных пятен на воде
<i>Когерентные источники</i> — это согласованные между собой источники, которые колеблются с одинаковой частотой и разностью фаз	Из-за большой частоты согласовать волны, идущие от разных источников света, нельзя. Поэтому складывают волны, идущие от одного источника, но прошедшие разным путем
<p><i>Разность хода</i> — разность в расстояниях от источников колебаний до изучаемой точки Δd (м)</p> $\Delta d = l_2 - l_1 $	
 <p>В точке A происходит наложение двух волн (<i>интерференция</i>). Если гребень одной волны наложится на гребень другой, то произойдет усиление колебаний точки A (<i>область максимума колебаний</i>). Если гребень одной волны наложится на впадину другой, то колебаний точки A не будет (<i>область минимума</i>).</p>	 <p>На экране наблюдается интерференция света. В некоторых точках наложение световых волн приводит к усилению света (A). <i>Область максимума:</i> «свет + свет = яркий свет». В других точках (B) — к его ослаблению света. <i>Область минимума:</i> «свет + свет = темнота»</p>

Условия максимума и минимума интерференции.

Условие максимума (волны приходят в фазе):

$$\Delta d = n\lambda .$$

Условие минимума (волны приходят в противофазе):

$$\Delta d = (2n + 1) \frac{\lambda}{2} .$$

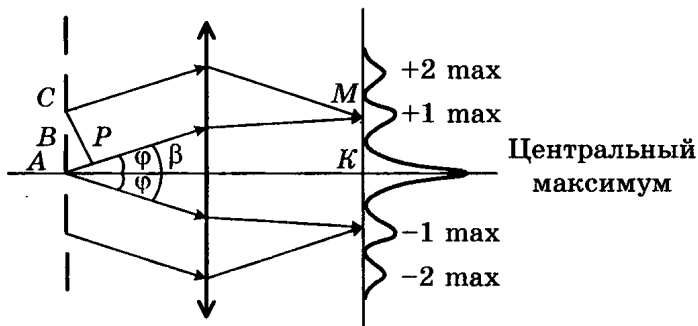
Дифракция.

Дифракция — огибание препятствий, сравнимых с длиной волны.

Примеры дифракции механических волн: слышим звук через открытую дверь.

Примеры дифракции света: радужная окраска крыльев стрекозы; образование светлых и темных полос после прохождения узкой щели.

Дифракционная решетка — прозрачная пластина, состоящая из большого числа параллельных щелей. Если на дифракционную решетку падает монохроматический свет, то на экране получают интерференционную картину — чередование светлых и темных полос.



AB — непрозрачная часть решетки;

BC — прозрачная часть,

$AC = AB + BC = d$ — период решетки, постоянная решетки,

AP — разность хода соседних параллельных лучей,

$AK = b$ — перпендикуляр к решетке (расстояние от решетки до экрана),

K — центральный (главный) максимум,

$KM = a$ — расстояние от центрального максимума до максимума n -ого порядка,

φ — угол отклонения луча от перпендикуляра,

N — число штрихов на длину l ,

$AP = d \sin \varphi$ — разность хода параллельных лучей.

Изменения дифракционной картины. Если на дифракционную решетку падает белый свет, то в центре будет белая полоса (выполняется условие максимума для всех волн). По обе стороны от нее располагаются чередующиеся радужные полосы.

Условие максимума для наибольшей длины волны в определенной спектральной полоске:

$$d \frac{a_1}{b} = n\lambda_{\max}.$$

Условие максимума для наименьшей длины волны в той же спектральной полоске:

$$d \frac{a_2}{b} = n\lambda_{\min}.$$

Ширина спектра: $a_1 - a_2$.

Если изменить длину волны падающего на дифракционную решетку света, то положение интерференционных полос будет смещаться.

Условие максимума для первой волны:

$$d \frac{a_1}{b} = n\lambda_1.$$

Условие максимума для новой волны:

$$d \frac{a_2}{b} = n\lambda_2.$$

Если изменить дифракционную решетку (число штрихов), то положение интерференционных полос также будет смещаться.

Условие максимума для первой решетки:

$$\frac{\ell}{N_1} \frac{a_1}{b} = n\lambda.$$

Условие максимума для новой решетки:

$$\frac{\ell}{N_2} \frac{a_2}{b} = n\lambda.$$

Если дифракционную решетку повернуть на 90° , то дифракционная картина также повернется на 90° .

7. СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Принципы относительности Галилея:

1. Все механические процессы в инерциальных системах отсчета протекают одинаково.

2. Правило сложения скоростей

$$\vec{v}' = \vec{v} + \vec{u}.$$

Принципы относительности Эйнштейна:

1. Все физические процессы в инерциальных системах отсчета протекают одинаково.
2. Скорость света в вакууме одинакова для всех инерциальных систем отсчета. Она не зависит ни от скорости источника, ни от скорости приемника:

$$c = \text{const}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

Согласно теории Эйнштейна, во всех инерциальных системах отсчета физические законы имеют одинаковую форму.

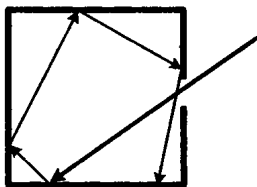
Следствия из теории относительности Эйнштейна (релятивистские эффекты):

<p>Связь массы и энергии</p> $E = mc^2$ $\Delta E = \Delta mc^2$	<p>Уменьшение длины</p> $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$	<p>Увеличение интервалов времени</p> $t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$
<p>Сложение скоростей</p> $v' = \frac{v + u}{1 + \frac{vu}{c^2}}$	<p>Увеличение массы</p> $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	<p>Релятивистский импульс</p> $p = mv = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{E_{\text{полн}}}{c^2} v$
<p>Полная энергия</p> $E_{\text{полн}} = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ $E_{\text{полн}} = c \sqrt{p^2 + m_0^2 c^2}$	<p>Кинетическая энергия</p> $E_k = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0 c^2$	<p>Работа равна изменению энергии</p> $A = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}}} - \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}}$

8. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Тепловое излучение

В начале XX в. попытки объяснить явления теплового излучения, фотоэффекта и др. привели к созданию квантовой теории.

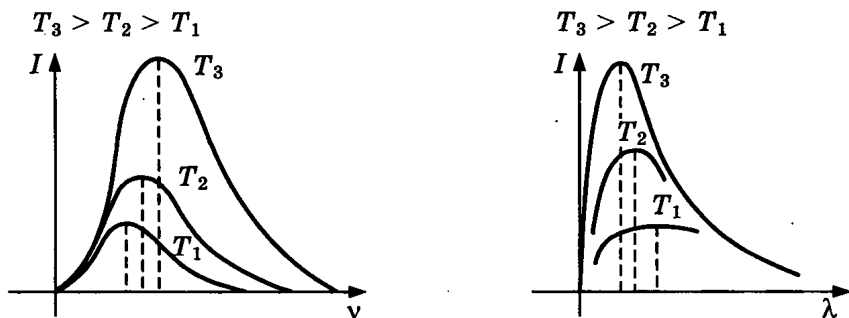


Модель абсолютно черного тела

Если нагреть стенки абсолютно черного тела, то интенсивность излучения не зависит от материала, из которого стенки изготовлены, а определяется только их температурой. Солнце и звезды имеют подобное излучение.

Цвет абсолютно черного тела может быть любым и зависит от температуры. Например, холодным звездам (3000 °C) соответствует красный цвет, более нагретым (6000 °C) — желтый, самым горячим — голубой (10000 °C).

Экспериментальная зависимость излучения абсолютно черного тела от температуры:



С ростом температуры интенсивность излучения растет, и максимум интенсивности смещается в область коротких волн (или больших частот).

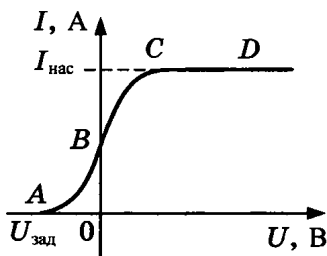
Для объяснения этой зависимости ученые предположили, что энергия излучается порциями (квантами). Энергия кванта пропорциональна частоте (или обратно пропорциональна длине волны):

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda},$$

где $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж · с — постоянная Планка.

Фотоэффект

Фотоэффект — явление вырывания электронов из металла под действием света.



Вольт-амперная характеристика (световой поток, освещенность, интенсивность излучения не изменяются)

1. *Точка В* ($U = 0$). Под действием света, даже при отсутствии электрического поля, часть вырванных фотоэлектронов достигает противоположного электрода.

2. *Участок CD* — область насыщения. Количество электронов, вырванных за единицу времени с поверхности катода, достигает за это же время анода.

3. *Точка А*. При некотором значении обратного напряжения ток прекращается. Это напряжение называют *задерживающим*.

Законы фотоэффекта:

1. Сила тока насыщения прямо пропорциональна освещенности катода E (или падающему световому потоку Φ , или интенсивности излучения I , или числу фотонов, падающих на электрод в единицу времени) и не зависит от частоты падающего света:

$$I_{\text{нас.}} = f(E) = \varphi(\Phi) = \psi(I).$$

2. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов возрастает с увеличением частоты падающего света, но не зависит от освещенности катода.

3. Для каждого вещества существует *красная граница фотоэффекта* — наименьшая частота ν_{\min} (или наибольшая длина волны λ_{\max}), при которой еще возможен фотоэффект.

Объяснение фотоэффекта (Эйнштейн 1905 г.). Энергия не только испускается, но и поглощается квантами. Фотон приносит электрону энергию, которая идет на вырывание электрона из металла (работа выхода) и сообщение электрону кинетической энергии.

Формула Эйнштейна:

$$E_{\text{ф}} = A_{\text{вых}} + E_k.$$

Энергия фотона:

$$E_{\text{ф}} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}.$$

Работа выхода — это энергия взаимодействия электрона с ядром:

$$A_{\text{вых}} = h\nu_{\text{кр}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}}.$$

Кинетическая энергия электрона:

$$E_k = \frac{m_e v^2}{2} = q_e U_{\text{зад}}.$$

Световые кванты

Энергия фотона	$E_0 = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = m_0c^2$
Масса фотона	$m_0 = \frac{E_0}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$
Импульс фотона	$p_0 = m_0c = \frac{E_0}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$
Заряд фотона	$q = 0$
Число фотонов	$N = \frac{E}{E_0} = \frac{Pt}{E_0} = \frac{m_{\text{всех}}}{m_0}$
Импульс, переданный телу, при поглощении фотона	$p = 2m_0c = 2\frac{E_0}{c} = 2\frac{h\nu}{c} = 2\frac{h}{\lambda}$
Давление света при поглощении	$p = \frac{W}{tSc} = \frac{I}{c}$ (Па)
Давление света при зеркальном отражении	$p = \frac{2W}{tSc} = \frac{2I}{c}$ (Па)
Сила давления света	$F = pS_{\text{нов}}$ (Н)

Строение атома

Экспериментальные факты:

- 1) атом в целом электрически нейтрален;
- 2) частица с наименьшим, отрицательным зарядом (электрон) находится внутри атома;
- 3) масса атома в 1000 раз больше массы электрона.

Модель Томсона — «пудинг с изюмом».

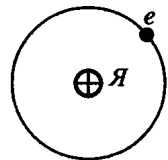
По мнению Томсона, весь атом заполнен положительным зарядом, а в него, как изюминки, вкраплены электроны.



Резерфорд решил проверить модель Томсона.

Он изучал рассеяние α -частиц (положительные частицы образуются при радиоактивном распаде, их масса сравнима с массой атома).

Планетарная модель атома Резерфорда. В центре атома находится компактное, массивное, положительно заряженное ядро, вокруг которого на сравнительно большом расстоянии движутся электроны.



Недостатки модели Резерфорда: электрон, двигаясь по окружности, имеет центростремительное ускорение. Любая ускоренно движущаяся заряженная частица должна испускать элек-

тромагнитную волну. Таким образом, электрон должен терять энергию и «падать» на ядро. Время жизни такого атома 10^{-7} с.

Постулаты Бора

1. Атомная система может находиться в особых стационарных состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия. Находясь в стационарных состояниях, атом не излучает.

2. Энергия испускается или поглощается при переходе электрона из одного состояния в другое:

$$h\nu = \frac{hc}{\lambda} = E_n - E_k.$$

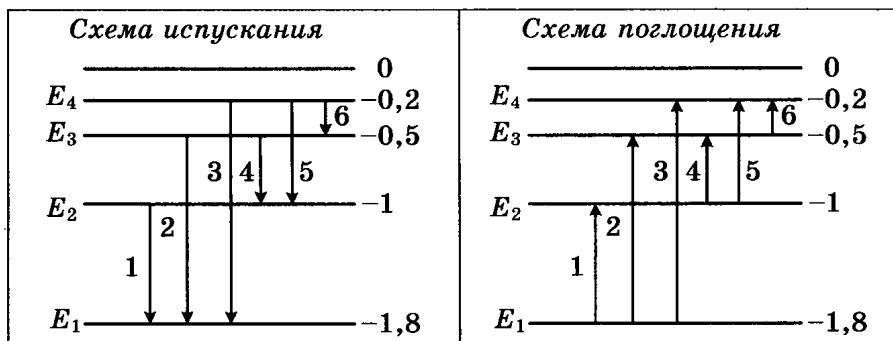
Элементарная боровская теория атома водорода:

Момент импульса квантуется (III постулат Бора)	$mvr = \frac{nh}{2\pi}$
Закон Ньютона и закон Кулона	$\frac{q_e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{m_e v^2}{r}$ $r_n = \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi q_e^2 m_e} n^2 = r_1 n^2$
Выразим скорость v	$v_n = \frac{q_e^2}{2\epsilon_0 h} \cdot \frac{1}{n} = \frac{v_1}{n}$
Кинетическая энергия	$E_k = \frac{m_e v^2}{2} = \frac{q_e^2}{8\pi\epsilon_0 r} = \frac{m_e q_e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{n^2}$
Потенциальная энергия	$E_p = -\frac{kq_1 q_2}{r} = -\frac{q_e^2}{4\pi\epsilon_0 r} = -\frac{m_e q_e^4}{4\epsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{n^2}$
Полная энергия	$E = E_k + E_p = -\frac{q_e^2}{8\pi\epsilon_0 r} = -\frac{m_e q_e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{n^2}$
Частота излучения	$h\nu = \frac{m_e q_e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$ или $\nu = R \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right),$ где $k > n$, $R = 3,3 \cdot 10^{15}$ Гц
Длина волны	$\lambda = \frac{hc}{E_k - E_n}$
Импульс кванта	$p = \frac{E_k - E_n}{c}$

Эта теория смогла объяснить только закономерности в атоме водорода. Для гелия она уже не работала.

По современным представлениям: положение электрона в атоме подчиняется теории вероятности. Стационарные орбиты — это наиболее вероятные положения электрона в атоме.

Схема возможных переходов электрона в атоме



Энергия электрона в атоме отрицательна.

Чем ближе к ядру, тем больше числовое значение энергии.

На бесконечности энергия равна нулю.

Спектральный анализ — исследование спектров от различных источников.

Виды спектров.

Непрерывный (сплошной) спектр получают от раскаленных твердых и жидких тел, сильно сжатых газов, Солнца. Он представляет собой непрерывную радужную полоску.

Линейчатый спектр испускания получают от разогретых веществ в газообразном атомарном состоянии. Внешне он представляет собой набор ярких цветных линий на черном фоне.

Линейчатый спектр поглощения можно получить, если белый свет пропустить через вещество в газообразном атомарном состоянии. Внешне он представляет собой набор черных линий на непрерывном спектре.

Mg					
----	--	--	--	--	--

N					
---	--	--	--	--	--

Газ					
-----	--	--	--	--	--

Каждое вещество имеет свой набор характерных цветных полос. Как преступника можно узнать по отпечаткам пальцев,

так химический состав разогретого вещества можно узнать по его спектру. Сначала изучают линейчатые спектры испускания, составляют специальные таблицы. Потом проводят сравнение спектра неизвестного газа с изученными спектрами.

Например, при сравнении спектра поглощения неизвестного газа и известных спектров поглощения магния и азота можно определить химический состав газа. Неизвестный газ состоит из магния и азота.

Атомное ядро

Атомное ядро состоит из протонов и нейтронов.




Протон	Нейтрон
$q_p = q_e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$	$q_n = 0$
$m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$	$m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

Обозначение химического элемента ${}^A_Z X$, где Z — порядковый номер химического элемента в таблице химических элементов Д.И. Менделеева, A — массовое число (или атомная масса).

Число протонов в ядре (равно числу электронов в атоме) определяется порядковым номером химического элемента Z .




Число нейтронов: $N = A - Z$.

Схемы атомов

${}^1_1\text{H}$	${}^4_2\text{He}$	${}^7_3\text{Li}$
		

Изотопы — атомы, содержащие одинаковое число протонов, но разное число нейтронов. Число электронов у изотопов одинаково, поэтому они обладают одинаковыми химическими свойствами, а физическими свойствами изотопы могут отличаться.

Изотопы водорода

Водород ${}^1_1\text{H}$	Дейтерий ${}^2_1\text{H}$	Тритий ${}^3_1\text{H}$
 $N = 0$	 $N = 1$	 $N = 2$

Ядерные силы. Между протонами и нейтронами действуют силы другой природы (не электрической). Эти силы называют ядерными. Причем для ядерного взаимодействия неважно наличие электрического заряда у протона.

Нуклоны — частицы, входящие в состав ядра (с точки зрения ядерного взаимодействия). Число нуклонов равно сумме протонов и нейтронов (A).

Масса атомного ядра. Точные опыты показали, что масса ядра меньше суммы масс, составляющих его частиц:

$$m_x < Zm_p + Nm_n.$$

Дефект массы:

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - m_x \text{ (а.е.м.)}$$

$$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

Энергия связи — энергия, которую необходимо затратить, чтобы разделить ядро на отдельные нуклоны, или энергия, которая выделяется при формировании ядра:

$$E_{\text{св}} = \Delta mc^2 \text{ (эВ),}$$

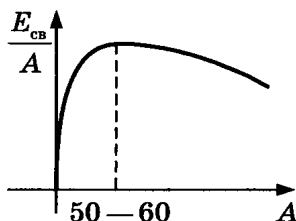
$$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

Удельная энергия связи — энергия связи, приходящаяся на один нуклон:

$$\frac{E_{\text{св}}}{A} = \frac{\Delta mc^2}{A} \text{ (Дж/нуклон).}$$

Удельная энергия связи характеризует устойчивость (прочность) ядер. Чем больше удельная энергия связи, тем

- 1) устойчивее ядро,
- 2) лучше взаимодействуют нуклоны,
- 3) сложнее выбить нейтрон или протон из ядра.



Зависимость удельной энергии связи от массового числа

Из графика видно, что энергетически выгодно деление тяжелых ядер и слияние легких.

Радиоактивность

Радиоактивность — способность некоторых ядер к самопроизвольному превращению в другие ядра. Обычно этот процесс сопровождается испусканием различных частиц.

Естественная радиоактивность. Ядерное взаимодействие короткодействующее. Ядра тяжелых элементов имеют сравнительно большие размеры, поэтому между отдельными участками может возникнуть электрическое отталкивание, и ядро разрушается.

Искусственная радиоактивность. Даже легкие ядра под действием других элементарных частиц становятся радиоактивными.

Виды радиоактивных излучений. Если излучение, идущее от радиоактивного вещества, поместить в электрическое поле, то оно распадается на три потока.

Заряд	Положительный	Нейтральный	Отрицательный
Название	α -лучи	γ -лучи	β -лучи
Состав излучения	Ядра атома гелия ${}^4_2\text{He}$	Коротковолновое электромагнитное излучение	Поток электронов ${}^0_{-1}e$
Что происходит с ядрами	Из ядра вылетает ${}^4_2\text{He}$	Ядро из возбужденного состояния переходит в основное	В ядре происходит распад нейтрона ${}^1_0n = {}^0_{-1}e + {}^1_1p$
Превращения в ядрах	α -распад ${}^A_ZX = {}^4_2\text{He} + {}^{A-4}_{Z-2}Y$	γ -распад ${}^A_ZX = {}^A_ZX$	β -распад ${}^A_ZX = {}^0_{-1}e + {}^A_{Z+1}Y$
Защита от излучения	Лист бумаги толщиной 0,1 мм	Огромный слой свинца	Алюминиевая пластина толщиной 3,5 см

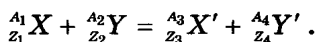
Закон радиоактивного распада:

$$N = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T}}} \quad \text{или} \quad m = \frac{m_0}{2^{\frac{t}{T}}},$$

где $N(t)$ — число (масса) *не распавшихся* ядер в момент времени t , $N_0(m_0)$ — начальное число (первоначальная масса) *не распавшихся* ядер; T — период полураспада.

Период полураспада — время, за которое исходное число ядер в *среднем* уменьшается вдвое.

Ядерные реакции — это изменения в ядрах, которые происходят под действием других ядер или элементарных частиц:



Аннигиляция позитрона и электрона:

$${}_{+1}^0e + {}_{-1}^0e = 2\gamma.$$

При аннигиляции электрона и позитрона рождаются два или более γ -кванта в соответствии с законом сохранения импульса.

Законы сохранения:

$$\Sigma Z = \Sigma Z'$$

$$\Sigma A = \Sigma A'$$

$$\Sigma N = \Sigma N'.$$

В ядерных реакциях закон сохранения заряда выполняется полностью, а закон сохранения массы «нарушается». Изменение массы связано с выделением или поглощением энергии.

9. КРАТКИЕ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9
мега	М	10^6
кило	к	10^3
гекто	г	10^2
деци	д	10^{-1}
санتي	с	10^{-2}
милли	м	10^{-3}
микро	мк	10^{-6}
нано	н	10^{-9}
пико	п	10^{-12}

Константы

число π	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж / (моль} \cdot \text{К)}$

Константы

постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж / К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м / с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

Масса частиц

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,008 \text{ а.е.м.}$

Плотность

воды	1000 кг/м^3
древесины (сосна)	400 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3
подсолнечного масла	900 кг/м^3
алюминия	2700 кг/м^3
железа	7800 кг/м^3
ртути	13600 кг/м^3

Удельная теплоёмкость

воды	$4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг · К)
льда	$2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг · К)
железа	640 Дж/(кг · К)
свинца	130 Дж/(кг · К)
алюминия	900 Дж/(кг · К)
меди	380 Дж/(кг · К)
чугуна	500 Дж/(кг · К)

Удельная теплота

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг

Нормальные условия давление 10^5 Па, температура 0°C

Молярная масса

азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
молибдена	$96 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль

ГЛАВА II. ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ

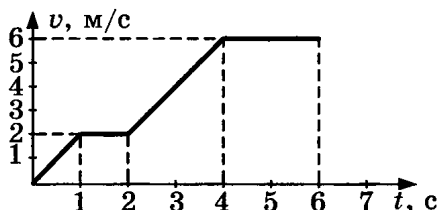
ВАРИАНТ 1

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «x» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

- A1.** По графику зависимости модуля скорости тела от времени, представленному на рисунке, определите путь, пройденный телом от момента времени $t = 0$ с до момента времени $t = 2$ с.

- 1) 1 м
- 2) 2 м
- 3) 3 м
- 4) 4 м



- A2.** Метеорит пролетает около Земли за пределами атмосферы. В тот момент, когда вектор силы гравитационного притяжения Земли перпендикулярен вектору скорости метеорита, вектор ускорения метеорита направлен

- 1) параллельно вектору скорости
- 2) по направлению вектора силы
- 3) по направлению вектора скорости
- 4) по направлению суммы векторов силы и скорости

- A3.** Две силы 3 Н и 4 Н приложены к одной точке тела, угол между векторами сил равен 90° . Модуль равнодействующей сил равен

- 1) 1 Н 2) 5 Н 3) 7 Н 4) 25 Н

- A4.** Маятник массой m проходит точку равновесия со скоростью v . Через половину периода колебаний он проходит точку равновесия, двигаясь в противоположном направлении с такой же по модулю скоростью v . Модуль изменения импульса маятника за это время равен

- 1) mv 2) $-2mv$ 3) $2mv$ 4) 0

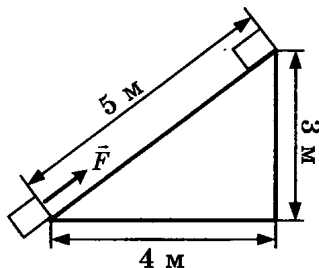
А5. Тело массой 2 кг под действием силы \vec{F} перемещается вверх по наклонной плоскости на расстояние $l = 5$ м, расстояние тела от поверхности Земли при этом увеличивается на $h = 3$ м. Вектор силы \vec{F} направлен параллельно наклонной плоскости, модуль силы \vec{F} равен 30 Н. Какую работу при этом перемещении совершила сила \vec{F} ? Ускорение свободного падения примите равным 10 м/с^2 , коэффициент трения $\mu = 0,5$.

1) 150 Дж

2) 60 Дж

3) 40 Дж

4) -40 Дж



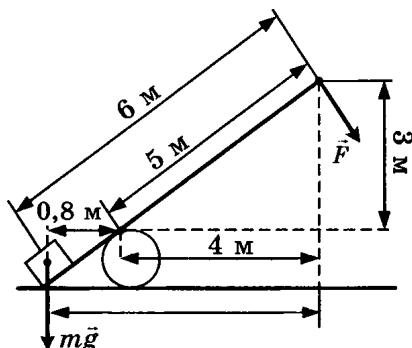
А6. Под действием силы тяжести $m\vec{g}$ груза и силы \vec{F} рычаг, представленный на рисунке, находится в равновесии. Вектор силы \vec{F} перпендикулярен рычагу. Расстояния между точками приложения сил и точкой опоры, а также проекции этих расстояний на вертикальную и горизонтальную оси указаны на рисунке. Если модуль силы \vec{F} равен 120 Н, то модуль силы тяжести, действующей на груз, равен

1) 20 Н

2) 30 Н

3) 600 Н

4) 750 Н.



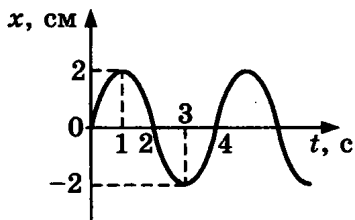
A7. На рисунке представлен график смещения x тела от положения равновесия с течением времени t при гармонических колебаниях. Чему равны амплитуда x_0 колебаний и период T колебаний?

1) $x_0 = 2$ см, $T = 1$ с

2) $x_0 = 2$ см, $T = 2$ с

3) $x_0 = 2$ см, $T = 4$ с

4) $x_0 = 4$ см, $T = 4$ с



A8. При неизменной концентрации молекул идеального газа средняя квадратичная скорость теплового движения его молекул увеличилась в 4 раза, при этом давление газа

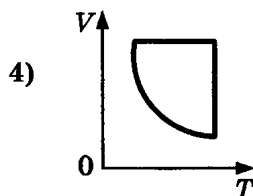
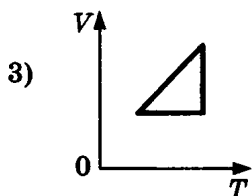
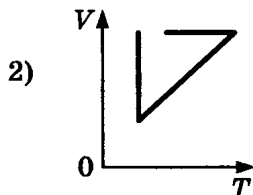
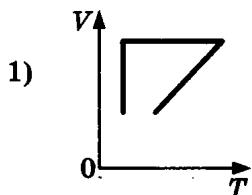
1) увеличилось в 16 раз

2) увеличилось в 2 раза

3) увеличилось в 4 раза

4) не изменилось

A9. Идеальный газ сначала нагревался при постоянном давлении, потом его давление уменьшалось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре объем газа уменьшился до первоначального значения. Какой из графиков на рисунке в координатных осях $V-T$ соответствует этим изменениям состояния газа?



A15. Квадратная рамка вращается в однородном магнитном поле вокруг одной из своих сторон. Первый раз ось вращения совпадает с направлением вектора магнитной индукции, второй раз перпендикулярна ему. Ток в рамке

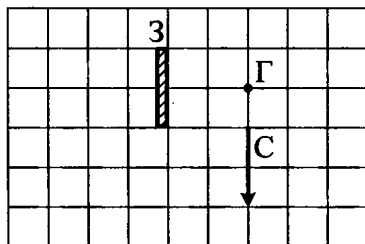
- 1) возникает в обоих случаях
- 2) не возникает ни в одном из случаев
- 3) возникает только в первом случае
- 4) возникает только во втором случае

A16. В колебательном контуре из конденсатора электроемкостью 50 мкФ и катушки индуктивностью 2 Гн циклическая частота ω свободных электромагнитных колебаний равна

- 1) 100 с^{-1}
- 2) 10 с^{-1}
- 3) $0,1 \text{ с}^{-1}$
- 4) $0,01 \text{ с}^{-1}$

A17. В плоском зеркале З наблюдается изображение стрелки С, глаз находится в точке Г. Какая часть изображения стрелки видна глазу?

- 1) Вся стрелка
- 2) $\frac{1}{2}$
- 3) $\frac{1}{4}$
- 4) Не видна вообще



A18. Изменяются ли частота и длина волны света при его переходе из вакуума в воду? Выберите верное утверждение.

- 1) Длина волны уменьшается, частота увеличивается
- 2) Длина волны увеличивается, частота уменьшается
- 3) Длина волны уменьшается, частота не изменяется
- 4) Длина волны увеличивается, частота не изменяется

A19. На пленке фотоаппарата получено уменьшенное изображение предмета. На основании этого можно утверждать, что объектив в виде собирающей линзы при фотографировании находился от фотопленки на расстоянии

- 1) равном фокусному
- 2) меньше фокусного
- 3) больше фокусного, но меньше двух фокусных
- 4) больше двух фокусных

A20. Электроскоп соединен с цинковой пластиной и заряжен отрицательным зарядом. При освещении пластины ультрафиолетовым светом электроскоп разряжается. С уменьшением частоты света при неизменной мощности светового потока максимальная кинетическая энергия освобождаемых электронов

- 1) не изменяется
- 2) уменьшается
- 3) увеличивается
- 4) сначала уменьшается, затем увеличивается

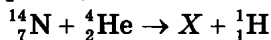
A21. Может ли ядро атома одного химического элемента самопроизвольно превратиться в ядро атома другого химического элемента?

- 1) Может любое ядро
- 2) Не может никакое ядро
- 3) Могут только ядра атомов радиоактивных изотопов
- 4) Могут только ядра атомов, стоящие за ураном в таблице Д.И. Менделеева

A22. При освещении металлической пластины монохроматическим светом с частотой ν происходит фотоэлектрический эффект. Максимальная кинетическая энергия освобождаемых электронов равна 2 эВ. При освещении этой пластины монохроматическим светом с частотой 2ν значение максимальной кинетической энергии фотоэлектронов будет

- 1) 1 эВ
- 2) 4 эВ
- 3) больше 2 эВ, но меньше 4 эВ
- 4) больше 4 эВ

A23. При столкновении α -частицы с ядром атома азота произошла ядерная реакция:



Ядро какого изотопа X было получено в этой реакции?

- | | |
|------------------------|----------------------------|
| 1) ${}^{17}_8\text{O}$ | 2) ${}^{16}_8\text{O}$ |
| 3) ${}^{19}_9\text{F}$ | 4) ${}^{20}_{10}\text{Ne}$ |

A24. Как изменится емкость конденсатора, если заряд на его обкладках увеличить в 2 раза?

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1) Увеличится в 2 раза | 2) Уменьшится в 2 раза |
| 3) Не изменится | 4) Увеличится в 4 раза |

A25. Вагон массой m , движущийся со скоростью v , сталкивается с неподвижным вагоном массой $2m$. Каким суммарным импульсом обладают два вагона после столкновения? Взаимодействие вагонов с другими телами пренебрежимо мало.

- 1) 0 2) $\frac{mv}{3}$ 3) $\frac{mv}{2}$ 4) mv

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. Гирия массой 2 кг подвешена на длинном тонком шнуре. Если ее отклонить от положения равновесия на 10 см, а затем отпустить, она совершает свободные колебания как математический маятник с периодом 1 с. Что произойдет с периодом, максимальной потенциальной энергией гири и частотой ее колебаний, если начальное отклонение гири будет равно 20 см?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период	Частота колебаний	Максимальная потенциальная энергия

В2. Камень брошен вертикально вверх. Изменяются ли перечисленные в первом столбце физические величины во время его движения вверх и если изменяются, то как? Установите соответствие между физическими величинами, перечисленными в первом столбце, и возможными видами их изменений, перечисленными во втором столбце. Влиянием сопротивления воздуха пренебречь.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) Скорость
 Б) Ускорение
 В) Кинетическая энергия
 Г) Потенциальная энергия

ИХ ИЗМЕНЕНИЯ

- 1) Не изменяется
 2) Увеличивается
 3) Уменьшается

А	Б	В	Г

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- В3.** Температура небольшого свинцового шара при падении на массивную стальную плиту с высоты 6,5 м повысилась на 0,5 °С. Пренебрегая потерями энергии на теплопередачу окружающим телам, определите по результату этого эксперимента удельную теплоемкость свинца. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с². Ответ запишите числом, выраженным в Дж/(кг·К).
- В4.** Вычислите силу тока в цепи при подключении к источнику постоянного тока с ЭДС 6 В и внутренним сопротивлением 1 Ом резистора с электрическим сопротивлением 2 Ом. Ответ запишите числом, выраженным в амперах.
- В5.** Фокусное расстояние собирающей линзы 15 см. На каком расстоянии от линзы находится изображение предмета, расположенного на расстоянии 20 см от линзы? Ответ запишите числом, выраженным в сантиметрах.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

- С1.** В эксперименте установлено, что при температуре воздуха в комнате 23 °С на стенке стакана с холодной водой

начинается конденсация паров воды из воздуха, если снизить температуру стакана до $12\text{ }^{\circ}\text{C}$. По результатам этих экспериментов определите абсолютную и относительную влажность воздуха. Для решения задачи воспользуйтесь таблицей. Поясните, почему конденсация паров воды в воздухе может начинаться при различных значениях температуры.

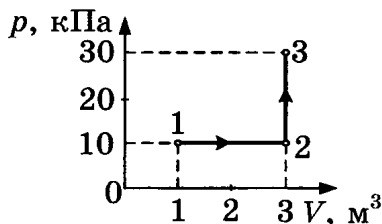
Давление и плотность насыщенного водяного пара при различной температуре

$t, ^{\circ}\text{C}$	7	9	11	12	13	14	15	16
$p, \text{гПа}$	10	11	13	14	15	16	17	18
$\rho, \text{г/м}^3$	7,7	8,8	10,0	10,7	11,4	12,11	12,8	13,6

$t, ^{\circ}\text{C}$	19	21	23	25	27	29	40	60
$p, \text{гПа}$	22	25	28	32	36	40	74	200
$\rho, \text{г/м}^3$	16,3	18,4	20,6	23,0	25,8	28,7	51,2	130,5

Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2.** В аттракционе человек массой 70 кг движется на тележке по рельсам и совершает «мертвую петлю» в вертикальной плоскости. С какой скоростью движется тележка в верхней точке круговой траектории радиусом 5 м , если в этой точке сила давления человека на сидение тележки равна 700 Н ? Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 .
- С3.** На диаграмме представлены изменения давления и объема идеального одноатомного газа. Какое количество теплоты было получено или отдано газом при переходе из состояния 1 в состояние 3?



- С4.** При коротком замыкании выводов аккумулятора сила тока в цепи равна 12 А. При подключении к выводам аккумулятора электрической лампы электрическим сопротивлением 5 Ом сила тока в цепи равна 2 А. По результатам этих экспериментов определите ЭДС аккумулятора.
- С5.** У самой поверхности воды в реке летит комар, стая рыб находится на расстоянии 2 м от поверхности воды. Каково максимальное расстояние до комара, на котором он еще виден рыбам на этой глубине? Относительный показатель преломления света на границе воздух–вода равен 1,33.
- С6.** Фотоэффект с поверхности данного металла наблюдается при частоте излучения не менее $6 \cdot 10^{14}$ Гц. Найдите частоту падающего света, если вылетающие с поверхности металла фотоэлектроны полностью задерживаются сеткой, потенциал которой относительно металла составляет 3 В.

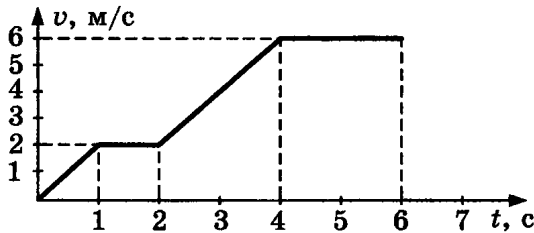
ВАРИАНТ 2

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (А1–А25) поставьте знак «x» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

А1. На рисунке представлен график зависимости модуля скорости автомобиля от времени t . Определите по графику путь, пройденный автомобилем в интервале от момента времени 0 с до момента времени 5 с после начала движения.

- 1) 6 м
2) 15 м
3) 17 м
4) 23 м



А2. Космический корабль улетает от Земли. Как направлен вектор ускорения корабля в тот момент, когда вектор силы гравитационного притяжения Земли направлен под углом 120° к вектору скорости корабля? Действие остальных тел на корабль пренебрежимо мало.

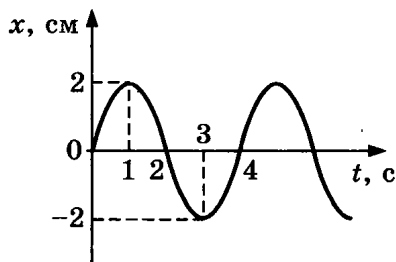
- 1) По направлению вектора скорости
2) По направлению вектора силы
3) Противоположно вектору скорости
4) По направлению суммы векторов силы и скорости

А3. Под действием одной силы \vec{F}_1 тело движется с ускорением 4 м/с^2 . Под действием другой силы \vec{F}_2 , направленной противоположно силе \vec{F}_1 , ускорение тела равно 3 м/с^2 . При одновременном действии сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 тело будет двигаться с ускорением

- 1) 0 м/с^2
2) 1 м/с^2
3) 5 м/с^2
4) 7 м/с^2

A7. На рисунке представлен график зависимости координаты x тела от времени t при гармонических колебаниях вдоль оси Ox . Чему равны амплитуда x_0 колебаний и частота ν колебаний?

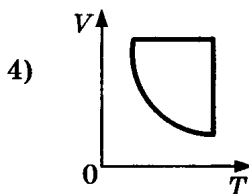
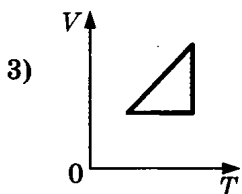
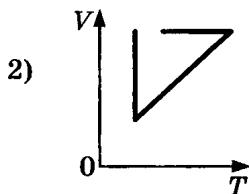
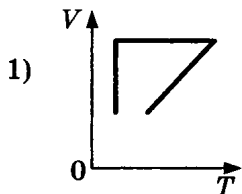
- 1) $x_0 = 2$ см, $\nu = 1$ Гц
- 2) $x_0 = 2$ см, $\nu = 4$ Гц
- 3) $x_0 = 2$ см, $\nu = 0,25$ Гц
- 4) $x_0 = 4$ см, $\nu = 0,25$ Гц



A8. При неизменной концентрации молекул идеального газа средняя квадратичная скорость теплового движения его молекул уменьшилась в 4 раза. При этом давление газа

- 1) уменьшилось в 16 раз
- 2) уменьшилось в 2 раза
- 3) уменьшилось в 4 раза
- 4) не изменилось

A9. Идеальный газ сначала нагревался при постоянном объеме, потом его объем уменьшался при постоянном давлении, затем при постоянной температуре объем газа увеличился до первоначального значения. Какой из графиков в координатных осях $V-T$ на рисунке соответствует этим изменениям состояния газа?

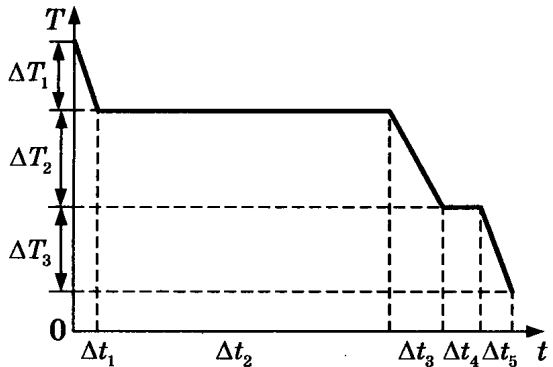


- A10.** Если идеальный газ совершил работу 300 Дж и при этом внутренняя энергия газа уменьшилась на 300 Дж, то газ в этом процессе
- 1) отдал 600 Дж
 - 2) отдал 300 Дж
 - 3) получил 300 Дж
 - 4) не отдал и не получил теплоту

- A11.** Тепловая машина с КПД 40% за цикл работы отдает холодильнику 60 Дж. Какое количество теплоты за цикл машина получает от нагревателя?
- 1) 100 Дж
 - 2) 160 Дж
 - 3) 120 Дж
 - 4) 140 Дж

- A12.** На рисунке представлен график зависимости температуры T воды массой m от времени t при осуществлении теплоотвода с постоянной мощностью P . В момент времени $t = 0$ вода находилась в газообразном состоянии. Какое из приведенных ниже выражений определяет удельную теплоемкость льда по результатам этого опыта?

- 1) $\frac{P \cdot \Delta t_5}{m \cdot \Delta T_3}$
- 2) $\frac{P \cdot \Delta t_2}{m}$
- 3) $\frac{P \cdot \Delta t_3}{m \cdot \Delta T_2}$
- 4) $\frac{P \cdot \Delta t_4}{m'}$

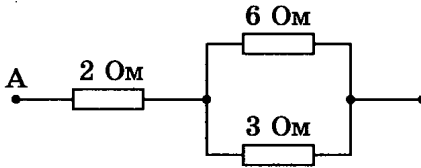


- A13.** Модуль силы взаимодействия между двумя точечными заряженными телами равен F . Чему станет равен модуль силы взаимодействия между телами, если заряд каждого тела уменьшить в n раз и расстояние между телами уменьшить в n раз?

- 1) nF
- 2) F
- 3) $\frac{F}{n^2}$
- 4) $\frac{F}{n^4}$

A14. Сопротивление цепи на рисунке равно

- 1) 11 Ом
- 2) 6 Ом
- 3) 4 Ом
- 4) 1 Ом



A15. Прямолинейный проводник длиной 0,5 м, по которому течет ток 6 А, находится в однородном магнитном поле. Модуль вектора магнитной индукции 0,2 Тл, проводник расположен под углом 30° к вектору \vec{B} . Сила, действующая на проводник со стороны магнитного поля, равна

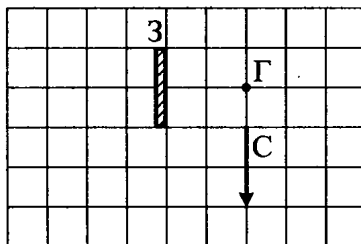
- 1) 0,075 Н
- 2) 0,3 Н
- 3) 0,6 Н
- 4) 120 Н

A16. В колебательном контуре из конденсатора электроемкостью 2 мкФ и катушки происходят свободные электромагнитные колебания с циклической частотой $\omega = 1000 \text{ с}^{-1}$. При амплитуде колебаний силы тока в контуре 0,01 А амплитуда колебаний напряжения на конденсаторе равна

- 1) $2 \cdot 10^{-5}$ В
- 2) 0,05 В
- 3) 0,02 В
- 4) 5 В

A17. В плоском зеркале З наблюдается изображение стрелки С, глаз находится в точке Г. Какая часть изображения стрелки в зеркале не видна глазу?

- 1) Все изображение стрелки не видно
- 2) Не видно 0,5 изображения стрелки
- 3) Не видно 0,25 изображения стрелки
- 4) Видно все изображение стрелки



- A18.** Свет от двух точечных когерентных монохроматических источников приходит в точку 1 экрана с разностью фаз $\Delta = \frac{3}{2}\lambda$, в точку 2 экрана с разностью фаз $\Delta = \frac{\lambda}{2}$. Одинакова ли в этих точках освещенность и если не одинакова, то в какой точке больше? Расстояние от источников света до экрана значительно больше длины волны.
- 1) Одинакова и отлична от нуля
 - 2) Одинакова и равна нулю
 - 3) Не одинакова, больше в точке 1
 - 4) Не одинакова, больше в точке 2
- A19.** На пленке фотоаппарата получено изображение предмета в натуральную величину. На основании этого можно утверждать, что объектив при фотографировании находился от фотопленки на расстоянии
- 1) равном фокусному расстоянию
 - 2) равном двум фокусным расстояниям
 - 3) больше фокусного, но меньше двух фокусных расстояний
 - 4) больше двух фокусных расстояний
- A20.** Если электроскоп соединен с цинковой пластиной и заряжен отрицательным зарядом, то при освещении пластины ультрафиолетовым светом электроскоп разряжается. С уменьшением длины световой волны при неизменной мощности светового потока максимальная кинетическая энергия выбиваемых электронов
- 1) уменьшается
 - 2) не изменяется
 - 3) увеличивается
 - 4) сначала уменьшается, затем увеличивается
- A21.** Для какой цели в ядерных реакторах применяются замедлители?
- 1) Замедление нейтронов уменьшает вероятность деления ядер урана
 - 2) Замедление нейтронов увеличивает вероятность деления ядер нейтронами
 - 3) Для замедления осколков атомных ядер
 - 4) Для замедления скорости протекания цепной ядерной реакции

A22. При освещении металлической пластины монохроматическим светом с частотой ν происходит фотоэлектрический эффект, максимальная кинетическая энергия освобождаемых электронов равна 2 эВ. Каким будет значение максимальной кинетической энергии фотоэлектронов при освещении этой пластины монохроматическим светом с частотой $0,5\nu$, если фотоэффект происходит?

- 1) 1 эВ
- 2) 4 эВ
- 3) Больше 1 эВ, но меньше 2 эВ
- 4) Меньше 1 эВ

A23. В результате столкновения α -частицы с ядром атома бериллия ${}^9_4\text{Be}$ образовалось ядро атома углерода ${}^{12}_6\text{C}$ и освобождена какая-то элементарная частица. Эта частица —

- 1) нейтрон
- 2) протон
- 3) электрон
- 4) нейтрино

A24. Если заряд на обкладках конденсатора уменьшить в 2 раза, то его емкость

- 1) увеличится в 2 раза
- 2) не изменится
- 3) уменьшится в 2 раза
- 4) уменьшится в 4 раза

A25. Атом массой m , движущийся со скоростью v , столкнулся с неподвижным атомом массой $2m$. Каким суммарным импульсом обладают два атома после столкновения?

- 1) $\frac{mv}{3}$
- 2) $\frac{mv}{2}$
- 3) mv
- 4) $3mv$

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. Гири массой 2 кг подвешена на тонком шнуре. Если её отклонить от положения равновесия на 10 см, а затем отпустить, она совершает свободные колебания как математический маятник. Что произойдет с периодом колебаний гири, максимальной потенциальной энергией гири и частотой ее колебаний, если начальное отклонение гири будет равно 5 см?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период	Частота колебаний	Максимальная потенциальная энергия гири

В2. Камень свободно падает вертикально вниз. Изменяются ли перечисленные в первом столбце физические величины во время его движения вниз и если изменяются, то как? Установите соответствие между физическими величинами, перечисленными в первом столбце, и возможными видами их изменений, перечисленными во втором столбце. Влиянием сопротивления воздуха пренебречь.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) Скорость
- Б) Ускорение
- В) Кинетическая энергия
- Г) Потенциальная энергия

ИХ ИЗМЕНЕНИЯ

- 1) Не изменяется
- 2) Увеличивается
- 3) Уменьшается

А	Б	В	Г

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

В3. Температура небольшого свинцового шара при падении на массивную стальную плиту повысилась на 1°C . Пренебрегая потерями энергии на теплопередачу окружающим телам, определите по результату этого эксперимента высоту, с которой упал шар. Удельная теплоемкость свинца $130 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$. Ускорение свободного падения принять равным $10 \text{ м}/\text{с}^2$. Ответ запишите числом, выраженным в метрах.

- В4.** Вычислите силу тока в цепи при подключении к источнику постоянного тока с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 2 Ом резистора с электрическим сопротивлением 4 Ом. Ответ запишите числом, выраженным в амперах.
- В5.** Фокусное расстояние собирающей линзы 15 см. На каком расстоянии от линзы находится предмет, действительное изображение которого получено на расстоянии 60 см от линзы? Ответ запишите числом, выраженным в сантиметрах.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

- С1.** В эксперименте установлено, что при температуре воздуха в комнате 25 °С на стенке стакана с холодной водой начинается конденсация паров воды из воздуха, если снизить температуру стакана до 14 °С. По результатам этих экспериментов определите относительную влажность воздуха. Для решения задачи воспользуйтесь таблицей. Изменится ли относительная влажность при повышении температуры воздуха в комнате, если конденсация паров воды из воздуха будет начинаться при той же температуре стакана 14 °С?

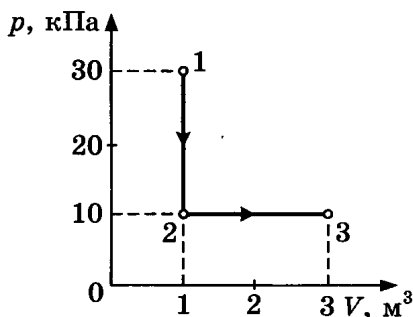
Давление и плотность насыщенного водяного пара при различной температуре

$t, ^\circ\text{C}$	7	9	11	12	13	14	15	16
$p, \text{гПа}$	10	11	13	14	15	16	17	18
$\rho, \text{г/м}^3$	7,7	8,8	10,0	10,7	11,4	12,11	12,8	13,6

$t, ^\circ\text{C}$	19	21	23	25	27	29	40	60
$p, \text{гПа}$	22	25	28	32	36	40	74	200
$\rho, \text{г/м}^3$	16,3	18,4	20,6	23,0	25,8	28,7	51,2	130,5

Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2. В аттракционе человек массой 60 кг движется на тележке по рельсам и совершает «мертвую петлю» в вертикальной плоскости по круговой траектории радиусом 5 м. Какова сила давления человека на сидение тележки при скорости прохождения нижней точки 10 м/с? Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 .
- С3. На диаграмме представлены изменения давления и объема идеального одноатомного газа. Какое количество теплоты было получено или отдано газом при переходе из состояния 1 в состояние 3?



- С4. Катод фотоэлемента с работой выхода $4,42 \cdot 10^{-19}$ Дж освещается светом частотой $1,0 \cdot 10^{15}$ Гц. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией $8,3 \cdot 10^{-4}$ Тл перпендикулярно линиям индукции этого поля. Чему равен максимальный радиус окружности R , по которой движутся электроны?
- С5. Бассейн глубиной 4 м заполнен водой, относительный показатель преломления на границе воздух—вода 1,33. Какой кажется глубина бассейна наблюдателю, смотрящему в воду вертикально вниз?
- С6. Используя таблицы в начале и таблицу масс атомных ядер, вычислите энергию, освобождающуюся при синтезе 1 кг гелия из изотопов водорода — дейтерия и трития:
- $${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$$

Массы атомных ядер

Атомный номер	Название элемента	Символ изотопа	Масса атомного ядра изотопа	
			кг	а.е.м.
1	водород	${}^1_1\text{H}$	$1,6726 \cdot 10^{-27}$	1,00727
1	водород	${}^2_1\text{H}$	$3,3437 \cdot 10^{-27}$	2,01355
1	водород	${}^3_1\text{H}$	$5,0075 \cdot 10^{-27}$	3,01550
2	гелий	${}^3_2\text{He}$	$5,0066 \cdot 10^{-27}$	3,01493
2	гелий	${}^4_2\text{He}$	$6,6449 \cdot 10^{-27}$	4,00151
13	алюминий	${}^{27}_{13}\text{Al}$	$44,7937 \cdot 10^{-27}$	26,97441
15	фосфор	${}^{31}_{15}\text{P}$	$49,7683 \cdot 10^{-27}$	29,97008

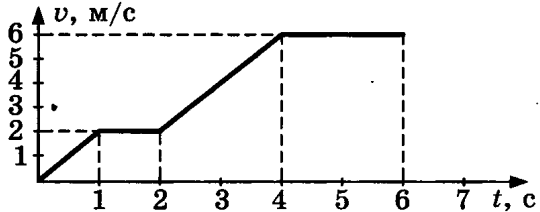
ВАРИАНТ 3

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «x» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1. На рисунке представлен график зависимости модуля v скорости тела от времени t . Какой путь был пройден телом за вторую секунду?

- 1) 0 м
- 2) 1 м
- 3) 2 м
- 4) 3 м



A2. Самолет выполняет фигуру высшего пилотажа «мертвая петля». Как направлен вектор ускорения самолета в тот момент времени, когда вектор равнодействующей всех сил направлен вертикально вверх к центру окружности, а вектор скорости самолета направлен горизонтально?

- 1) Вертикально вверх
- 2) По направлению вектора скорости
- 3) Противоположно вектору скорости
- 4) Вертикально вниз

A3. Тело подвешено на двух нитях и находится в равновесии. Угол между нитями равен 90° , а силы натяжения нитей равны 3 Н и 4 Н. Вес тела равен

- 1) 1 Н
- 2) 5 Н
- 3) 7 Н
- 4) 25 Н

A4. Груз массой m на пружине, совершая свободные колебания, проходит положение равновесия со скоростью v . Через половину периода колебаний он проходит положение равновесия, двигаясь в противоположном направлении с такой же по модулю скоростью v . Модуль изменения кинетической энергии груза за это время равен

- 1) mv^2
- 2) $2mv^2$
- 3) $\frac{mv^2}{2}$
- 4) 0

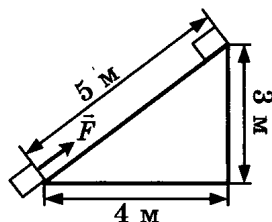
А5. Тело массой 2 кг под действием силы \vec{F} перемещается вверх по наклонной плоскости на расстояние $l = 5$ м, расстояние тела от поверхности Земли при этом увеличивается на $h = 3$ м. Вектор силы \vec{F} направлен параллельно наклонной плоскости, модуль силы \vec{F} равен 30 Н. Какую работу при этом перемещении совершила сила \vec{F} против действия силы трения? Ускорение свободного падения примите равным 10 м/с^2 , коэффициент трения $\mu = 0,5$.

1) 150 Дж

2) 60 Дж

3) 40 Дж

4) -40 Дж



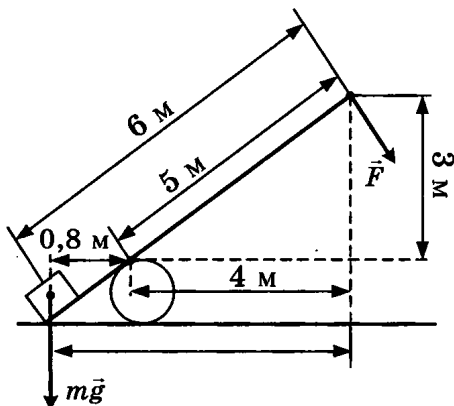
А6. Под действием силы тяжести $m\vec{g}$ груза и силы \vec{F} рычаг, представленный на рисунке, находится в равновесии. Вектор силы \vec{F} перпендикулярен рычагу. Расстояния между точками приложения сил и точкой опоры, а также проекции этих расстояний на вертикальную и горизонтальную оси указаны на рисунке. Если модуль силы тяжести, действующей на груз, равен 1500 Н, то модуль силы \vec{F} равен

1) 240 Н

2) 360 Н

3) 6000 Н

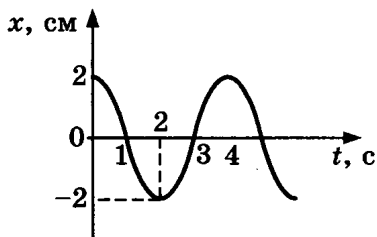
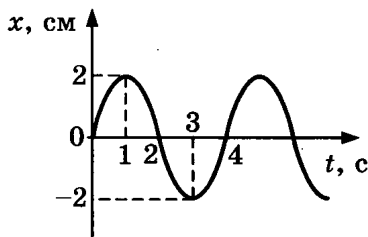
4) 7500 Н



A7. На графиках представлена зависимость координаты x центров масс тела a и тела b от времени t при гармонических колебаниях вдоль оси Ox . На каком расстоянии друг от друга находятся центры масс тел a и b в момент времени 0 с?

- 1) 4 см
3) 0 см

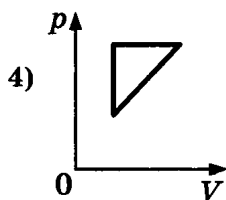
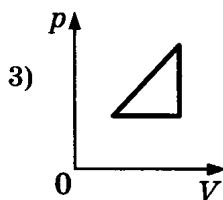
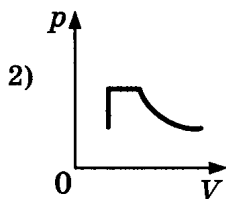
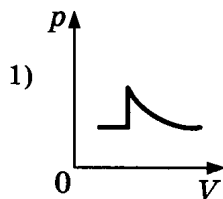
- 2) 2 см
4) -2 см



A8. При неизменной концентрации молекул идеального газа была увеличена в 4 раза. При этом давление газа

- 1) увеличилось в 4 раза
2) увеличилось в 2 раза
3) не изменилось
4) уменьшилось в 4 раза

A9. Идеальный газ нагревался при постоянном давлении, потом его давление увеличивалось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре давление газа уменьшилось до первоначального значения. Этим изменениям состояния газа соответствует график на рисунке



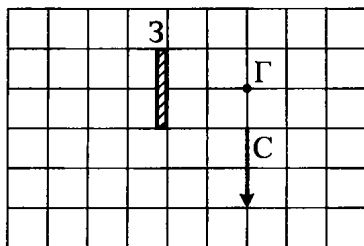
- A10.** Идеальный газ получил количество теплоты 300 Дж и совершил работу 100 Дж. При этом внутренняя энергия газа
- 1) увеличилась на 400 Дж
 - 2) увеличилась на 200 Дж
 - 3) уменьшилась на 200 Дж
 - 4) уменьшилась на 400 Дж
- A11.** Идеальная тепловая машина за цикл работы получает от нагревателя 100 Дж и отдает холодильнику 40 Дж. КПД тепловой машины равен
- 1) 40%
 - 2) 60%
 - 3) ~29%
 - 4) ~43%
- A12.** При теплопередаче твердому телу массой m количества теплоты Q температура тела повысилась на ΔT . Какое из приведенных ниже выражений определяет удельную теплоемкость вещества этого тела?
- 1) $\frac{Q}{m}$
 - 2) $\frac{Q}{\Delta T}$
 - 3) $\frac{Q}{m\Delta T}$
 - 4) $Qm\Delta T$
- A13.** Капля, имеющая положительный заряд $+e$, при освещении потеряла один электрон. Каким стал заряд капли?
- 1) 0
 - 2) $-2e$
 - 3) $+2e$
 - 4) $+e$
- A14.** Резистор 1 с электрическим сопротивлением 3 Ом и резистор 2 с электрическим сопротивлением 6 Ом включены последовательно в цепь постоянного тока. Чему равно отношение количества теплоты, выделяющегося на резисторе 1, к количеству теплоты, выделяющемуся на резисторе 2 за одинаковое время?
- 1) $\frac{1}{2}$
 - 2) 2
 - 3) 4
 - 4) $\frac{1}{4}$
- A15.** Какое явление наблюдалось в опыте Эрстеда?
- 1) Взаимодействие двух параллельных проводников с током
 - 2) Взаимодействие двух магнитных стрелок
 - 3) Поворот магнитной стрелки вблизи проводника при пропускании через него тока
 - 4) Возникновение электрического тока в катушке при вдвигании в нее магнита

A16. В колебательном контуре из конденсатора и катушки индуктивностью $0,5 \text{ Гн}$ происходят свободные электромагнитные колебания с циклической частотой $\omega = 1000 \text{ с}^{-1}$. Амплитуда колебаний силы тока в контуре $0,01 \text{ А}$. Амплитуда колебаний напряжения на катушке равна

- 1) $2 \cdot 10^{-5} \text{ В}$
- 2) $0,05 \text{ В}$
- 3) $0,02 \text{ В}$
- 4) 5 В

A17. В плоском зеркале Z наблюдается изображение стрелки C , глаз находится в точке Γ . На какое минимальное количество клеток и в каком направлении следует переместить стрелку, чтобы её изображение в зеркале не было видно глазу?

- 1) Стрелка и так не видна глазу
- 2) На 1 клетку вправо
- 3) На 1 клетку влево
- 4) На 1 клетку вниз



A18. Свет от двух точечных когерентных монохроматических источников приходит в точку 1 экрана с разностью фаз

$$\Delta = \frac{3}{2}\lambda, \text{ в точку 2 экрана с разностью фаз } \Delta = \lambda. \text{ Одина-$$

кова ли в этих точках освещенность и если не одинакова, то в какой точке она больше?

- 1) Одинакова и отлична от нуля
- 2) Одинакова и равна нулю
- 3) Не одинакова, больше в точке 1
- 4) Не одинакова, больше в точке 2

A19. На сетчатке глаза изображение предметов получается

- 1) увеличенным прямым
- 2) увеличенным перевернутым
- 3) уменьшенным прямым
- 4) уменьшенным перевернутым

A20. Незаряженная изолированная от других тел металлическая пластина освещается ультрафиолетовым светом. Заряд какого знака будет иметь эта пластина в результате фотоэффекта?

- 1) Положительный
- 2) Отрицательный
- 3) Пластина останется нейтральной
- 4) Знак заряда зависит от времени освещения

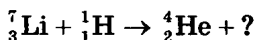
A21. Какой вид ионизирующих излучений из перечисленных ниже наиболее опасен при внешнем облучении человека?

- 1) Альфа-излучение
- 2) Бета-излучение
- 3) Гамма-излучение
- 4) Все одинаково опасны

A22. Какое из приведенных ниже высказываний правильно описывает способность атома к излучению и поглощению фотонов?

- 1) Атом может поглощать и излучать фотоны с любой частотой
- 2) Атом может поглощать фотоны с любой частотой, излучать фотоны лишь с некоторыми определенными значениями частоты
- 3) Атом может поглощать фотоны лишь с некоторыми определенными значениями частоты, излучать фотоны с любой частотой
- 4) Атом может поглощать и излучать фотоны только с некоторыми определенными значениями частоты

A23. Укажите второй продукт ядерной реакции



- 1) 1_0n
- 2) e
- 3) ${}^1_1\text{H}$
- 4) ${}^4_2\text{He}$

A24. При подключении к источнику постоянного тока заряд на одной обкладке плоского электрического конденсатора равен q . Какой заряд будет на одной обкладке конденсатора с таким же диэлектриком и таким же расстоянием между обкладками, но в 4 раза меньшей площадью пластин при подключении к тому же источнику постоянного тока?

- 1) $\frac{q}{4}$
- 2) $\frac{q}{2}$
- 3) $2q$
- 4) $4q$

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

- А) Нагревание льда
- Б) Плавление льда
- В) Нагревание жидкой воды

ИЗМЕНЕНИЕ ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ

- 1) Остается неизменной
- 2) Увеличивается
- 3) Уменьшается

А	Б	В

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- В3.** Небольшой свинцовый шар упал на массивную стальную плиту с высоты 26 м. Пренебрегая потерями энергии на теплопередачу окружающим телам, вычислите, на сколько градусов повысилась температура свинца при ударе. Удельная теплоемкость свинца 130 Дж/(кг·К). Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с². Ответ запишите числом, выраженным в градусах Цельсия.
- В4.** При подключении к источнику постоянного тока с ЭДС 12 В резистора с электрическим сопротивлением 4 Ом сила тока в цепи равна 2 А. Вычислите внутреннее сопротивление источника тока. Ответ запишите числом, выраженным в Омах.
- В5.** Фокусное расстояние собирающей линзы 15 см. На каком расстоянии от линзы находится изображение предмета, расположенного на расстоянии 60 см от линзы? Ответ запишите числом, выраженным в сантиметрах.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

- С1.** В эксперименте установлено, что при температуре воздуха в комнате $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ на стенке стакана с холодной водой начинается конденсация паров воды из воздуха, если снизить температуру стакана до $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. По результатам этих экспериментов определите относительную влажность воздуха. Для решения задачи воспользуйтесь таблицей. При понижении температуры воздуха в комнате конденсация паров воды из воздуха начинается при той же температуре стакана $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Изменилась ли относительная влажность воздуха?

**Давление и плотность насыщенного водяного пара
при различной температуре**

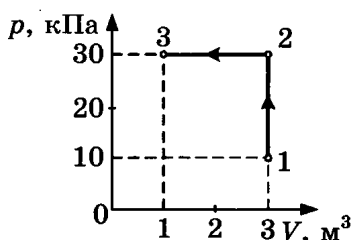
$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	7	9	11	12	13	14	15	16
$p, \text{ гПа}$	10	11	13	14	15	16	17	18
$\rho, \text{ г/м}^3$	7,7	8,8	10,0	10,7	11,4	12,11	12,8	13,6

$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	19	21	23	25	27	29	40	60
$p, \text{ гПа}$	22	25	28	32	36	40	74	200
$\rho, \text{ г/м}^3$	16,3	18,4	20,6	23,0	25,8	28,7	51,2	130,5

Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2.** В аттракционе человек массой 70 кг движется на тележке по рельсам и совершает «мертвую петлю» в вертикальной плоскости. Каков радиус круговой траектории, если в верхней точке сила давления человека на сидение тележки равна 700 Н при скорости движения тележки 10 м/с ? Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 .

- С3.** На диаграмме представлены изменения давления и объема идеального одноатомного газа. Какое количество теплоты было получено или отдано газом при переходе из состояния 1 в состояние 3?



- С4. При коротком замыкании выводов аккумулятора сила тока в цепи равна 12 А. При подключении к выводам аккумулятора электрической лампы электрическим сопротивлением 5 Ом сила тока в цепи равна 2 А. По результатам этих экспериментов определите внутреннее сопротивление аккумулятора.
- С5. Электрон влетает в однородное магнитное поле с индукцией $4 \cdot 10^{-4}$ Тл перпендикулярно линиям индукции этого поля и движется по окружности радиуса $R = 10$ мм. Вычислите скорость электрона.
- С6. Используя таблицы в начале и таблицу масс атомных ядер, вычислите энергию, освобождающуюся при осуществлении ядерной реакции: ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + {}_0^1\text{n}$

Массы атомных ядер

Атомный номер	Название элемента	Символ изотопа	Масса атомного ядра изотопа	
			кг	а.е.м.
1	водород	${}_1^1\text{H}$	$1,6726 \cdot 10^{-27}$	1,00727
1	водород	${}_1^2\text{H}$	$3,3437 \cdot 10^{-27}$	2,01355
1	водород	${}_1^3\text{H}$	$5,0075 \cdot 10^{-27}$	3,01550
2	гелий	${}_2^3\text{He}$	$5,0066 \cdot 10^{-27}$	3,01493
2	гелий	${}_2^4\text{He}$	$6,6449 \cdot 10^{-27}$	4,00151
13	алюминий	${}_{13}^{27}\text{Al}$	$44,7937 \cdot 10^{-27}$	26,97441
15	фосфор	${}_{15}^{30}\text{P}$	$49,7683 \cdot 10^{-27}$	29,97008

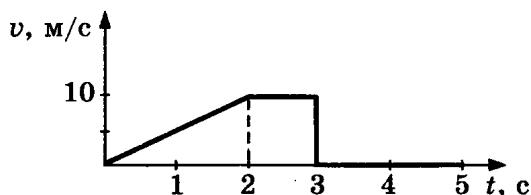
ВАРИАНТ 4

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (А1–А25) поставьте знак «x» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

А1. На рисунке представлен график зависимости модуля скорости v тела от времени t . Найдите путь, пройденный телом за время от момента времени 0 с до момента времени 5 с.

- 1) 0 м
2) 15 м
3) 20 м
4) 30 м

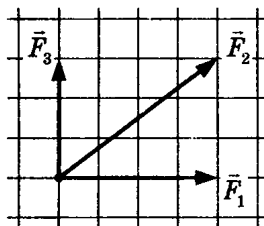


А2. Самолет летит по окружности в горизонтальной плоскости с постоянной по модулю скоростью. Вектор ускорения самолета направлен

- 1) вертикально вверх
2) к центру окружности
3) от центра окружности
4) вертикально вниз

А3. На рисунке представлены три вектора сил, лежащих в одной плоскости и приложенных к одной точке. Масштаб рисунка таков, что сторона одного квадрата сетки соответствует модулю силы 1 Н. Определите модуль вектора равнодействующей трех векторов сил.

- 1) 0 Н
2) 5 Н
3) 10 Н
4) 12 Н

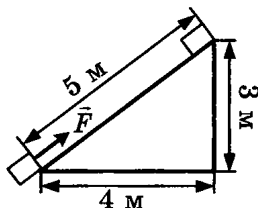


A4. Груз массой m на пружине, совершая свободные колебания, проходит положение равновесия со скоростью v . Через четверть периода колебаний он достигает положения максимального удаления от положения равновесия. Модуль изменения кинетической энергии груза за это время равен

- 1) mv^2 2) $2mv^2$ 3) $\frac{mv^2}{2}$ 4) 0

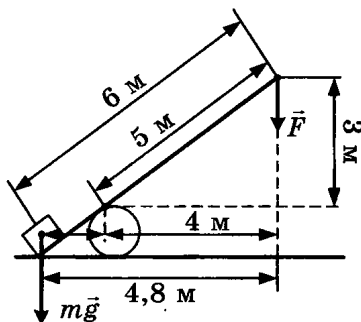
A5. Тело массой 2 кг под действием силы \vec{F} перемещается вверх по наклонной плоскости на расстояние 5 м, расстояние тела от поверхности Земли при этом увеличивается на 3 м. Вектор силы \vec{F} направлен параллельно наклонной плоскости, модуль силы \vec{F} равен 30 Н. Какую работу при этом перемещении совершила сила трения? Ускорение свободного падения 10 м/с^2 , коэффициент трения $\mu = 0,5$.

- 1) 150 Дж
2) 60 Дж
3) 40 Дж
4) -40 Дж



A6. Под действием силы тяжести $m\vec{g}$ груза и силы \vec{F} рычаг, представленный на рисунке, находится в равновесии. Расстояния между точками приложения сил и точкой опоры, а также проекции этих расстояний на вертикальную и горизонтальную оси указаны на рисунке. Если модуль силы тяжести, действующей на груз, равен 1500 Н, то модуль силы \vec{F} равен

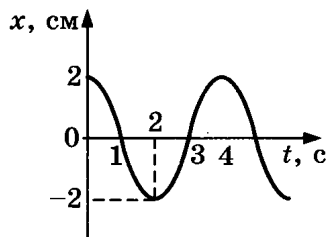
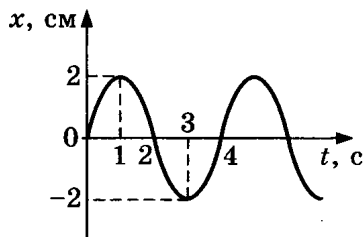
- 1) 250 Н
2) 300 Н
3) 7500 Н
4) 9000 Н



A7. На рисунке представлены графики зависимости координаты x центров масс тела a и тела b от времени t при гармонических колебаниях вдоль оси Ox . На каком расстоянии друг от друга находятся центры масс тел a и b в момент времени $t = 1$ с?

- 1) 4 см
3) 0 см

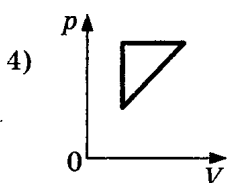
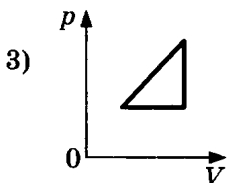
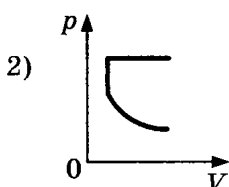
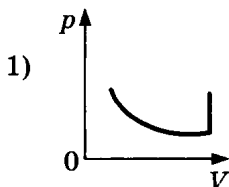
- 2) 2 см
4) -2 см



A8. При уменьшении абсолютной температуры идеального газа в 4 раза средняя квадратичная скорость теплового движения его молекул

- 1) уменьшится в 16 раз
2) уменьшится в 2 раза
3) уменьшится в 4 раза
4) не изменится

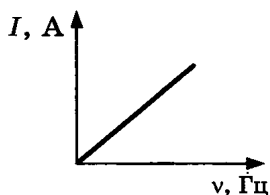
A9. Идеальный газ сначала охлаждался при постоянном давлении, потом его давление уменьшалось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре объем газа увеличился до первоначального значения. Какой из графиков на рисунке в координатных осях p - V соответствует этим изменениям состояния газа?



- A10.** Идеальный газ получил количество теплоты 300 Дж и при этом внутренняя энергия газа увеличилась на 100 Дж. Работа, совершенная газом, равна
- 1) 400 Дж 2) 200 Дж 3) -400 Дж 4) -100 Дж
- A11.** Идеальная тепловая машина с КПД 50% за цикл работы отдает холодильнику 100 Дж. Какое количество теплоты за цикл машина получает от нагревателя?
- 1) 200 Дж 2) 150 Дж 3) 100 Дж 4) 50 Дж
- A12.** Жидкости передано количество теплоты Q при постоянной температуре T . В результате жидкость массой m перешла в газообразное состояние. Какое из приведенных ниже выражений определяет удельную теплоту парообразования этого вещества?
- 1) $\frac{Q}{m}$ 2) $\frac{Q}{m\Delta T}$ 3) $\frac{Q}{T}$ 4) $Q\Delta m\Delta T$
- A13.** Как направлены силы электрического взаимодействия двух точечных отрицательных зарядов и как эти силы зависят от расстояния между зарядами? Выберите верное утверждение.
- 1) Они являются силами отталкивания, убывают обратно пропорционально расстоянию между зарядами
- 2) Они являются силами отталкивания, убывают обратно пропорционально квадрату расстояния между зарядами
- 3) Они являются силами притяжения, убывают обратно пропорционально расстоянию между зарядами
- 4) Они являются силами притяжения, убывают обратно пропорционально квадрату расстояния между зарядами
- A14.** Модуль напряженности однородного электрического поля равен 100 В/м. Какова разность потенциалов между двумя точками, расположенными на одной силовой линии поля на расстоянии 5 см?
- 1) 5 В 2) 20 В 3) 500 В 4) 2000 В
- A15.** При подключении резистора с неизвестным сопротивлением к источнику тока с ЭДС 10 В и внутренним сопротивлением 1 Ом напряжение на выходе источника тока равно 8 В. Сила тока в цепи равна
- 1) 10 А 2) 8 А
- 3) 2 А 4) 1 А

A16. Если, при подключении неизвестного элемента электрической цепи к выходу генератора переменного тока с изменяемой частотой гармонических колебаний при неизменной амплитуде колебаний напряжения, обнаружена зависимость амплитуды колебаний силы тока от частоты, представленная на рисунке, то этот элемент электрической цепи является

- 1) активным сопротивлением
- 2) конденсатором
- 3) катушкой
- 4) последовательно соединенными конденсатором и катушкой



A17. При расположении предмета на расстоянии 25 см от глаза на сетчатке получается его четкое изображение. Как должно измениться фокусное расстояние линзы-хрусталика при приближении предмета к глазу для получения четкого изображения этого предмета?

- 1) Должно увеличиться
- 2) Должно уменьшиться
- 3) Не должно меняться
- 4) Увеличится или уменьшится в зависимости от размера предмета

A18. Какое явление служит доказательством поперечности световых волн?

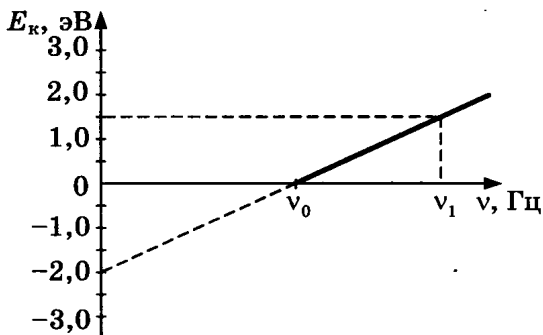
- 1) Интерференция света
- 2) Дифракция света
- 3) Поляризация света
- 4) Дисперсия света

A19. Какие по размерам изображения предметов может давать собирающая линза?

- 1) Только увеличенные
- 2) Только уменьшенные
- 3) Увеличенные, равные и уменьшенные
- 4) Только увеличенные или равные предмету

A20. График на рисунке представляет зависимость максимальной энергии фотоэлектронов от частоты падающих на катод фотонов. Определите по графику энергию фотона с частотой ν_1 .

- 1) 1,5 эВ
- 2) 2,0 эВ
- 3) 3,5 эВ
- 4) 0,5 эВ



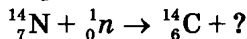
A21. Какое вещество из перечисленных ниже используется в ядерных реакторах в качестве ядерного горючего?

- 1) Уран
- 2) Графит
- 3) Кадмий
- 4) Тяжелая вода

A22. Каким зарядовым числом обладает атомное ядро, возникшее в результате α -распада ядра атома элемента с зарядовым числом Z ?

- | | |
|------------|------------|
| 1) $Z - 1$ | 2) $Z - 2$ |
| 3) $Z - 4$ | 4) $Z + 1$ |

A23. Определите второй продукт ядерной реакции:



- | | |
|----------------------|---------------------|
| 1) ${}^1_0\text{n}$ | 2) ${}^1_1\text{p}$ |
| 3) ${}^4_2\text{He}$ | 4) γ |

A24. Если при гармонических электрических колебаниях в колебательном контуре максимальное значение энергии электрического поля конденсатора равно 5 Дж, максимальное значение энергии магнитного поля катушки 5 Дж, то полная энергия электромагнитного поля контура

- 1) изменяется от 0 Дж до 5 Дж
- 2) изменяется от 0 Дж до 10 Дж
- 3) не изменяется, равна 10 Дж
- 4) не изменяется, равна 5 Дж

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

- А) Охлаждение жидкой воды
- Б) Отвердевание воды
- В) Охлаждение льда

ИЗМЕНЕНИЕ ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ

- 1) Остается неизменной
- 2) Увеличивается
- 3) Уменьшается

А	Б	В

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- В3.** С какой скоростью должен двигаться небольшой оловянный шар для того, чтобы при ударе о массивную стальную плиту без отскока его температура повысилась на $200\text{ }^\circ\text{C}$? В расчетах примите пренебрежимо малыми потери энергии на теплопередачу окружающим телам. Удельная теплоемкость олова $225\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$. Ответ запишите числом, выраженным в метрах в секунду.
- В4.** Вычислите электрическое сопротивление резистора, при подключении которого к источнику постоянного тока с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 2 Ом сила тока в цепи будет равна 2 А . Ответ запишите числом, выраженным в Омах.
- В5.** Фокусное расстояние собирающей линзы 15 см . На каком расстоянии от линзы находится предмет, действительное изображение которого получено на расстоянии 20 см от линзы? Ответ запишите числом, выраженным в сантиметрах.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

- С1.** В эксперименте установлено, что при температуре воздуха в комнате $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ на стенке стакана с холодной водой начинается конденсация паров воды из воздуха, если понизить температуру стакана до $14\text{ }^{\circ}\text{C}$. Какова относительная влажность воздуха? Почему конденсация паров воды в воздухе может начинаться при различных значениях температуры? Для решения задачи воспользуйтесь таблицей.

**Давление и плотность насыщенного водяного пара
при различной температуре**

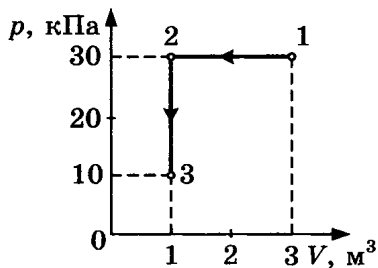
$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	7	9	11	12	13	14	15	16
$p, \text{ гПа}$	10	11	13	14	15	16	17	18
$\rho, \text{ г/м}^3$	7,7	8,8	10,0	10,7	11,4	12,11	12,8	13,6

$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	19	21	23	25	27	29	40	60
$p, \text{ гПа}$	22	25	28	32	36	40	74	200
$\rho, \text{ г/м}^3$	16,3	18,4	20,6	23,0	25,8	28,7	51,2	130,5

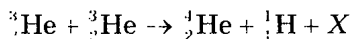
Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2.** В аттракционе человек массой 80 кг движется на тележке по рельсам и совершает «мертвую петлю» в вертикальной плоскости. Каков радиус круговой траектории, если в верхней точке сила давления человека на сидение тележки равна 200 Н при скорости движения тележки $7,5\text{ м/с}$? Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 .

- С3.** На диаграмме представлены изменения давления и объема идеального одноатомного газа. Какое количество теплоты было получено или отдано газом при переходе из состояния 1 в состояние 3?



- C4. При коротком замыкании клемм аккумулятора сила тока в цепи равна 20 А. При подключении к клеммам аккумулятора электрической лампы с электрическим сопротивлением нити 5,4 Ом сила тока в цепи равна 2 А. По этим результатам измерений определите ЭДС и внутреннее сопротивление аккумулятора.
- C5. Бассейн глубиной 3 м заполнен водой, относительный показатель преломления на границе воздух–вода 1,33. Каков радиус светового круга на поверхности воды от электрической лампы на дне бассейна?
- C6. Определите, ядро какого изотопа X освобождается при осуществлении ядерной реакции:



Используя таблицы в начале и таблицу масс атомных ядер, вычислите энергию, освобождающуюся при осуществлении этой ядерной реакции.

Массы атомных ядер

Атомный номер	Название элемента	Символ изотопа	Масса атомного ядра изотопа	
			кг	а.е.м.
1	водород	${}^1_1\text{H}$	$1,6726 \cdot 10^{-27}$	1,00727
1	водород	${}^2_1\text{H}$	$3,3437 \cdot 10^{-27}$	2,01355
1	водород	${}^3_1\text{H}$	$5,0075 \cdot 10^{-27}$	3,01550
2	гелий	${}^3_2\text{He}$	$5,0066 \cdot 10^{-27}$	3,01493
2	гелий	${}^4_2\text{He}$	$6,6449 \cdot 10^{-27}$	4,00151
13	алюминий	${}^{27}_{13}\text{Al}$	$44,7937 \cdot 10^{-27}$	26,97441
15	фосфор	${}^{31}_{15}\text{P}$	$49,7683 \cdot 10^{-27}$	29,97008

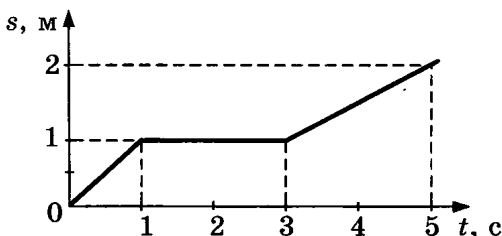
ВАРИАНТ 5

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (А1–А25) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

А1. На рисунке представлен график зависимости пути s , пройденного велосипедистом, от времени t . Определите по графику скорость движения велосипедиста в интервале от момента времени 1 с до момента времени 3 с после начала движения.

- 1) 0 м/с
- 2) $\approx 0,33$ м/с
- 3) 0,5 м/с
- 4) 1 м/с



А2. Шар, подвешенный на нити, движется по круговой траектории в горизонтальной плоскости с постоянной по модулю скоростью, между нитью и вертикалью угол 25° . Вектор ускорения движения шара направлен

- 1) перпендикулярно прямой, вдоль которой расположена нить
- 2) к центру окружности
- 3) от центра окружности
- 4) вертикально вниз

А3. Как движется тело при равенстве нулю суммы всех действующих на него сил? Выберите верное утверждение:

- 1) скорость тела обязательно равна нулю
- 2) скорость тела убывает со временем
- 3) скорость тела постоянна и обязательно не равна нулю
- 4) скорость тела может быть любой, но обязательно постоянной во времени

A4. Камень массой 1 кг брошен вертикально вверх с начальной скоростью 4 м/с. Потенциальная энергия камня от начала движения к тому времени, когда скорость камня уменьшится до 2 м/с, увеличится на

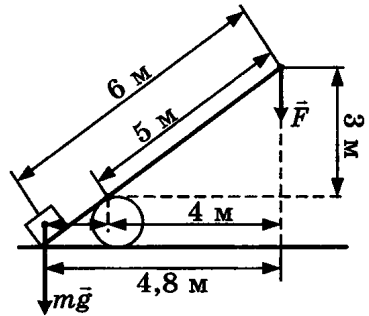
- 1) 2 Дж 2) 4 Дж 3) 6 Дж 4) 12 Дж

A5. Сжатая на 2 см пружина подбрасывает стальной шар вертикально вверх на 20 см. Насколько увеличится высота полета шара при сжатии пружины на 4 см, если вся энергия сжатой пружины передается шару?

- 1) 20 см 2) 40 см 3) 60 см 4) 80 см

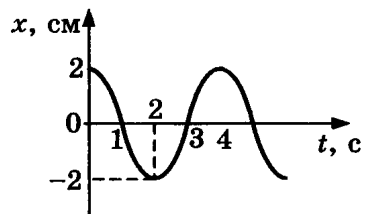
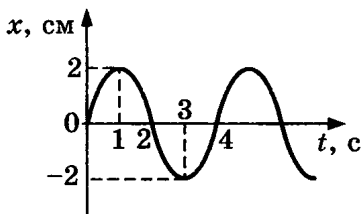
A6. Под действием силы тяжести $m\vec{g}$ груза и силы \vec{F} рычаг, представленный на рисунке, находится в равновесии. Расстояния между точками приложения сил и точкой опоры, а также проекции этих расстояний на вертикальную и горизонтальную оси указаны на рисунке. Если модуль силы \vec{F} равен 300 Н, то модуль силы тяжести, действующей на груз, равен

- 1) 50 Н
2) 60 Н
3) 1500 Н
4) 1800 Н



A7. На рисунке представлены графики зависимости координаты x центров масс тела a и тела b от времени t при гармонических колебаниях вдоль оси Ox . В какой момент времени тело b движется с такой же скоростью, с какой тело a двигалось в момент времени $t = 2$ с?

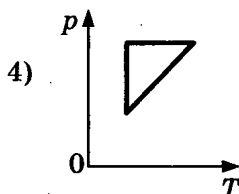
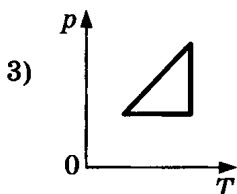
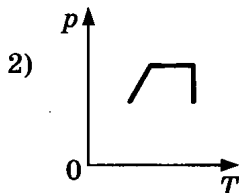
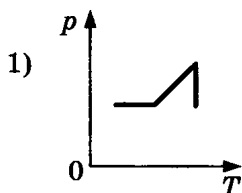
- 1) $t = 0$ с 2) $t = 1$ с 3) $t = 2$ с 4) $t = 3$ с



A8. Если давление идеального газа при постоянной концентрации увеличилось в 2 раза, то это значит, что его абсолютная температура

- 1) увеличилась в 4 раза
- 2) увеличилась в 2 раза
- 3) уменьшилась в 2 раза
- 4) уменьшилась в 4 раза

A9. Идеальный газ сначала нагревался при постоянном давлении, потом его давление увеличивалось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре давление газа уменьшилось до первоначального значения. Какой из графиков в координатных осях p - T на рисунке соответствует этим изменениям состояния газа?



A10. Идеальный газ отдал количество теплоты 300 Дж и при этом внутренняя энергия газа увеличилась на 100 Дж. Работа, совершенная газом равна

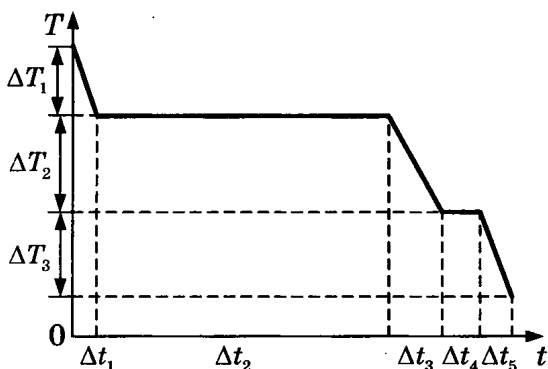
- 1) 400 Дж
- 2) 200 Дж
- 3) -400 Дж
- 4) -200 Дж

A11. Идеальная тепловая машина с КПД 60% за цикл работы получает от нагревателя 100 Дж. Какую полезную работу машина совершает за цикл?

- 1) 40 Дж
- 2) 60 Дж
- 3) 100 Дж
- 4) 160 Дж

A12. На рисунке представлен график зависимости температуры T воды массой m от времени t при осуществлении теплоотвода с постоянной мощностью P . В момент времени $t = 0$ вода находилась в газообразном состоянии. Какое из приведенных ниже выражений определяет удельную теплоемкость жидкой воды по результатам этого опыта?

- 1) $\frac{P\Delta t_1}{m\Delta T_1}$
- 2) $\frac{P\Delta t_2}{m}$
- 3) $\frac{P\Delta t_3}{m\Delta T_2}$
- 4) $\frac{P\Delta t_4}{m}$



A13. Почему зимой в меховой куртке человеку тепло? Выберите верное утверждение.

- 1) Меховая куртка имеет большую массу, в ней сохраняется много тепла из теплого дома. На морозе она понемногу отдает этот запас тепла человеку
- 2) В мехе много воздуха. Теплоемкость воздуха очень велика и имеющееся в мехе тепло передается человеку
- 3) В мехе много воздуха. Воздух обладает малой теплопроводностью, что способствует сохранению тепла, выделяемого телом человека
- 4) Мех обладает способностью повышать температуру любого тела

A14. Резисторы сопротивлениями 3 Ом, 6 Ом и 9 Ом включены последовательно в цепь постоянного тока. Отношение работ электрического тока, совершенных при прохождении тока через эти резисторы за одинаковое время, равно

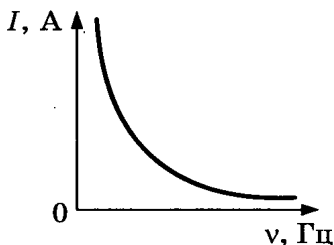
- 1) 1 : 1 : 1
- 2) 1 : 2 : 3
- 3) 3 : 2 : 1
- 4) 1 : 4 : 9

A15. В каком из перечисленных ниже технических устройств используется явление возникновения тока при движении проводника в магнитном поле?

- 1) Электромагнит
- 2) Электродвигатель
- 3) Электрогенератор
- 4) Амперметр

A16. Если, при подключении неизвестного элемента электрической цепи к выходу генератора переменного тока с изменяемой частотой гармонических колебаний при неизменной амплитуде колебаний напряжения, обнаружена зависимость амплитуды колебаний силы тока от частоты, представленная на рисунке, то этот элемент электрической цепи является

- 1) активным сопротивлением
- 2) конденсатором
- 3) катушкой
- 4) последовательно соединенными конденсатором и катушкой



A17. Контур радиоприемника настроен на длину волны 30 м. Как нужно изменить индуктивность катушки колебательного контура приемника, чтобы он при неизменной электроемкости конденсатора в контуре был настроен на волну длиной 15 м?

- 1) Увеличить в 2 раза
- 2) Увеличить в 4 раза
- 3) Уменьшить в 2 раза
- 4) Уменьшить в 4 раза

A18. Как изменяются частота и длина волны света при переходе из вакуума в среду с абсолютным показателем преломления n ? Выберите верное утверждение:

- 1) длина волны уменьшается в n раз, частота увеличивается в n раз
- 2) длина волны увеличивается в n раз, частота уменьшается в n раз
- 3) длина волны уменьшается в n раз, частота не изменяется
- 4) длина волны увеличивается в n раз, частота не изменяется

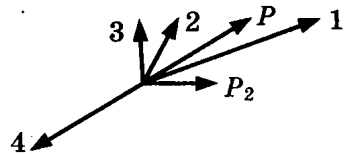
- A19.** При отодвигании предмета от глаза для получения его четкого изображения на сетчатке глаза фокусное расстояние линзы-хрусталика должно
- 1) увеличиться
 - 2) уменьшиться
 - 3) оставаться неизменным
 - 4) увеличиться для больших предметов, уменьшиться для маленьких
- A20.** Чему равен импульс, переданный фотоном веществу при нормальном падении на поверхность, в случае поглощения фотона веществом и в случае его отражения?
- 1) В обоих случаях $\frac{h}{\lambda}$
 - 2) В первом случае $\frac{h}{\lambda}$, во втором $\frac{2h}{\lambda}$
 - 3) В обоих случаях $\frac{2h}{\lambda}$
 - 4) В первом случае $\frac{2h}{\lambda}$, во втором $\frac{h}{\lambda}$
- A21.** Каков спектр энергетических состояний атомного ядра и какие частицы испускает ядро при переходе из возбужденного состояния в нормальное?
- 1) Спектр линейчатый, испускает гамма-кванты
 - 2) Спектр сплошной, испускает гамма-кванты
 - 3) Спектр сплошной, испускает бета-частицы
 - 4) Спектр линейчатый, испускает альфа-частицы
- A22.** Явление дифракции света происходит
- 1) только на малых круглых отверстиях
 - 2) только на больших отверстиях
 - 3) только на узких щелях
 - 4) на краях любых отверстий и экранов
- A23.** При освещении мыльной пленки белым светом наблюдаются разноцветные полосы. Какое физическое явление обуславливает появление этих полос?
- 1) Дифракция
 - 2) Интерференция
 - 3) Дисперсия
 - 4) Поляризация

A24. Плоский воздушный конденсатор подключен к источнику постоянного тока. Как изменится заряд на обкладке конденсатора, если пространство между ними заполнить диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2$?

- 1) Не изменится
2) Увеличится в 2 раза
3) Уменьшится в 2 раза
4) Увеличится в 4 раза

A25. Снаряд, обладавший импульсом P , разорвался на две части. Векторы импульса P снаряда до разрыва и импульса P_2 одной из этих частей после разрыва представлены на рисунке. Какой из векторов на этом рисунке соответствует вектору импульса второй части снаряда?

- 1) 1
2) 2
3) 3
4) 4



Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. Брусок движется равномерно вверх по поверхности наклонной плоскости. Установите для силы трения соответствие параметров силы, перечисленных в верхней строке таблицы со следующими свойствами вектора силы:

- 1) перпендикулярно поверхности наклонной плоскости
2) вертикально вниз
3) против направления вектора скорости
4) вертикально вверх
5) обратно пропорционален площади поверхности бруска
6) пропорционален силе нормального давления
7) обратно пропорционален силе нормального давления
8) пропорционален площади поверхности бруска
9) не зависит от площади поверхности бруска

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Направление вектора	Модуль вектора

- В2.** При освещении металлической пластины светом частотой ν наблюдается явление фотоэлектрического эффекта. Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими процесс фотоэффекта, перечисленными в первом столбце, и их изменениями во втором столбце при увеличении частоты падающего на пластину света в 2 раза.

**ФИЗИЧЕСКИЕ
ВЕЛИЧИНЫ**

ИХ ИЗМЕНЕНИЯ

- | | |
|--|-------------------------------------|
| А) Длина световой волны | 1) Остается неизменной |
| Б) Энергия фотона | 2) Увеличивается в 2 раза |
| В) Работа выхода | 3) Уменьшается в 2 раза |
| Г) Максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона | 4) Увеличивается более чем в 2 раза |
| | 5) Увеличивается менее чем в 2 раза |

А	Б	В	Г

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- В3.** Небольшой оловянный шар летит со скоростью 60 м/с, сталкивается с массивной стальной плитой и останавливается. Пренебрегая потерями энергии на теплопередачу окружающим телам, вычислите на сколько градусов повысилась температура шара при ударе. Удельная теплоемкость олова 225 Дж/(кг·К). Ответ запишите числом, выраженным в градусах Кельвина.
- В4.** При подключении к источнику постоянного тока резистора с электрическим сопротивлением 4 Ом сила тока в цепи равна 2 А, а при коротком замыкании выводов источника сила тока в цепи равна 4 А. Вычислите внутреннее сопротивление источника тока. Ответ запишите числом, выраженным в Омах.
- В5.** Линза с фокусным расстоянием 75 см дает резкое изображение окна на стене, если расстояние от линзы до стены равно 1 м. Найдите по этим данным расстояние от стены до окна. Ответ запишите числом, выраженным в метрах.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

- С1.** В эксперименте установлено, что при температуре воздуха в комнате $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ на стенке стакана с холодной водой начинается конденсация паров воды из воздуха, если понизить температуру стакана до $7\text{ }^{\circ}\text{C}$. По результатам этих экспериментов определите абсолютную и относительную влажность воздуха. Для решения задачи воспользуйтесь таблицей. При повышении температуры воздуха в комнате конденсация паров воды из воздуха начинается при той же температуре стакана $7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Изменилась ли относительная влажность воздуха?

Давление и плотность насыщенного водяного пара при различной температуре

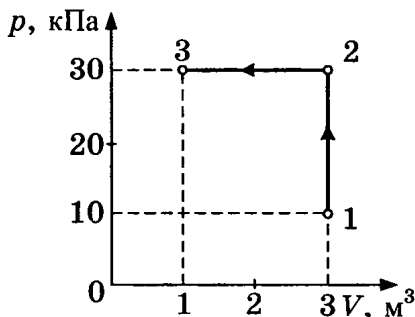
$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	7	9	11	12	13	14	15	16
$p, \text{ гПа}$	10	11	13	14	15	16	17	18
$\rho, \text{ г/м}^3$	7,7	8,8	10,0	10,7	11,4	12,11	12,8	13,6

$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	19	21	23	25	27	29	40	60
$p, \text{ гПа}$	22	25	28	32	36	40	74	200
$\rho, \text{ г/м}^3$	16,3	18,4	20,6	23,0	25,8	28,7	51,2	130,5

Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2.** В аттракционе человек движется на тележке по рельсам и совершает «мертвую петлю» в вертикальной плоскости. С какой скоростью должна двигаться тележка в верхней точке круговой траектории радиусом $6,4\text{ м}$, чтобы в этой точке сила давления человека на сидение тележки была равна 0 Н ? Ускорение свободного падения 10 м/с^2 .
- С3.** На диаграмме представлены изменения давления и объема идеального одноатомного газа. Какое количество теплоты было получено или отдано газом при переходе из состояния 1 в состояние 3?

- С4. В однородном магнитном поле, индукция которого $1,67 \cdot 10^{-5}$ Тл, протон движется перпендикулярно вектору магнитной индукции \vec{B} по окружности радиусом 5 м. Определите скорость протона.



- С5. Телескоп имеет объектив с фокусным расстоянием 1 м и окуляр с фокусным расстоянием 5 см. Какого диаметра изображение Солнца можно получить с помощью этого телескопа, если есть возможность удалить экран от окуляра до расстояния 1,5 м? Угловой диаметр Солнца $30'$.
- С6. Определите, какая частица X образуется при осуществлении ядерной реакции ${}^1_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + X$

Используя таблицы в начале и таблицу масс атомных ядер, вычислите энергию, освобождающуюся при осуществлении этой ядерной реакции.

Массы атомных ядер

Атомный номер	Название элемента	Символ изотопа	Масса атомного ядра изотопа	
			кг	а.е.м.
1	водород	${}^1_1\text{H}$	$1,6726 \cdot 10^{-27}$	1,00727
1	водород	${}^2_1\text{H}$	$3,3437 \cdot 10^{-27}$	2,01355
1	водород	${}^3_1\text{H}$	$5,0075 \cdot 10^{-27}$	3,01550
2	гелий	${}^3_2\text{He}$	$5,0066 \cdot 10^{-27}$	3,01493
2	гелий	${}^4_2\text{He}$	$6,6449 \cdot 10^{-27}$	4,00151
13	алюминий	${}^{27}_{13}\text{Al}$	$44,7937 \cdot 10^{-27}$	26,97441
15	фосфор	${}^{31}_{15}\text{P}$	$49,7683 \cdot 10^{-27}$	29,97008

ВАРИАНТ 6

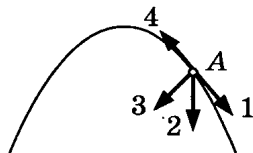
Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «x» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

- A1. При прямолинейном движении зависимость пройденного телом пути s от времени t имеет вид: $s = 4t + t^2$. Скорость тела в момент времени $t = 2$ с при таком движении равна
- 1) 12 м/с 2) 8 м/с 3) 6 м/с 4) 4 м/с

- A2. Тело, брошенное под углом к горизонту, движется по криволинейной траектории. Если сопротивление воздуха пренебрежимо мало, и в точке А этой траектории вектор скорости тела имеет направление по стрелке 1 на рисунке, то вектор его ускорения имеет направление, указанное стрелкой

- 1) 1
2) 2
3) 3
4) 4

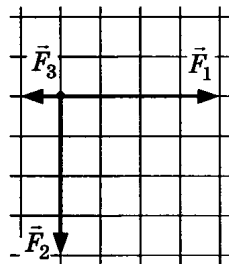


- A3. При свободном падении в вакууме свинцового шарика, пробки, птичьего пера

- 1) свинцовый шарик падает с наибольшим ускорением
2) пробка падает с наименьшим ускорением
3) птичье перо падает с наименьшим ускорением
4) все эти тела падают с одинаковым ускорением

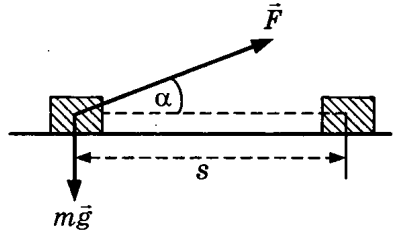
- A4. На рисунке представлены три вектора сил, приложенных к одной точке и лежащих в одной плоскости. Модуль вектора силы F_1 равен 4 Н. Модуль равнодействующей векторов F_1 , F_2 и F_3 равен

- 1) 9 Н
2) 7 Н
3) 5 Н
4) 1 Н



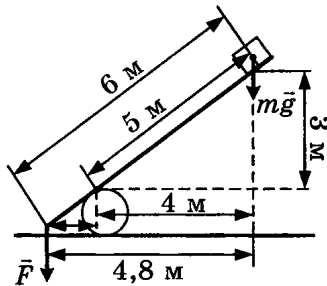
A5. Брусок массой m под действием силы \vec{F} , направленной под углом α к горизонту, перемещается на расстояние s по прямой на горизонтальной поверхности с коэффициентом трения μ . Работа силы трения равна

- 1) $-\mu mgs$
- 2) $-\mu(mg - F\sin\alpha)s$
- 3) $\mu(mg - F\sin\alpha)s$
- 4) 0



A6. Под действием силы тяжести $m\vec{g}$ груза и силы \vec{F} рычаг, представленный на рисунке, находится в равновесии. Расстояния между точками приложения сил и точкой опоры, а также проекции этих расстояний на вертикальную и горизонтальную оси указаны на рисунке. Если модуль силы \vec{F} равен 150 Н, то модуль силы тяжести, действующей на груз, равен

- | | |
|----------|----------|
| 1) 25 Н | 2) 30 Н |
| 3) 750 Н | 4) 900 Н |



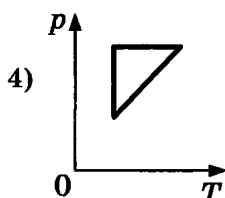
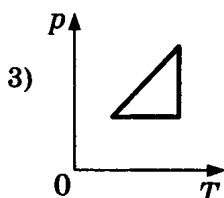
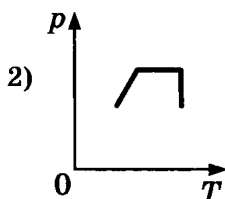
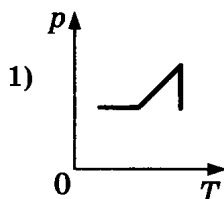
A7. При свободных колебаниях на пружине груз массой m проходит положение равновесия со скоростью v . Через четверть периода колебаний он достигает положения максимального удаления от положения равновесия. Модуль изменения полной механической энергии груза за это время равен

- | | |
|-----------|---------------------|
| 1) 0 | 2) $\frac{mv^2}{2}$ |
| 3) mv^2 | 4) $2mv^2$ |

A8. Если давление идеального газа при постоянной концентрации его молекул уменьшилось в 2 раза, то это значит, что абсолютная температура газа

- 1) увеличилась в 2 раза 2) уменьшилась в 4 раза
3) уменьшилась в 2 раза 4) не изменилась

A9. Идеальный газ сначала нагревался при постоянном объеме, потом его объем увеличивался при постоянном давлении, затем при постоянной температуре давление газа уменьшилось до первоначального значения. Какой из графиков в координатных осях p - T на рисунке соответствует этим изменениям состояния газа?



A10. Идеальный газ отдал количество теплоты 300 Дж и при этом внутренняя энергия газа уменьшилась на 100 Дж. Работа, совершенная газом, равна

- 1) 400 Дж 2) 200 Дж 3) -400 Дж 4) -200 Дж

A11. Идеальная тепловая машина с КПД 40% за цикл работы получает от нагревателя 100 Дж. Какую полезную работу машина совершает за цикл?

- 1) 40 Дж 2) 60 Дж 3) 100 Дж 4) 160 Дж

A12. При превращении вещества массой m и удельной теплотой отвердевания λ из жидкого состояния в твердое при постоянной температуре T отданное веществом количество теплоты Q равно

- 1) $\lambda m T$ 2) λm
3) $\frac{\lambda m}{T}$ 4) $\frac{\lambda T}{m}$

A13. Как изменится сила кулоновского взаимодействия двух точечных заряженных тел при увеличении заряда на каждом теле в 2 раза и уменьшении расстояния между ними в 2 раза?

- 1) Увеличится в 16 раз
- 2) Увеличится в 2 раза
- 3) Увеличится в 8 раз
- 4) Не изменится

A14. Если три резистора электрическими сопротивлениями 3 Ом, 6 Ом и 9 Ом включены параллельно в цепь постоянного тока, то количества теплоты, выделяющиеся на этих резисторах за одинаковое время, относятся как

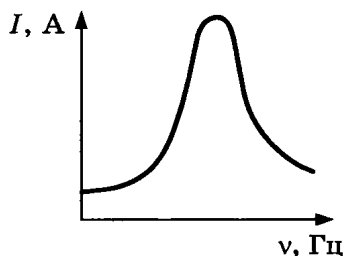
- 1) 1 : 2 : 3
- 2) 3 : 6 : 9
- 3) 6 : 3 : 2
- 4) 1 : 4 : 9

A15. В каком из перечисленных ниже технических объектов используется явление движения проводника с током под действием магнитного поля?

- 1) В электромагните
- 2) В электродвигателе
- 3) В электрогенераторе
- 4) В электронагревателе

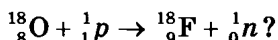
A16. Если, при подключении неизвестного элемента электрической цепи к выходу генератора переменного тока с изменяемой частотой гармонических колебаний при неизменной амплитуде колебаний напряжения, обнаружена зависимость амплитуды колебаний силы тока от частоты, представленная на рисунке, то этот элемент электрической цепи является

- 1) активным сопротивлением
- 2) конденсатором
- 3) катушкой
- 4) последовательно соединенными конденсатором и катушкой



- A17.** Контур радиоприемника настроен на длину волны 15 м. Как нужно изменить индуктивность катушки колебательного контура приемника, чтобы он при неизменной емкости конденсатора был настроен на волну длиной 30 м?
- 1) Увеличить в 2 раза
 - 2) Увеличить в 4 раза
 - 3) Уменьшить в 2 раза
 - 4) Уменьшить в 4 раза
- A18.** Как изменяются частота и длина волны света при переходе из воды с показателем преломления 1,33 в вакуум? Выберите верное утверждение:
- 1) длина волны уменьшается в 1,33 раза, частота увеличивается в 1,33 раза
 - 2) длина волны увеличивается в 1,33 раза, частота уменьшается в 1,33 раза
 - 3) длина волны уменьшается в 1,33 раза, частота не изменяется
 - 4) длина волны увеличивается в 1,33 раза, частота не изменяется
- A19.** Собирающая линза может давать
- 1) только увеличенные изображения предметов
 - 2) только уменьшенные изображения предметов
 - 3) увеличенные, уменьшенные и равные изображения предметов
 - 4) только уменьшенные или равные предмету изображения
- A20.** При расположении предмета на расстоянии 3 м от фотоаппарата на фотопленке получается его четкое изображение. При приближении предмета к фотоаппарату для получения четкого изображения расстояние от объектива до фотопленки
- 1) должно увеличиться
 - 2) должно уменьшиться
 - 3) не должно меняться
 - 4) должно увеличиться или уменьшиться в зависимости от размеров предмета
- A21.** Какой из перечисленных ниже величин пропорциональна энергия фотона?
- 1) Квадрату скорости фотона
 - 2) Скорости фотона
 - 3) Частоте излучения
 - 4) Длине волны

A22. Сумма масс ядра изотопа кислорода ${}^8_{18}\text{O}$ и протона ${}^1_1\text{p}$ меньше суммы масс ядра изотопа фтора ${}^9_{18}\text{F}$ и нейтрона ${}^0_1\text{n}$. Возможна ли в принципе ядерная реакция



- 1) Реакция невозможна
 - 2) Возможна только с поглощением энергии
 - 3) Возможна только с выделением энергии
 - 4) Возможна как с поглощением энергии, так и с выделением энергии
- A23.** Из четырех физических величин — пути, скорости, массы и силы — векторными величинами являются
- 1) путь и скорость
 - 2) масса и сила
 - 3) скорость и сила
 - 4) путь, скорость и сила
- A24.** Основным свойством *p-n*-перехода является
- 1) уменьшение сопротивления при нагревании
 - 2) уменьшение сопротивления при освещении
 - 3) односторонняя проводимость
 - 4) увеличение сопротивления при нагревании
- A25.** При подъеме вверх поршня в цилиндре водяного насоса вода поднимается вверх вслед за ним потому, что
- 1) атмосферное давление снаружи больше давления разреженного воздуха в цилиндре насоса
 - 2) жидкость обладает свойством расширения и заполняет любое пустое пространство
 - 3) пустой сосуд втягивает воду
 - 4) воздух обладает способностью заполнять пустоту. Он стремится в цилиндр насоса и вталкивает туда находящуюся на его пути воду

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. Брусок движется равномерно по горизонтальной поверхности. Установите для силы трения соответствие параметров силы, перечисленных в верхней строке таблицы, со следующими свойствами вектора силы:

- 1) вертикально вниз
- 2) против направления вектора скорости
- 3) вертикально вверх
- 4) обратно пропорционален площади поверхности бруска
- 5) пропорционален силе нормального давления
- 6) обратно пропорционален силе нормального давления
- 7) пропорционален площади поверхности бруска
- 8) не зависит от площади поверхности бруска

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Направление вектора	Модуль вектора

В2. При освещении металлической пластины светом длиной волны λ наблюдается явление фотоэлектрического эффекта. Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими процесс фотоэффекта, перечисленными в первом столбце, и их изменениями во втором столбце при уменьшении в 2 раза длины волны падающего на пластину света.

**ФИЗИЧЕСКИЕ
ВЕЛИЧИНЫ**

ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

А) Частота световой волны

1) Остается неизменной

Б) Энергия фотона

2) Увеличивается в 2 раза

В) Работа выхода

3) Уменьшается в 2 раза

Г) Максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона

4) Увеличивается более чем в 2 раза

5) Увеличивается менее чем в 2 раза

А	Б	В	Г

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- В3.** Небольшой оловянный шар, летевший со скоростью 30 м/с, в результате столкновения с массивной стальной плитой остановился, и его температура повысилась на 2 °С. Пренебрегая потерями энергии на теплопередачу окружающим телам, вычислите по этому результату удельную теплоемкость олова. Ответ запишите числом, выраженным в Дж/(кг·К).
- В4.** Вычислите силу тока в цепи при подключении к источнику постоянного тока с ЭДС 1,5 В и внутренним сопротивлением 0,5 Ом резистора с электрическим сопротивлением 1 Ом. Ответ запишите числом, выраженным в амперах.
- В5.** Фокусное расстояние рассеивающей линзы 40 см. На каком расстоянии от линзы находится изображение предмета, который расположен на расстоянии 40 см от линзы? Ответ запишите числом, выраженным в сантиметрах.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

- С1.** В эксперименте установлено, что при температуре воздуха в комнате 21 °С на стенке стакана с холодной водой начинается конденсация паров воды из воздуха, если снизить температуру стакана до 7 °С. По результатам этих экспериментов определите относительную влажность воздуха. Для решения задачи воспользуйтесь таблицей. При понижении температуры воздуха в комнате конденсация паров воды из воздуха начинается при той же температуре стакана 7 °С. Изменилась ли относительная влажность воздуха?

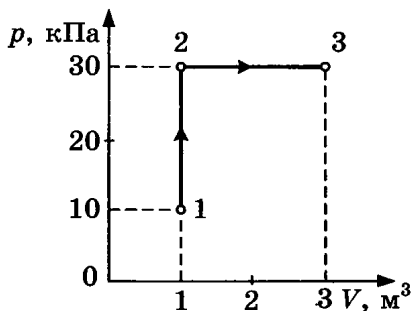
**Давление и плотность насыщенного водяного пара
при различной температуре**

$t, ^\circ\text{C}$	7	9	11	12	13	14	15	16
$p, \text{гПа}$	10	11	13	14	15	16	17	18
$\rho, \text{г/м}^3$	7,7	8,8	10,0	10,7	11,4	12,11	12,8	13,6

$t, ^\circ\text{C}$	19	21	23	25	27	29	40	60
$p, \text{гПа}$	22	25	28	32	36	40	74	200
$\rho, \text{г/м}^3$	16,3	18,4	20,6	23,0	25,8	28,7	51,2	130,5

Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2.** В аттракционе человек движется на тележке по рельсам и совершает «мертвую петлю» в вертикальной плоскости. С какой скоростью должна двигаться тележка в верхней точке круговой траектории радиусом 4,9 м, чтобы в этой точке сила давления человека на сидение тележки была равна 0 Н? Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 .
- С3.** На диаграмме (см. рисунок) представлены изменения давления и объема идеального одноатомного газа. Какое количество теплоты было получено или отдано газом при переходе из состояния 1 в состояние 3?



- С4.** При коротком замыкании клемм аккумулятора сила тока в электрической цепи равна 24 А. При подключении к клеммам аккумулятора электрической лампы с электрическим сопротивлением нити 23 Ом сила тока в электрической цепи равна 1 А. По этим результатам измерений определите ЭДС и внутреннее сопротивление аккумулятора.
- С5.** Человек читает книгу, держа ее на расстоянии 50 см от глаз. Если это для него расстояние наилучшего видения, то какой оптической силы очки позволят ему читать книгу на расстоянии 25 см?

С6. Используя таблицы в начале и таблицу масс атомных ядер, вычислите энергию, освобождающуюся при осуществлении ядерной реакции ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + {}_0^1n$

Массы атомных ядер

Атомный номер	Название элемента	Символ изотопа	Масса атомного ядра изотопа	
1	водород	${}_1^1\text{H}$	$1,6726 \cdot 10^{-27}$ кг	1,00727 а.е.м.
1	водород	${}_1^2\text{H}$	$3,3437 \cdot 10^{-27}$ кг	2,01355 а.е.м.
1	водород	${}_1^3\text{H}$	$5,0075 \cdot 10^{-27}$ кг	3,01550 а.е.м.
2	гелий	${}_2^3\text{He}$	$5,0066 \cdot 10^{-27}$ кг	3,01493 а.е.м.
2	гелий	${}_2^4\text{He}$	$6,6449 \cdot 10^{-27}$ кг	4,00151 а.е.м.
13	алюминий	${}_{13}^{27}\text{Al}$	$44,7937 \cdot 10^{-27}$ кг	26,97441 а.е.м.
15	фосфор	${}_{15}^{30}\text{P}$	$49,7683 \cdot 10^{-27}$ кг	29,97008 а.е.м.

ВАРИАНТ 7

Часть 1

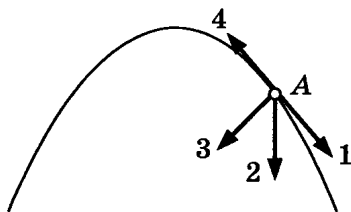
При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (А1–А25) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

- А1.** При прямолинейном движении зависимость пройденного телом пути s от времени t имеет вид: $s = 5 + 2t + 4t^2$. Скорость тела в момент времени $t = 2$ с при таком движении равна

- 1) 25 м/с
2) 21 м/с
3) 18 м/с
4) 10 м/с

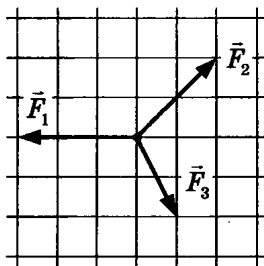
- А2.** Тело, брошенное под углом к горизонту, движется по криволинейной траектории. Если сопротивление воздуха пренебрежимо мало, и в точке А этой траектории вектор скорости тела имеет направление по стрелке 4 на рисунке, то вектор его ускорения имеет направление, указанное стрелкой

- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4



- А3.** Пловец плывет по течению реки. Определите скорость пловца относительно берега, если скорость пловца относительно воды 0,4 м/с, а скорость течения реки 0,3 м/с.

- 1) 0,1 м/с
2) 0,25 м/с
3) 0,5 м/с
4) 0,7 м/с

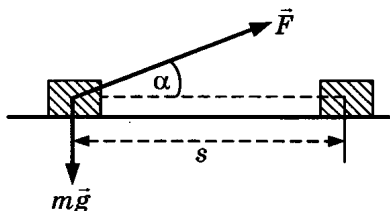


A4. На рисунке представлены три вектора сил, приложенных к одной точке и лежащих в одной плоскости. Модуль вектора силы \vec{F}_1 равен 3 Н. Модуль равнодействующей векторов \vec{F}_1 , \vec{F}_2 и \vec{F}_3 равен

- 1) 9 Н 2) 8 Н 3) 6 Н 4) 0 Н

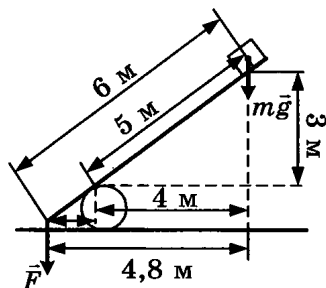
A5. Брусок массой m перемещается на расстояние s по прямой на горизонтальной поверхности под действием силы \vec{F} , направленной под углом α к горизонту. Коэффициент трения равен μ . Работа силы тяжести бруска на этом пути равна

- 1) $-\mu mgs$
 2) $-\mu(mg - F \sin \alpha)s$
 3) $\mu(mg - F \sin \alpha)s$
 4) 0



A6. Под действием силы тяжести $m\vec{g}$ груза и силы \vec{F} рычаг, представленный на рисунке, находится в равновесии. Расстояния между точками приложения сил и точкой опоры, а также проекции этих расстояний на вертикальную и горизонтальную оси указаны на рисунке. Если модуль силы тяжести, действующей на груз, равен 30 Н, то модуль силы \vec{F} равен

- 1) 25 Н
 2) 30 Н
 3) 150 Н
 4) 180 Н

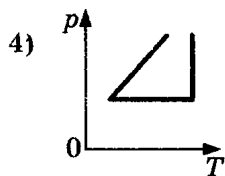
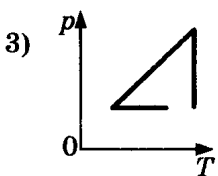
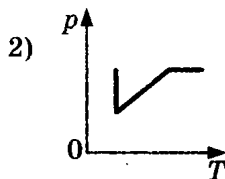
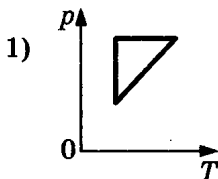


A7. Гиря массой 4 кг, подвешенная на стальной пружине, совершает свободные колебания с периодом 2 с. С каким периодом будет совершать свободные колебания гиря массой 1 кг, подвешенная на этой пружине?

- 1) 0,5 с 2) 1 с 3) 4 с 4) 8 с

- A8.** В результате нагревания идеального газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул увеличилась в 4 раза. При этом абсолютная температура газа
- 1) увеличилась в 4 раза
 - 2) увеличилась в 2 раза
 - 3) уменьшилась в 4 раза
 - 4) увеличилась в 16 раз

- A9.** Идеальный газ сначала охлаждался при постоянном давлении, потом его давление увеличивалось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре давление газа уменьшилось до первоначального значения. Какой из графиков в координатных осях p - T на рисунке соответствует этим изменениям состояния газа?



- A10.** Идеальный газ получил количество теплоты 100 Дж и при этом внутренняя энергия газа уменьшилась на 100 Дж. Работа, совершенная газом, равна
- 1) 100 Дж
 - 2) 200 Дж
 - 3) -200 Дж
 - 4) 0 Дж
- A11.** Идеальная тепловая машина с КПД 20% за цикл работы отдает холодильнику 80 Дж. Какую полезную работу машина совершает за цикл?
- 1) 100 Дж
 - 2) 64 Дж
 - 3) 20 Дж
 - 4) 16 Дж

- A12.** При осуществлении теплопередачи при постоянной температуре T происходит превращение вещества массой m из жидкого состояния в газообразное состояние. Какое из приведенных ниже выражений определяет переданное веществу в этом процессе количество теплоты Q , если удельная теплота парообразования этого вещества r ?

1) rmT

2) rT

3) $\frac{rm}{T}$

4) $\frac{rT}{m}$

A13. Как изменится сила кулоновского взаимодействия двух точечных заряженных тел при увеличении расстояния между ними в 3 раза и увеличении заряда одного из тел в 3 раза?

- 1) Увеличится в 27 раз 2) Увеличится в 9 раз
3) Не изменится 4) Уменьшится в 3 раза

A14. Плоский конденсатор зарядили и отключили от источника тока. Как изменится энергия электрического поля внутри конденсатора, если увеличить в 2 раза расстояние между обкладками конденсатора?

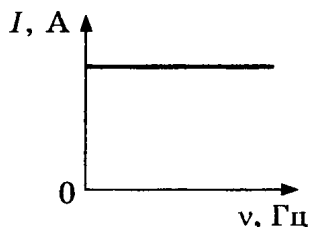
- 1) Увеличится в 2 раза 2) Увеличится в 4 раза
3) Уменьшится в 2 раза 4) Уменьшится в 4 раза

A15. При силе тока в проводнике 20 А на участок прямого проводника длиной 50 см в однородном магнитном поле действует сила Ампера 12 Н. Вектор индукции магнитного поля направлен под углом 37° к проводнику ($\sin 37^\circ \approx 0,6$, $\cos 37^\circ \approx 0,8$). Значение модуля индукции магнитного поля в этом случае равно

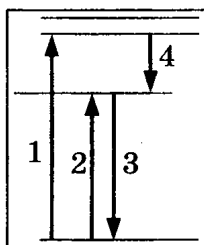
- 1) 2 Тл 2) 1,5 Тл
3) 0,02 Тл 4) 0,015 Тл

A16. Если, при подключении неизвестного элемента электрической цепи к выходу генератора переменного тока с изменяемой частотой гармонических колебаний при неизменной амплитуде колебаний напряжения, обнаружена зависимость амплитуды колебаний силы тока от частоты, представленная на рисунке, то этот элемент электрической цепи является

- 1) активным сопротивлением
2) конденсатором
3) катушкой
4) последовательно соединенными конденсатором и катушкой



- A17.** При увеличении частоты переменного тока в 4 раза индуктивное сопротивление катушки
- 1) не изменится
 - 2) увеличится в 4 раза
 - 3) уменьшится в 2 раза
 - 4) уменьшится в 4 раза
- A18.** Контур радиоприемника настроен на длину волны 30 м. Как нужно изменить емкость конденсатора в контуре приемника, чтобы он при неизменной индуктивности катушки колебательного контура был настроен на волну длиной 15 м?
- 1) Увеличить в 2 раза
 - 2) Увеличить в 4 раза
 - 3) Уменьшить в 2 раза
 - 4) Уменьшить в 4 раза
- A19.** Технология «просветления» объективов оптических систем основана на использовании явления
- 1) дифракции
 - 2) интерференции
 - 3) дисперсии
 - 4) поляризации
- A20.** Какое из приведенных ниже равенств является условием красной границы фотоэффекта (с поверхности тела с работой выхода A) под действием света с частотой ν ?
- 1) $h\nu = A$
 - 2) $E = h\nu - A$
 - 3) $E = h\nu$
 - 4) $A = 0$
- A21.** В результате электронного β -распада ядра атома элемента с зарядовым числом Z получается ядро атома элемента с зарядовым числом
- 1) $Z - 2$
 - 2) $Z + 1$
 - 3) $Z - 1$
 - 4) $Z + 2$
- A22.** На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Какой цифрой обозначен переход, соответствующий поглощению атомами света наименьшей частоты?
- 1) 1
 - 2) 2
 - 3) 3
 - 4) 4



- A23.** На основании исследования явления рассеяния альфа-частиц при прохождении через тонкие слои вещества Резерфорд сделал вывод, что
- 1) альфа-частицы являются ядрами атомов гелия
 - 2) альфа-распад является процессом самопроизвольного превращения ядра одного химического элемента в ядро другого элемента
 - 3) внутри атомов имеются положительно заряженные ядра очень малых размеров, вокруг ядер обращаются электроны
 - 4) при альфа-распаде атомных ядер выделяется ядерная энергия, значительно большая, чем в любых химических реакциях

A24. Свет в прозрачной среде с абсолютным показателем преломления n имеет длину волны λ . Какова длина волны λ_1 этого света в вакууме?

- 1) $\lambda_1 = \lambda$
- 2) $\lambda_1 = n \lambda$
- 3) $\lambda_1 = \lambda/n$
- 4) $\lambda_1 = n^2 \lambda$

A25. Человек массой 50 кг прыгает из неподвижной лодки массой 100 кг на берег с горизонтальной скоростью 3 м/с относительно лодки. Если сопротивление воды движению лодки пренебрежимо мало, то лодка после прыжка человека движется относительно Земли со скоростью

- 1) 3 м/с
- 2) 2 м/с
- 3) 1,5 м/с
- 4) 1 м/с

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. Искусственный спутник движется по эллиптической орбите вокруг Земли. Изменяются ли перечисленные в верхней строке таблицы физические величины во время его приближения к Земле и если изменяются, то как?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) не изменяется
- 2) только увеличивается по модулю
- 3) только уменьшается по модулю
- 4) увеличивается по модулю и изменяется по направлению
- 5) уменьшается по модулю и изменяется по направлению
- 6) увеличивается по модулю, не изменяется по направлению
- 7) уменьшается по модулю, не изменяется по направлению

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Скорость	
Ускорение	
Кинетическая энергия	
Потенциальная энергия	
Полная механическая энергия	

- В2.** Установите соответствие между описанием действий человека в первом столбце таблицы и названиями этих действий во втором столбце.

ДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА

- А) В летний день человек увидел, как в воздухе парит птица на расправленных крыльях
- Б) Он подумал, что, возможно, птица не падает без взмахов крыльев потому, что нагретый воздух поднимается от земли вверх и поддерживает ее
- В) Человек сорвал одуванчик, дунул на него и стал смотреть за полетом семян одуванчика с пушистыми верхушками, подобными маленьким парашютикам, чтобы проверить свое предположение

НАЗВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ

- 1) эксперимент
- 2) наблюдение
- 3) гипотеза

А	Б	В

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- В3.** При ударе небольшого оловянного шара без отскока о массивную стальную плиту после падения с высоты 22,5 м его температура повысилась на 1 °С. Пренебрегая потерями энергии на теплопередачу окружающим телам, определите по результату этого эксперимента удельную теплоемкость свинца. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с². Ответ запишите числом, выраженным в градусах Цельсия.
- В4.** Вычислите силу тока в цепи при подключении к источнику постоянного тока с ЭДС 24 В и внутренним сопротивлением 1 Ом резистора с электрическим сопротивлением 3 Ом. Ответ запишите числом, выраженным в амперах.
- В5.** Фокусное расстояние рассеивающей линзы 40 см. На каком расстоянии от линзы находится предмет, изображение которого наблюдается на расстоянии 20 см от линзы? Ответ запишите числом, выраженным в сантиметрах.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

- С1.** В эксперименте установлено, что при температуре воздуха в комнате 19 °С на стенке стакана с холодной водой начинается конденсация паров воды из воздуха, если снизить температуру стакана до 9 °С. По результатам этих экспериментов определите относительную влажность воздуха. Для решения задачи воспользуйтесь таблицей. Поясните, почему конденсация паров воды из воздуха может начинаться при различных значениях температуры воздуха.

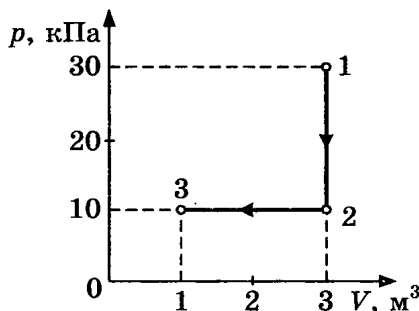
**Давление и плотность насыщенного водяного пара
при различной температуре**

$t, ^\circ\text{C}$	7	9	11	12	13	14	15	16
$p, \text{гПа}$	10	11	13	14	15	16	17	18
$\rho, \text{г/м}^3$	7,7	8,8	10,0	10,7	11,4	12,11	12,8	13,6

$t, ^\circ\text{C}$	19	21	23	25	27	29	40	60
$p, \text{гПа}$	22	25	28	32	36	40	74	200
$\rho, \text{г/м}^3$	16,3	18,4	20,6	23,0	25,8	28,7	51,2	130,5

Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2.** В аттракционе человек массой 80 кг движется на тележке по рельсам и совершает «мертвую петлю» в вертикальной плоскости. Каков радиус круговой траектории, если при скорости 10 м/с, направленной вертикально вверх, сила нормального давления человека на сидение тележки равна 1600 Н? Ускорение свободного падения равно 10 м/с².
- С3.** На диаграмме (см. рисунок) представлены изменения давления и объема идеального одноатомного газа. Какое количество теплоты было получено или отдано газом при переходе из состояния 1 в состояние 3?



- С4.** При коротком замыкании выводов гальванического элемента сила тока в цепи равна 2 А. При подключении к выводам гальванического элемента электрической лампы электрическим сопротивлением 3 Ом сила тока в цепи равна 0,5 А. По результатам этих экспериментов определите внутреннее сопротивление гальванического элемента.

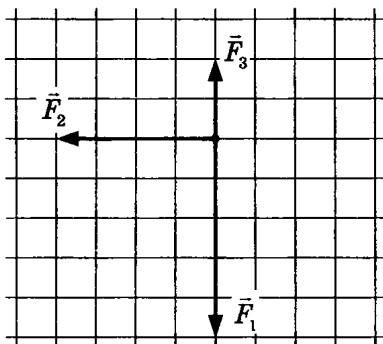
- С5. Для наблюдения явления интерференции света используется точечный источник света и небольшой экран с двумя малыми отверстиями у глаза наблюдателя. Оцените максимальное расстояние d между малыми отверстиями в экране, при котором может наблюдаться явление интерференции света. Разрешающая способность глаза равна $1'$, длина световой волны $5,8 \cdot 10^{-7}$ м.
- С6. Фотокатод облучают светом с длиной волны 300 нм. Красная граница фотоэффекта фотокатода 450 нм. Вычислите запирающее напряжение U между анодом и катодом.

ВАРИАНТ 8

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «x» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

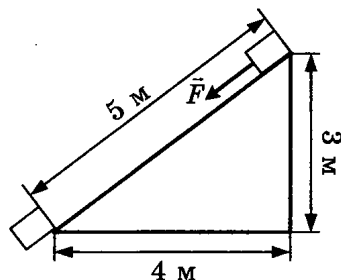
- A1.** Зависимость координаты x тела от времени t имеет вид: $x = 1 + 2t + 3t^2$. Проекция скорости тела на ось Ox в момент времени $t = 3$ с при таком движении равна
- 1) 34 м/с 2) 20 м/с 3) 11 м/с 4) 2 м/с
- A2.** При свободных колебаниях шара на нити как маятника вектор его ускорения в момент прохождения положения равновесия направлен
- 1) вертикально вверх
2) вертикально вниз
3) по направлению вектора скорости
4) против направления вектора скорости
- A3.** Под действием силы 8 Н тело массой 4 кг будет двигаться
- 1) равномерно со скоростью 2 м/с
2) равноускоренно с ускорением 2 м/с^2
3) равноускоренно с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$
4) равномерно со скоростью 0,5 м/с
- A4.** На рисунке представлены три вектора сил, приложенных к одной точке и лежащих в одной плоскости. Модуль вектора силы \vec{F}_1 равен 5 Н. Модуль равнодействующей векторов \vec{F}_1 , \vec{F}_2 и \vec{F}_3 равен
- 1) 11 Н 2) 7 Н 3) 5 Н 4) 0 Н



А5. Тело массой 3 кг под действием силы \vec{F} перемещается вниз по наклонной плоскости на расстояние $l = 5$ м, расстояние тела от поверхности Земли при этом уменьшается на $h = 3$ м. Вектор силы \vec{F} направлен параллельно наклонной плоскости, модуль силы \vec{F} равен 20 Н. Какую работу при этом перемещении совершила сила \vec{F} ? Ускорение свободного падения примите равным 10 м/с^2 , коэффициент трения $\mu = 0,5$.

- 1) 100 Дж
3) 60 Н

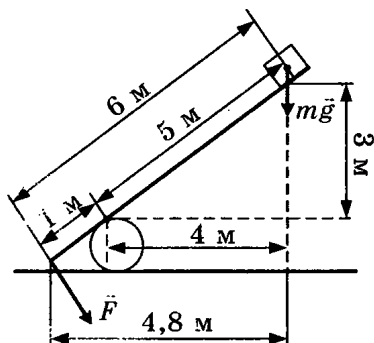
- 2) 90 Дж
4) -60 Н



А6. Под действием силы тяжести $m\vec{g}$ груза и силы \vec{F} рычаг, представленный на рисунке, находится в равновесии. Расстояния между точками приложения сил и точкой опоры, а также проекции этих расстояний на вертикальную и горизонтальную оси указаны на рисунке. Если модуль силы тяжести, действующей на груз, равен 30 Н, то модуль силы \vec{F} равен

- 1) 7,5 Н
3) 150 Н

- 2) 120 Н
4) 180 Н



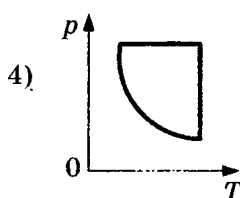
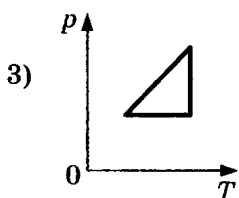
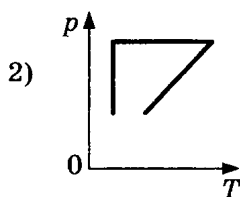
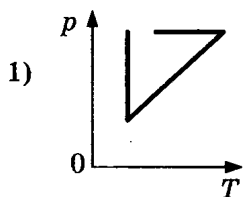
A7. Две одинаковые струны, натянутые одинаково на гитаре и на обыкновенной доске, после щипка совершают свободные колебания с одинаковой частотой и одинаковой начальной амплитудой колебаний. От какой из этих струн будет слышен более громкий звук и от какой звук будет слышен дольше?

- 1) Громче и дольше будет слышен звук от струны на гитаре
- 2) Громче будет слышен звук от струны на гитаре, дольше от струны на доске
- 3) Громче будет слышен звук от струны на гитаре, длительность звука от обеих струн будет одинаковой
- 4) Громкость звучания и длительность звука от обеих струн будет одинаковой

A8. Если при сжатии объем идеального газа уменьшился в 2 раза, а давление газа увеличилось в 2 раза, то при этом абсолютная температура газа

- 1) увеличилась в 2 раза
- 2) уменьшилась в 2 раза
- 3) увеличилась в 4 раза
- 4) не изменилась

A9. Идеальный газ сначала нагревался при постоянном давлении, потом его давление уменьшалось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре давление газа увеличилось до первоначального значения. Какой из графиков в координатных осях p - T на рисунке соответствует этим изменениям состояния газа?



- A15.** На участок прямого проводника длиной 50 см в однородном магнитном поле с индукцией 2 Тл при силе тока в проводнике 20 А и направлении вектора индукции магнитного поля под углом 37° к проводнику ($\sin 37^\circ \approx 0,6$, $\cos 37^\circ \approx 0,8$) действует сила Ампера
- 1) 12 Н
 - 2) 16 Н
 - 3) 1200 Н
 - 4) 1600 Н
- A16.** Как изменится индуктивное сопротивление катушки при уменьшении частоты переменного тока в 4 раза?
- 1) Не изменится
 - 2) Увеличится в 4 раза
 - 3) Уменьшится в 2 раза
 - 4) Уменьшится в 4 раза
- A17.** При каком движении электрического заряда не происходит излучение электромагнитных волн?
- 1) При любом движении
 - 2) При равномерном прямолинейном движении
 - 3) При колебательном движении по гармоническому закону
 - 4) При любом движении с ускорением
- A18.** Изменяются ли частота и длина волны света при его переходе из воды в вакуум?
- 1) Длина волны уменьшается, частота увеличивается
 - 2) Длина волны увеличивается, частота уменьшается
 - 3) Длина волны уменьшается, частота не изменяется
 - 4) Длина волны увеличивается, частота не изменяется
- A19.** Могут ли линзы давать действительные изображения предметов?
- 1) Могут только собирающие линзы
 - 2) Могут только рассеивающие линзы
 - 3) Могут собирающие и рассеивающие линзы
 - 4) Никакие линзы не могут давать действительные изображения
- A20.** Объектив фотоаппарата при фотографировании обычно дает на пленке
- 1) действительное увеличенное изображение
 - 2) действительное уменьшенное изображение
 - 3) мнимое увеличенное изображение
 - 4) мнимое уменьшенное изображение

- A21.** В каком из перечисленных ниже приборов для регистрации ядерных излучений прохождение быстрой заряженной частицы вызывает появление импульса электрического тока в газе?
- 1) В счетчике Гейгера
 - 2) В камере Вильсона
 - 3) В фотоэмульсии
 - 4) В сцинтилляционном счетчике
- A22.** При освещении металлической пластины с работой выхода A монохроматическим светом частотой ν происходит фотоэлектрический эффект, максимальная кинетическая энергия освобождаемых электронов равна $E_{\text{макс}}$. Каким будет значение максимальной кинетической энергии фотоэлектронов при освещении этим же монохроматическим светом пластины с работой выхода $2A$, если фотоэффект происходит?
- 1) $2E_{\text{макс}}$
 - 2) $0,5E_{\text{макс}}$
 - 3) $E_{\text{макс}} + A$
 - 4) $E_{\text{макс}} - A$
- A23.** Изменится ли масса системы из одного свободного протона и одного свободного нейтрона после соединения их в атомное ядро?
- 1) Не изменится
 - 2) Увеличится
 - 3) Уменьшится
 - 4) Сначала увеличится, затем вернется к первоначальному значению
- A24.** Как изменится емкость плоского воздушного конденсатора, если заряд на его обкладках увеличить в 2 раза, а расстояние между пластинами уменьшить в 2 раза?
- 1) Увеличится в 2 раза
 - 2) Уменьшится в 2 раза
 - 3) Не изменится
 - 4) Увеличится в 4 раза
- A25.** Человек массой m прыгает с горизонтальной скоростью v с берега в неподвижную лодку массой M . Каким суммарным импульсом обладают лодка с человеком, если сопротивление воды движению лодки пренебрежимо мало?
- 1) 0
 - 2) mv
 - 3) $(m + M)v$
 - 4) $mMv/(m + M)$

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. Комета движется по эллиптической орбите вокруг Солнца. Как изменяются перечисленные в верхней строке таблицы физические величины во время приближения кометы к Солнцу, если считать, что на нее действует только тяготение Солнца? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) не изменяется
- 2) только увеличивается по модулю
- 3) только уменьшается по модулю
- 4) увеличивается по модулю и изменяется по направлению
- 5) уменьшается по модулю и изменяется по направлению
- 6) увеличивается по модулю, не изменяется по направлению
- 7) уменьшается по модулю, не изменяется по направлению

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Скорость	
Ускорение	
Кинетическая энергия	
Потенциальная энергия	
Полная механическая энергия	

В2. Установите соответствие между физическими процессами в микромире, перечисленными в первом столбце, и характеристиками этих процессов во втором столбце.

ФИЗИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

- А) Изменение кинетической энергии атома в результате столкновения с другим атомом
- Б) Изменение энергии атома как системы из ядра и элект-

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССОВ

- 1) Спектр возможных изменений энергии линейчатый
- 2) Спектр возможных изменений

- | | |
|---|---|
| <p>тронной оболочки в результате взаимодействия с другим атомом или частицей</p> <p>В) Испускание электромагнитного излучения возбужденным атомом</p> <p>Г) Поглощение электромагнитного излучения атомом</p> | <p>энергии сплошной</p> <p>3) Спектр электромагнитного излучения линейчатый</p> <p>4) Спектр электромагнитного излучения сплошной</p> |
|---|---|

А	Б	В	Г

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- В3.** Температура небольшого оловянного шара при падении на массивную стальную плиту без отскока повысилась на $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Пренебрегая потерями энергии на теплопередачу окружающим телам, определите по результату этого эксперимента высоту, с которой упал шар. Удельная теплоемкость олова $225\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$. Ускорение свободного падения принять равным $10\text{ м}/\text{с}^2$. Ответ запишите числом, выраженным в метрах.
- В4.** При подключении к источнику постоянного тока с ЭДС 6 В резистора с электрическим сопротивлением 2 Ом сила тока в цепи равна 2 А . Вычислите внутреннее сопротивление источника тока. Ответ запишите числом, выраженным в Омах.
- В5.** При расположении предмета на расстоянии 40 см от линзы ее мнимое изображение наблюдается на расстоянии 20 см от линзы. Определите модуль фокусного расстояния линзы. Ответ запишите числом, выраженным в сантиметрах.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

- С1.** В эксперименте установлено, что при температуре воздуха в бане $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ на стенке стакана с водой начинается конденсация паров воды из воздуха, если снизить температуру стакана до $29\text{ }^{\circ}\text{C}$. По результатам этих экспериментов определите относительную влажность воздуха. Для решения задачи воспользуйтесь таблицей. При повышении температуры воздуха в комнате конденсация паров воды из воздуха начинается при той же температуре стакана $29\text{ }^{\circ}\text{C}$. Изменилась ли относительная влажность воздуха?

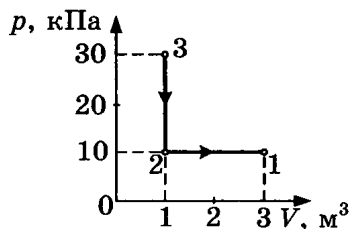
**Давление и плотность насыщенного водяного пара
при различной температуре**

$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	7	9	11	12	13	14	15	16
$p, \text{ гПа}$	10	11	13	14	15	16	17	18
$\rho, \text{ г/м}^3$	7,7	8,8	10,0	10,7	11,4	12,11	12,8	13,6

$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	19	21	23	25	27	29	40	60
$p, \text{ гПа}$	22	25	28	32	36	40	74	200
$\rho, \text{ г/м}^3$	16,3	18,4	20,6	23,0	25,8	28,7	51,2	130,5

Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2.** В аттракционе человек массой 100 кг совершает «мертвую петлю» в вертикальной плоскости. Когда вектор скорости был направлен вертикально вниз, сила нормального давления человека на сидение была 2000 Н . Найдите скорость тележки в этой точке при радиусе круговой траектории 5 м . Ускорение свободного падения 10 м/с^2 .
- С3.** На диаграмме (см. рисунок) представлены изменения давления и объема идеального одноатомного газа. Какое количество теплоты было получено или отдано газом при переходе из состояния 1 в состояние 3?



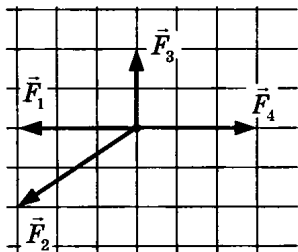
- С4. В однородном магнитном поле с индукцией $1,67 \cdot 10^{-5}$ Тл протон движется перпендикулярно вектору \vec{B} индукции со скоростью 8 км/с. Определите радиус траектории протона.
- С5. Масляная пленка на воде при наблюдении вертикально к поверхности кажется оранжевой. Каково минимальное возможное значение толщины пленки? Показатель преломления воды 1,33, масла — 1,47. Длина световой волны $588 \cdot 10^{-9}$ м. Учтите, что отражение света от оптически более плотной среды происходит с потерей полуволны, а от оптически менее плотной среды без потери полуволны.
- С6. При взрыве термоядерной бомбы освобождается энергия $8,3 \cdot 10^{16}$ Дж. Эта энергия получается в основном за счет деления ядер урана 238. При делении одного ядра урана 238 освобождается 200 МэВ, масса ядра равна примерно 238 а.е.м. Вычислите массу ядер урана, испытавших деление при взрыве, и суммарный дефект массы.

ВАРИАНТ 9

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «x» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

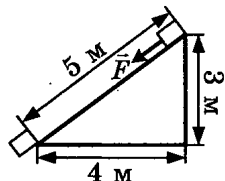
- A1.** Зависимость координаты x тела от времени t имеет вид: $x = 1 + 4t - 2t^2$. Проекция скорости тела на ось Ox в момент времени $t = 1$ с при таком движении равна
- 1) 8 м/с
 - 2) 3 м/с
 - 3) 2 м/с
 - 4) 0 м/с
- A2.** В центрифуге стиральной машины белье при отжиме движется по окружности с постоянной по модулю скоростью в горизонтальной плоскости. При этом вектор его ускорения направлен
- 1) по радиусу от центра окружности
 - 2) по радиусу к центру окружности
 - 3) вертикально вниз
 - 4) по направлению вектора скорости
- A3.** На рисунке представлены четыре вектора сил. Модуль вектора силы \vec{F}_1 равен 3 Н. Модуль равнодействующей векторов \vec{F}_1 , \vec{F}_2 , \vec{F}_3 и \vec{F}_4 равен
- 1) $(8 + \sqrt{13})$ Н
 - 2) $\sqrt{13}$ Н
 - 3) 3 Н
 - 4) 0 Н



- A4.** Если при увеличении скорости тела его импульс увеличился в 4 раза, то при этом кинетическая энергия тела
- 1) увеличилась в 2 раза
 - 2) увеличилась в 4 раза
 - 3) увеличилась в 16 раз
 - 4) уменьшилась в 4 раза

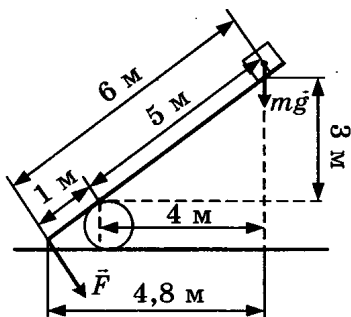
- A5. Тело массой 3 кг под действием силы \vec{F} перемещается вниз по наклонной плоскости на расстояние $l = 5$ м, расстояние тела от поверхности Земли при этом уменьшается на $h = 3$ м. Вектор силы \vec{F} направлен параллельно наклонной плоскости, модуль силы \vec{F} равен 20 Н. Какую работу при этом перемещении совершила сила тяжести? Ускорение свободного падения примите равным 10 м/с^2 , коэффициент трения $\mu = 0,5$.

- 1) 100 Дж
- 2) 90 Дж
- 3) 60 Н
- 4) -60 Н



- A6. Под действием силы тяжести $m\vec{g}$ груза и силы \vec{F} рычаг, представленный на рисунке, находится в равновесии. Расстояния между точками приложения сил и точкой опоры, а также проекции этих расстояний на вертикальную и горизонтальную оси указаны на рисунке. Если модуль силы \vec{F} равен 120 Н, то модуль силы тяжести, действующей на груз, равен

- 1) 20 Н
- 2) 24 Н
- 3) 30 Н
- 4) 480 Н



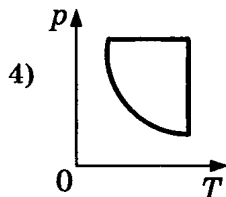
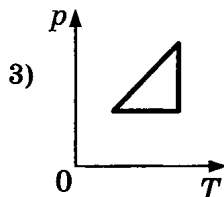
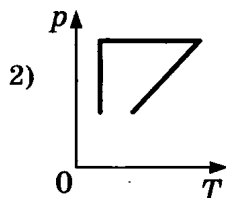
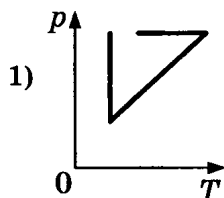
- A7. При свободных колебаниях груза на нити как маятника его кинетическая энергия изменяется от 0 Дж до 50 Дж, максимальное значение потенциальной энергии 50 Дж. В каких пределах изменяется полная механическая энергия груза при таких колебаниях?

- 1) Не изменяется и равна 0 Дж
- 2) Изменяется от 0 Дж до 100 Дж
- 3) Не изменяется и равна 50 Дж
- 4) Не изменяется и равна 100 Дж

A8. При уменьшении объема идеального газа в 2 раза и увеличении его абсолютной температуры в 4 раза давление газа

- 1) увеличилось в 8 раз
- 2) увеличилось в 2 раза
- 3) не изменилось
- 4) уменьшилось в 2 раза

A9. Идеальный газ сначала нагревался при постоянном объеме, потом его объем уменьшался при постоянном давлении, затем при постоянной температуре давление газа уменьшилось до первоначального значения. Какой из графиков на рисунке соответствует этим изменениям состояния газа?



A10. Если идеальный газ отдал количество теплоты 100 Дж и при этом внутренняя энергия газа уменьшилась на 100 Дж, то работа, совершенная газом, равна

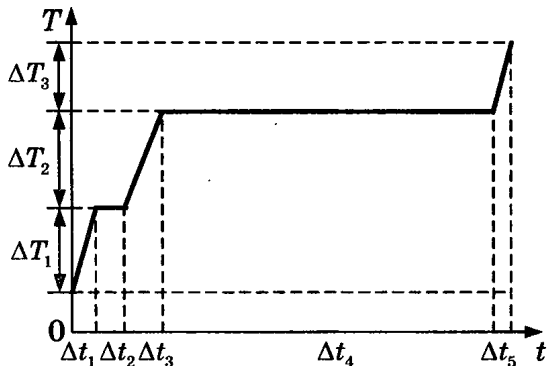
- | | |
|------------|-----------|
| 1) -200 Дж | 2) 200 Дж |
| 3) 100 Дж | 4) 0 Дж |

A11. Возможна ли такая идеальная тепловая машина, которая за цикл получает от нагревателя 50 Дж и совершает полезную работу 100 Дж? Каков КПД такой тепловой машины?

- 1) Возможна, 200%
- 2) Возможна, ~67%
- 3) Возможна, 50%
- 4) Невозможна, 200%

A12. На рисунке представлен график зависимости температуры T воды массой m от времени t при осуществлении теплопередачи с постоянной мощностью P . В момент времени $t = 0$ вода находилась в твердом состоянии. Какое из приведенных ниже выражений определяет удельную теплоту плавления льда по результатам этого опыта?

- 1) $\frac{P\Delta t_1}{m\Delta T_1}$ 2) $\frac{P\Delta t_2}{m}$ 3) $\frac{P\Delta t_3}{m\Delta T_2}$ 4) $\frac{P\Delta t_4}{m}$



A13. Сила взаимодействия между двумя точечными заряженными телами при увеличении заряда на каждом теле в 2 раза и уменьшении расстояния между телами в 2 раза

- 1) увеличивается в 16 раз
 2) увеличивается в 8 раз
 3) увеличивается в 2 раза
 4) не изменяется

A14. Прямолинейный проводник длиной 0,2 м находится в однородном магнитном поле с индукцией 4 Тл и расположен под углом 30° к вектору индукции. Чему равен модуль силы, действующей на проводник со стороны магнитного поля при силе тока в нем 2 А?

- 1) 0,2 Н 2) 0,8 Н
 3) 3,2 Н 4) 20 Н

A15. Могут ли линзы давать мнимые изображения предметов?

- 1) Могут только собирающие линзы
 2) Могут только рассеивающие линзы
 3) Могут собирающие и рассеивающие линзы
 4) Никакие линзы не могут давать мнимые изображения

- A16.** Число витков в первичной обмотке трансформатора в 2 раза меньше числа витков в его вторичной обмотке. Какова амплитуда колебаний напряжения на концах вторичной обмотки трансформатора в режиме холостого хода, если амплитуда колебаний напряжения на концах первичной обмотки 50 В?
- 1) 100 В
 - 2) $50\sqrt{2}$ В
 - 3) 50 В
 - 4) 25 В
- A17.** Какой из перечисленных ниже видов электромагнитных излучений имеет наибольшую длину волны?
- 1) Радиоволны
 - 2) Видимый свет
 - 2) Инфракрасное излучение
 - 4) Рентгеновское излучение
- A18.** При переходе луча света из одной среды в другую угол падения равен 53° , а угол преломления 37° ($\sin 37^\circ \approx 0,6$, $\sin 53^\circ \approx 0,8$). Каков относительный показатель преломления второй среды относительно первой?
- 1) $\approx 1,43$
 - 2) $\approx 1,33$
 - 3) 0,75
 - 4) $\approx 0,65$
- A19.** Объектив телескопа при фотографировании небесных тел дает
- 1) действительное увеличенное изображение
 - 2) действительное уменьшенное изображение
 - 3) мнимое увеличенное изображение
 - 4) мнимое уменьшенное изображение
- A20.** Какое физическое явление служит доказательством квантовой природы света?
- 1) Интерференция
 - 2) Дифракция
 - 3) Поляризация
 - 4) Фотоэффект

A21. Высказывается предположение о том, что длительное непрерывное использование мобильного телефона может принести вред человеческому организму. Такое предположение основано на том факте, что

- 1) мобильный телефон снабжен приемником радиоволн сверхвысокой частоты. Прием этих волн может принести вред живому организму
- 2) мобильный телефон снабжен передатчиком радиоволн сверхвысокой частоты. Эти волны от передатчика при определенной дозе облучения приносят вред живому организму
- 3) мобильный телефон снабжен приемником лазерного излучения, а это излучение вредно человеческому организму
- 4) мобильный телефон является слабым источником рентгеновского излучения

A22. В начальный момент времени было 1000 атомных ядер изотопа с периодом полураспада 5 минут. Сколько ядер этого изотопа останется нераспавшимися через 10 минут?

- 1) 0
- 2) Точно 25
- 3) Примерно 2500
- 4) Примерно 750

A23. Испускание какой частицы не сопровождается изменением зарядового и массового числа атомного ядра?

- 1) Альфа-частицы
- 2) Бета-частицы
- 3) Гамма-кванта
- 4) Нейтрона

A24. Плоский конденсатор подключен к источнику постоянного тока. Как изменится энергия электрического поля внутри конденсатора, если уменьшить в 2 раза расстояние между обкладками конденсатора?

- 1) Увеличится в 2 раза
- 2) Увеличится в 4 раза
- 3) Уменьшится в 2 раза
- 4) Уменьшится в 4 раза

A25. Человек массой m прыгает с горизонтальной скоростью v относительно Земли из неподвижной лодки массой M на берег. Каков модуль суммы векторов импульсов лодки и человека относительно Земли в момент после отрыва человека от лодки? Сопротивление воды движению лодки пренебрежимо мало.

- 1) 0
- 2) mv
- 3) $(m + M)v$
- 4) $2mv$

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. Комета движется по эллиптической орбите вокруг Солнца. Изменяются ли перечисленные в верхней строке таблицы физические величины во время удаления кометы от Солнца и если изменяются, то как? Считаем, что на комету действует только сила тяготения Солнца. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) не изменяется
- 2) только увеличивается по модулю
- 3) только уменьшается по модулю
- 4) увеличивается по модулю и изменяется по направлению
- 5) уменьшается по модулю и изменяется по направлению
- 6) увеличивается по модулю, не изменяется по направлению
- 7) уменьшается по модулю, не изменяется по направлению

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Скорость	
Ускорение	
Кинетическая энергия	
Потенциальная энергия	
Полная механическая энергия	

В2. Установите соответствие между физическими процессами в микромире, перечисленными в первом столбце, и характеристиками этих процессов

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

- А) Изменение кинетической энергии атомного ядра в результате столкновения с другим ядром или частицей
- Б) Изменение энергии атомного ядра как системы из протонов и нейтронов в результате взаимодействия с другим атомным ядром или частицей
- В) Испускание электромагнитных излучений возбужденным ядром

**ИХ
ХАРАКТЕРИСТИКИ**

- 1) Возможны любые изменения энергии
- 2) Возможен лишь набор квантованных изменений энергии
- 3) Спектр линейчатый
- 4) Спектр сплошной

А	Б	В

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

В3. Груз массой 1 кг был подвешен на нити 0,9 м, которая обрывается при значении силы упругости 20 Н. После отклонения от положения равновесия груз начал совершать свободные колебания. При прохождении положения равновесия произошел обрыв нити. С какой скоростью груз проходил положение равновесия? Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 . Ответ запишите числом, выраженным в метрах в секунду.

В4. Вычислите электрическое сопротивление резистора, при подключении которого к источнику постоянного тока с ЭДС 6 В и внутренним сопротивлением 1 Ом сила тока в цепи будет равна 2 А. Ответ запишите числом, выраженным в Омах.

- В5.** Фокусное расстояние собирающей линзы 40 см. На каком расстоянии от линзы находится изображение предмета, расположенного на расстоянии 20 см от линзы? Ответ запишите числом, выраженным в сантиметрах.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

- С1.** В эксперименте установлено, что при температуре воздуха в комнате 27 °С на стенке стакана с холодной водой начинается конденсация паров воды из воздуха, если снизить температуру стакана до 16 °С. По результатам этих экспериментов определите относительную влажность воздуха. Для решения задачи воспользуйтесь таблицей. При понижении температуры воздуха в комнате конденсация паров воды из воздуха начинается при той же температуре стакана 16 °С. Изменилась ли относительная влажность воздуха?

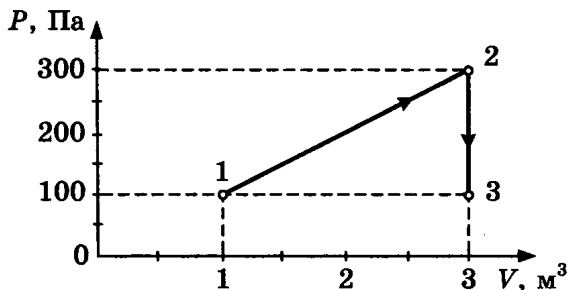
Давление и плотность насыщенного водяного пара при различной температуре

$t, ^\circ\text{C}$	7	9	11	12	13	14	15	16
$p, \text{гПа}$	10	11	13	14	15	16	17	18
$\rho, \text{г/м}^3$	7,7	8,8	10,0	10,7	11,4	12,11	12,8	13,6

$t, ^\circ\text{C}$	19	21	23	25	27	29	40	60
$p, \text{гПа}$	22	25	28	32	36	40	74	200
$\rho, \text{г/м}^3$	16,3	18,4	20,6	23,0	25,8	28,7	51,2	130,5

Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2. В аттракционе человек массой 70 кг движется на тележке по рельсам и совершает «мертвую петлю» в вертикальной плоскости. С какой скоростью двигалась тележка в нижней точке круговой траектории радиусом 5 м, если в этой точке сила давления человека на сидение тележки была равна 2100 Н? Ускорение свободного падения 10 м/с^2 .
- С3. На диаграмме представлены изменения давления и объема идеального одноатомного газа. Какое количество теплоты было получено или отдано газом при переходе из состояния 1 в состояние 3?



- С4. При коротком замыкании выводов гальванического элемента сила тока в цепи равна 2 А. При подключении к выводам гальванического элемента электрической лампы электрическим сопротивлением 3 Ом сила тока в цепи равна 0,5 А. По результатам этих экспериментов определите ЭДС гальванического элемента.
- С5. Фотокатод с работой выхода $4,42 \cdot 10^{-19}$ Дж, освещается светом с длиной волны 300 нм. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле индукцией $7,87 \cdot 10^{-4}$ Тл перпендикулярно вектору индукции. Чему равен максимальный радиус окружности R , по которой движутся электроны?
- С6. Вычислите массу радиоактивных продуктов деления ядер урана, накапливающихся в ядерном реакторе тепловой мощностью $3 \cdot 10^9$ Вт за сутки, принимая выделение энергии при делении ядра урана 235 равным 200 МэВ.

ВАРИАНТ 10

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1. Зависимость координаты x тела от времени t имеет вид: $x = 20 - 6t + 2t^2$. Через сколько секунд после начала отсчета времени $t = 0$ с проекция вектора скорости тела на ось Ox станет равной нулю?

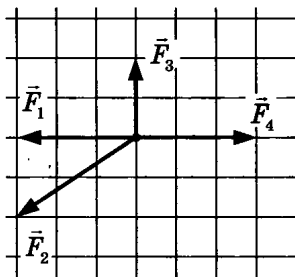
- 1) 1,5 с 2) 2 с 3) 3 с 4) 5 с

A2. Шар на нити колеблется как маятник. Как направлен вектор равнодействующей всех сил, действующих на шар в момент прохождения положения равновесия?

- 1) Вертикально вверх
2) Вертикально вниз
3) По направлению вектора скорости
4) Против направления вектора скорости

A3. На рисунке представлены четыре вектора сил. С исключением какого из четырех векторов равнодействующая оставшихся трех векторов равна нулю?

- 1) \vec{F}_1 2) \vec{F}_2
3) \vec{F}_3 4) \vec{F}_4

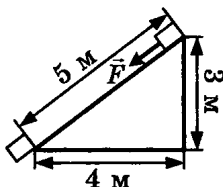


A4. Растянутая на 2 см стальная пружина обладает потенциальной энергией упругой деформации 4 Дж. При растяжении этой пружины еще на 2 см ее потенциальная энергия упругой деформации увеличится на

- 1) 4 Дж 2) 8 Дж
3) 12 Дж 4) 16 Дж

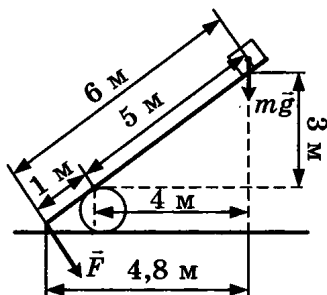
- A5.** Тело массой 3 кг под действием силы \vec{F} перемещается вниз по наклонной плоскости на расстояние $l = 5$ м, расстояние тела от поверхности Земли при этом уменьшается на $h = 3$ м. Вектор силы \vec{F} направлен параллельно наклонной плоскости, модуль силы \vec{F} равен 20 Н. Какую работу при этом перемещении совершила сила трения? Ускорение свободного падения примите равным 10 м/с^2 , коэффициент трения $\mu = 0,5$.

- 1) 100 Дж 2) 90 Дж 3) 60 Н 4) -60 Н



- A6.** Под действием силы тяжести $m\vec{g}$ груза и силы \vec{F} рычаг, представленный на рисунке, находится в равновесии. Расстояния между точками приложения сил и точкой опоры, а также проекции этих расстояний на вертикальную и горизонтальную оси указаны на рисунке. Если модуль силы \vec{F} равен 600 Н, то модуль силы тяжести, действующей на груз, равен

- 1) 100 Н 2) 120 Н 3) 150 Н 4) 2400 Н



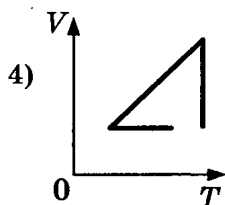
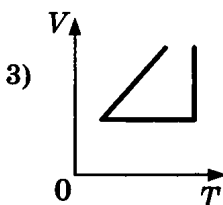
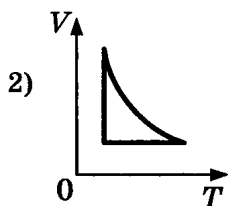
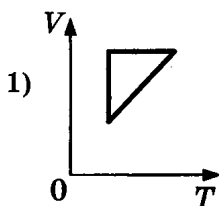
- A7.** Гири массой 2 кг подвешена на стальной пружине и совершает свободные колебания вдоль вертикально направленной оси Ox , координата x центра масс гири изменяется со временем по закону $x = 0,4 \cdot \sin 5t$. Кинетическая энергия гири изменяется по закону

- 1) $4 \cdot \cos^2 5t$ 2) $4 \cdot \sin^2 5t$
 3) $8 \cdot \sin^2 5t$ 4) $8 \cdot \cos^2 5t$

A8. При температуре T_0 и давлении p_0 один моль идеального газа занимает объем V_0 . Каков объем двух молей газа при том же давлении p_0 и температуре $2T_0$?

- 1) $4V_0$
- 2) $2V_0$
- 3) V_0
- 4) $8V_0$

A9. Идеальный газ сначала охлаждался при постоянном давлении, потом его давление увеличивалось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре объем газа увеличился до первоначального значения. Какой из графиков на рисунке в координатных осях $V-T$ соответствует этим изменениям состояния газа?



A10. Идеальный газ получил количество теплоты 100 Дж и при этом внутренняя энергия газа уменьшилась на 100 Дж. Работа, совершенная внешними силами над газом, равна

- 1) 100 Дж
- 2) 200 Дж
- 3) -200 Дж
- 4) 0 Дж

A11. Идеальная тепловая машина с КПД 60% за цикл работы получает от нагревателя 50 Дж. Какое количество теплоты машина отдает за цикл холодильнику?

- 1) 20 Дж
- 3) 50 Дж
- 2) 30 Дж
- 4) 80 Дж

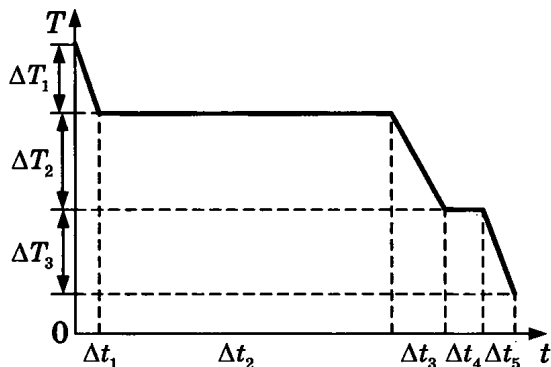
A12. На рисунке представлен график зависимости температуры T воды массой m от времени t при осуществлении теплоотвода с постоянной мощностью P . В момент времени $t = 0$ вода находилась в газообразном состоянии. Какое из приведенных ниже выражений определяет удельную теплоту конденсации водяного пара по результатам этого опыта?

1) $\frac{P\Delta t_5}{m\Delta T_3}$

2) $\frac{P\Delta t_2}{m}$

3) $\frac{P\Delta t_3}{m\Delta T_2}$

4) $\frac{P\Delta t_4}{m}$



A13. Между двумя точечными заряженными телами сила электрического взаимодействия равна 12 мН. Если заряд одного тела увеличить в 2 раза, а заряд другого тела уменьшить в 3 раза и расстояние между телами уменьшить в 2 раза, то сила взаимодействия между телами станет равна

1) 32 мН

2) 16 мН

3) 8 мН

4) 4 мН

A14. Число витков в первичной обмотке трансформатора в 2 раза больше числа витков в его вторичной обмотке. Какова амплитуда колебаний напряжения на концах вторичной обмотки трансформатора в режиме холостого хода при амплитуде колебаний напряжения на концах первичной обмотки 50 В?

1) 50 В

2) 100 В

3) $50\sqrt{2}$ В

4) 25 В

A15. Какой из перечисленных ниже видов электромагнитных излучений имеет наименьшую длину волны?

- 1) Радиоволны
- 2) Видимый свет
- 3) Инфракрасное излучение
- 4) Рентгеновское излучение

A16. Одним из доказательств того, что электромагнитные волны поперечные, является существование у них свойства

- 1) поляризации
- 2) отражения
- 3) преломления
- 4) интерференции

A17. Собирающая линза, используемая в качестве лупы, дает изображение

- 1) действительное увеличенное
- 2) мнимое уменьшенное
- 3) мнимое увеличенное
- 4) действительное уменьшенное

A18. При переходе луча света из одной среды в другую угол падения равен 30° , а угол преломления 60° . Каков относительный показатель преломления первой среды относительно второй?

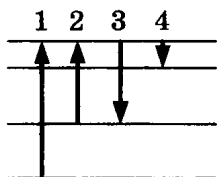
- | | |
|--------|-------------------------|
| 1) 0,5 | 2) $\frac{1}{\sqrt{3}}$ |
| 3) 2 | 4) $\sqrt{3}$ |

A19. При освещении металлической пластины с работой выхода A монохроматическим светом длиной волны λ происходит фотоэлектрический эффект, максимальная кинетическая энергия освобождаемых электронов равна $E_{\text{макс}}$. Каким будет значение максимальной кинетической энергии фотоэлектронов при освещении монохроматическим светом длиной волны $0,5\lambda$ пластины с работой выхода $\frac{A}{2}$?

- | | |
|------------------------------------|--|
| 1) $E_{\text{макс}} - \frac{A}{2}$ | 2) $E_{\text{макс}} + \frac{A}{2}$ |
| 3) $2E_{\text{макс}}$ | 4) Больше $2E_{\text{макс}} + \frac{A}{2}$ |

A20. На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Какой цифрой обозначен переход, соответствующий поглощению атомом фотона самой малой частоты?

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4



A21. При высоких температурах возможен синтез ядер гелия из ядер изотопов водорода: ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + X$. Какая частица X освобождается при осуществлении такой реакции?

- | | |
|------------|-------------|
| 1) Нейтрон | 2) Нейтрино |
| 3) Протон | 4) Электрон |

A22. При делении ядра плутония образуется два осколка, удельная энергия связи протонов и нейтронов в каждом из осколков ядра оказывается больше, чем удельная энергия связи нуклонов в ядре плутония. Выделяется или поглощается энергия при делении ядра плутония?

- 1) Выделяется
- 2) Поглощается
- 3) Не изменяется
- 4) В одном осколке выделяется, в другом поглощается

A23. Радиоактивный изотоп имеет период полураспада 2 минуты. Из 100 ядер этого изотопа сколько ядер испытает радиоактивный распад за 2 минуты?

- 1) Точно 50 ядер
- 2) 50 или немного меньше
- 3) 50 или немного больше
- 4) Около 50 ядер, может быть немного больше или немного меньше

A24. Конденсатор электроемкостью 0,5 Ф был заряжен до напряжения 4 В. Затем к нему подключили параллельно незаряженный конденсатор электроемкостью 0,5 Ф. Энергия системы из двух конденсаторов после их соединения равна

- | | |
|----------|---------|
| 1) 16 Дж | 2) 8 Дж |
| 3) 4 Дж | 4) 2 Дж |

- В2.** Установите соответствие между описанием действий человека в первом столбце таблицы и названиями этих действий во втором столбце.

ДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА

- А) В летний день человек увидел на небе радугу после дождя
- Б) Он подумал, что возможно разноцветная радуга возникает в результате какого-то взаимодействия белого солнечного света с каплями дождя
- В) Для проверки этого предположения человек в солнечный день взял садовый шланг и пустил из него струю воды так, чтобы она распалась на множество мелких капель воды. И он увидел маленькую радугу

НАЗВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ

- 1) Эксперимент
- 2) Наблюдение
- 3) Гипотеза

А	Б	В

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- В3.** Груз массой 1 кг подвешен на нити длиной 0,9 м и совершает свободные колебания относительно положения равновесия. При прохождении положения равновесия сила натяжения нити равна 20 Н. Какова скорость груза в момент прохождения положения равновесия? Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 . Ответ запишите числом, выраженным в м/с.
- В4.** При подключении к источнику постоянного тока резистора с электрическим сопротивлением 2 Ом сила тока в цепи равна 1 А, а при коротком замыкании выводов источника тока равна 2 А. Вычислите внутреннее сопротивление источника тока. Ответ запишите числом, выраженным в омах.

- В5.** Фокусное расстояние собирающей линзы 40 см. На каком расстоянии от линзы находится предмет, если линза дает его мнимое изображение на расстоянии 40 см от линзы? Ответ запишите числом, выраженным в сантиметрах.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

- С1.** В эксперименте установлено, что при температуре воздуха в комнате 29 °С на стенке стакана с холодной водой начинается конденсация паров воды из воздуха, если снизить температуру стакана до 27 °С. По результатам этих экспериментов определите абсолютную и относительную влажность воздуха. Для решения задачи воспользуйтесь таблицей. Поясните, почему конденсация паров воды в воздухе может начинаться при различных значениях температуры.

Давление и плотность насыщенного водяного пара при различной температуре

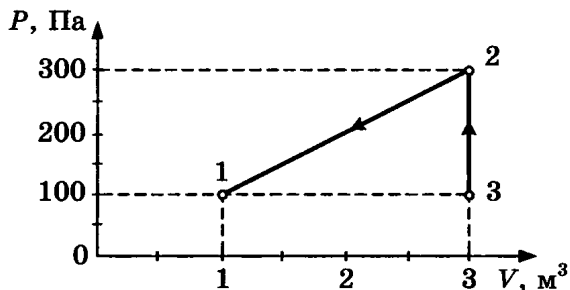
$t, ^\circ\text{C}$	7	9	11	12	13	14	15	16
$p, \text{гПа}$	10	11	13	14	15	16	17	18
$\rho, \text{г/м}^3$	7,7	8,8	10,0	10,7	11,4	12,11	12,8	13,6

$t, ^\circ\text{C}$	19	21	23	25	27	29	40	60
$p, \text{гПа}$	22	25	28	32	36	40	74	200
$\rho, \text{г/м}^3$	16,3	18,4	20,6	23,0	25,8	28,7	51,2	130,5

Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2.** В аттракционе человек массой 60 кг движется на тележке по рельсам и совершает «мертвую петлю» в вертикальной плоскости. Каков радиус круговой траектории, если в нижней точке при движении тележки со скоростью 10 м/с сила давления человека на сидение тележки была равна 1800 Н? Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с².

- С3. На диаграмме представлены изменения давления и объема идеального одноатомного газа. Какое количество теплоты было получено или отдано газом при переходе из состояния 1 в состояние 3?



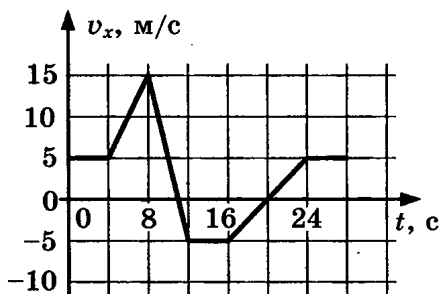
- С4. Ядро изотопа водорода ${}^2_1\text{H}$ — дейтерия — движется в однородном магнитном поле индукцией $3,34 \cdot 10^{-5}$ Тл перпендикулярно вектору \vec{B} индукции по окружности радиусом 10 м. Определите скорость ядра.
- С5. Спектр наблюдается с помощью дифракционной решетки, имеющей 500 штрихов на миллиметр. При расположении решетки у глаза спектральная линия в спектре первого порядка наблюдается на расстоянии $a = 9$ см от щели в экране, расстояние от решетки до экрана $l = 40$ см. Определите длину волны наблюдаемой спектральной линии.
- С6. Мировое потребление энергии человечеством составляет примерно $4 \cdot 10^{20}$ Дж в год. Если будет возможно освобождение собственной энергии вещества, сколько килограмм вещества потребуется расходовать человечеству в сутки для удовлетворения современных потребностей в энергии?

ВАРИАНТ 11

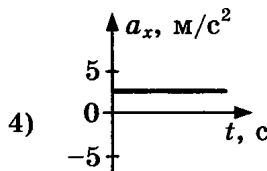
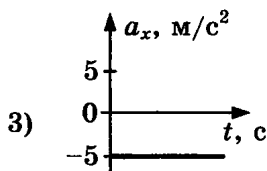
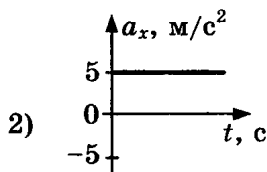
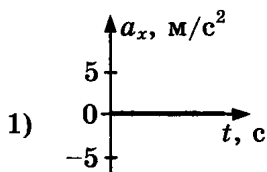
Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (А1–А25) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

- А1.** На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.



Проекция ускорения тела в интервале времени от 8 до 12 с представлена графиком



- А2.** Яблоко падает с дерева. Выберите верное утверждение:

- 1) яблоко действует на Землю с силой F , а Земля не действует на яблоко
- 2) Земля действует на яблоко с силой F , а яблоко не действует на Землю
- 3) яблоко и Земля не действуют друг на друга
- 4) яблоко и Земля действуют друг на друга с силой F

A3. При выполнении лабораторной работы ученик равномерно перемещал брусок с помощью динамометра по горизонтальному столу. Масса бруска 150 г. Динамометр, расположенный параллельно столу, показывал 0,5 Н. Коэффициент трения скольжения равен

- 1) 1 2) $\frac{2}{3}$ 3) $\frac{1}{3}$ 4) 1,5

A4. Скорость тела массой 100 г изменяется в соответствии с уравнением $v_x = 0,005 \sin(10\pi t)$. Его импульс в момент времени 0,2 с приблизительно равен

- 1) 0 кг · м/с
2) 0,005 кг · м/с
3) 0,16 кг · м/с
4) 1,6 кг · м/с

A5. Автомобиль движется равномерно по мосту, перекинутому через реку. Полная механическая энергия автомобиля определяется

- 1) только его скоростью и массой
2) только высотой моста над уровнем воды в реке
3) только его скоростью, массой, высотой моста над уровнем воды в реке
4) его скоростью, массой, уровнем отсчета потенциальной энергии и высотой над этим уровнем

A6. Человеческое ухо может воспринимать звуки частотой от 20 до 20000 Гц. Скорость звука в воздухе прием равной 340 м/с. Интервалу слышимости звуковых колебаний соответствует диапазон длин волн

- 1) от 0,017 до 17 м
2) от 6800 до 6 800 000 м
3) от 0,06 до 58,8 м
4) от 20 до 20 000 м

A7. Шарик после толчка катится вверх по гладкой наклонной плоскости, составляющей угол 30° с горизонтом, и проходит до полной остановки путь 40 см. Начальная скорость шарика

- 1) 10 м/с 2) 2 м/с
3) 20 м/с 4) 40 м/с

A8. При неизменной концентрации молекул гелия средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул уменьшилась в 4 раза. При этом давление газа

- 1) уменьшилось в 16 раз
- 2) уменьшилось в 2 раза
- 3) уменьшилось в 4 раза
- 4) не изменилось

A9. Горячая жидкость медленно охлаждалась в сосуде. В таблице приведены результаты измерений ее температуры с течением времени.

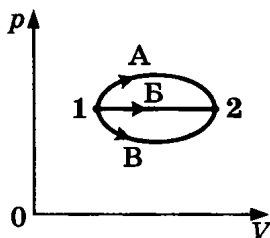
Время, мин	0	5	10	15	20	25	30
Температура, °C	95	88	78	75	75	75	73

В сосуде через 18 минут после начала измерений находилось вещество

- 1) только в жидком состоянии
- 2) только в твердом состоянии
- 3) и в жидком, и в твердом состояниях
- 4) и в жидком, и в газообразном состояниях

A10. В каком из процессов перехода идеального газа из состояния 1 в состояние 2, изображенном на pV -диаграмме (см. рисунок), газ совершает наибольшую работу?

- 1) А
- 2) Б
- 3) В
- 4) Во всех трех процессах газ совершает одинаковую работу

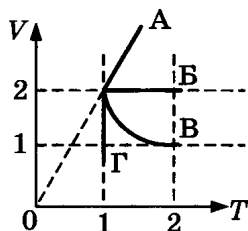


A11. Тепловая машина за цикл совершает работу 50 Дж, и отдаёт холодильнику количество теплоты, равное 100 Дж. КПД тепловой машины равен

- 1) 100%
- 2) 50%
- 3) 33%
- 4) 67%

A12. На VT -диаграмме приведены графики изменения состояния идеального газа. Изобарному процессу соответствует линия графика

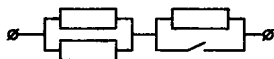
- 1) А
- 2) Б
- 3) В
- 4) Г



A13. Два маленьких шарика, обладающих зарядами q каждый, находятся на расстоянии r друг от друга и притягиваются с силой F . Какова сила электростатического притяжения двух других шариков, если заряд одного $3q$, заряд другого $\frac{q}{3}$, а расстояние между их центрами $3r$?

- 1) $3F$
- 2) $9F$
- 3) $\frac{F}{3}$
- 4) $\frac{F}{9}$

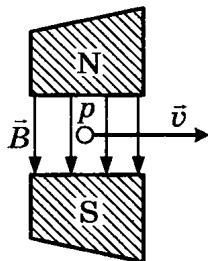
A14. Каким будет сопротивление участка цепи, изображенного на рисунке, при замыкании ключа? Каждый из резисторов имеет сопротивление R .



- 1) R
- 2) $\frac{R}{2}$
- 3) $\frac{3R}{2}$
- 4) 0

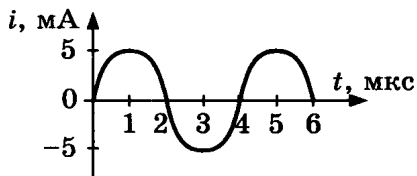
A15. Протон, влетевший в зазор между полюсами электромагнита, имеет горизонтальную скорость \vec{v} , перпендикулярную вектору индукции \vec{B} магнитного поля, направленного вниз (см. рисунок). Действующая на протон сила Лоренца \vec{F} направлена

- 1) вертикально вниз \downarrow
- 2) вертикально вверх \uparrow
- 3) горизонтально на нас \odot
- 4) горизонтально от нас \otimes

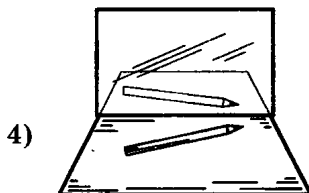
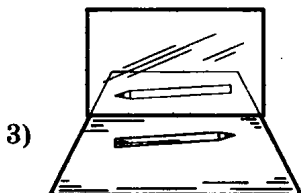
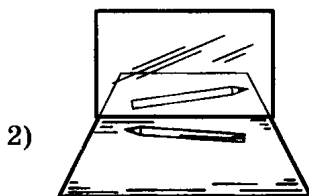
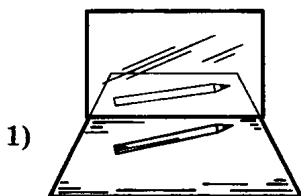


A16. На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре при свободных колебаниях. Если емкость конденсатора увеличить в 4 раза, то период собственных колебаний контура станет равным

- 1) 2 мкс
- 2) 4 мкс
- 3) 8 мкс
- 4) 16 мкс



A17. Отражение карандаша в плоском зеркале правильно показано на рисунке

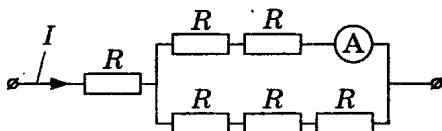


A18. Показатель преломления алмаза больше показателя преломления воды. При переходе из воды в алмаз угол преломления

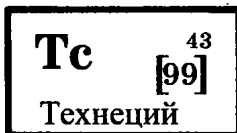
- 1) больше угла падения
- 2) меньше угла падения
- 3) равен углу падения
- 4) может быть больше и меньше угла падения, в зависимости от угла падения

A19. Через участок цепи (см. рисунок) течет постоянный ток $I = 5$ А. Какую силу тока показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.

- 1) 1 А
- 2) 2 А
- 3) 3 А
- 4) 4,5 А

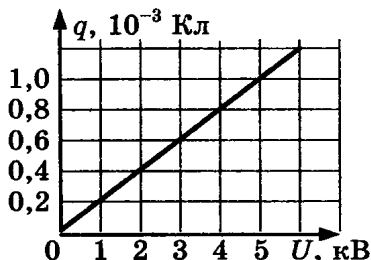


- A20. По данным таблицы химических элементов Д.И. Менделеева определите, на сколько число нейтронов в ядре технеция превышает число протонов.



- 1) 13 2) 43 3) 56 4) 99
- A21. Период полураспада радона 3,8 дня. Через какое время масса радона уменьшится в 64 раза?
- 1) 19 дней 2) 38 дней
3) 3,8 дня 4) 22,8 дня
- A22. Радиоактивный изотоп урана $^{238}_{92}\text{U}$ после двух α -распадов и двух β -распадов превращается в изотоп
- 1) $^{234}_{91}\text{Pa}$ 2) $^{230}_{90}\text{Th}$ 3) $^{238}_{92}\text{U}$ 4) $^{238}_{88}\text{Ra}$
- A23. Рассчитайте максимальную скорость электронов, выбиваемых из металла светом с длиной волны 300 нм, если работа выхода $A_{\text{вых}} = 3 \cdot 10^{-19}$ Дж.
- 1) 890 м/с 2) 890 км/с
3) 1200 км/с 4) 300000 км/с
- A24. Сколько метров никелинового провода сечением 0,1 мм² потребуется для изготовления реостата сопротивлением 180 Ом? Удельное сопротивление никелина $4 \cdot 10^{-7}$ Ом · м.
- 1) 45 м 2) 90 м 3) 180 м 4) 720 м
- A25. При исследовании зависимости заряда на обкладках конденсатора от приложенного напряжения был получен изображенный на рисунке график. Согласно этому графику, емкость конденсатора равна

- 1) $2 \cdot 10^{-5}$ Ф
2) $2 \cdot 10^{-7}$ Ф
3) $2,5 \cdot 10^{-2}$ Ф
4) 50 Ф

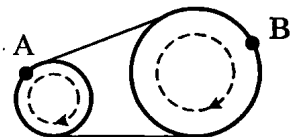


Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. Два шкива разного радиуса соединены ременной передачей и приведены во вращательное движение. Как изменятся линейная скорость, период вращения и угловая скорость при переходе от точки А к точке В, если ремень не проскальзывает? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится



Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Линейная скорость	Период вращения	Угловая скорость

В2. Установите соответствие между описанными в первом столбце особенностями применения первого закона термодинамики к различным изопроцессам и названием изопроцесса.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРВОГО ЗАКОНА ТЕРМОДИНАМИКИ

НАЗВАНИЕ ПРОЦЕССА

А) Все переданное газу количество теплоты идет на изменение внутренней энергии газа.

1) Изотермический

Б) Изменение внутренней энергии газа происходит только за счет совершения работы, так как теплообмен с окружающими телами отсутствует.

2) Изобарный

3) Изохорный

4) Адиабатный

А	Б

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- В3.** Школьник массой 45 кг, стоя на очень гладком льду, бросает ядро массой 3 кг под углом 60° к горизонту со скоростью 5 м/с. Какую скорость приобретет школьник? Ответ округлите до сотых.
- В4.** В стакан калориметра, содержащий 177 г воды, опустили кусок льда, имевший температуру 0°C . Начальная температура калориметра с водой равна 45°C . После того, как весь лёд растаял, температура воды и калориметра стала равна 5°C . Определите массу льда (в г). Теплоёмкостью калориметра пренебречь. Удельная теплоёмкость воды равна $4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$, удельная теплота плавления льда $3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж}/\text{кг}$. Ответ округлите до целых.
- В5.** Расстояние от собирающей линзы до изображения больше расстояния от предмета до линзы на 0,5 м. Увеличение линзы 3. Определите расстояние от линзы до предмета.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

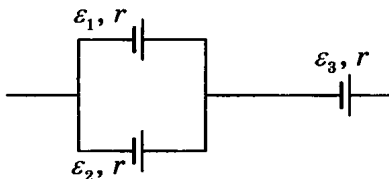
Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение этих заданий на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

- С1.** Отдельная икринка лягушки прозрачна, оболочка ее состоит из студенистого вещества; внутри икринки находится темный зародыш. Ранней весной в солнечные дни, когда температура воды в водоёмах близка к 0°C , икра на ощупь кажется теплой. Измерения показывают, что температура ее может достигать 30°C .
- 1) Как можно объяснить это явление?
 - 2) Приведите подобные примеры, встречающиеся в быту или в природе.

Полное и правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с числовым ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2. Математический маятник имеет массу 1 кг и длину 20 см. В момент, когда нить образует угол 60° с вертикалью, скорость груза маятника равна 1 м/с. Какова в этот момент сила натяжения нити?
- С3. Воздушный шар объёмом 2500 м^3 с массой оболочки 400 кг имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. До какой температуры нужно нагреть воздух в шаре, чтобы шар взлетел вместе с грузом (корзиной и воздухоплателем) массой 200 кг? Температура окружающего воздуха 7°C , его плотность $1,2 \text{ кг/м}^3$. Оболочку шара считать нерастяжимой.
- С4. В плоском конденсаторе диэлектрик между пластинами промок и стал пропускать ток. При плотности тока $0,02 \text{ А/м}^2$ в диэлектрике каждую секунду выделялось 10 Дж/м^3 теплоты (в расчете на единицу объёма). Чему равна напряженность электрического поля в конденсаторе?
- С5. Определите эквивалентное ЭДС и эквивалентное внутреннее сопротивление источника.



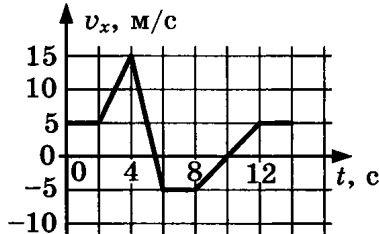
- С6. С какой скоростью вылетает α -частица из радиоактивного ядра, если она, попадая в однородное магнитное поле с индукцией 2 Тл перпендикулярно его силовым линиям, движется по дуге окружности радиуса 1 м (α -частица — ядро атома гелия, молярная масса гелия $0,004 \text{ кг/моль}$)?

ВАРИАНТ 12

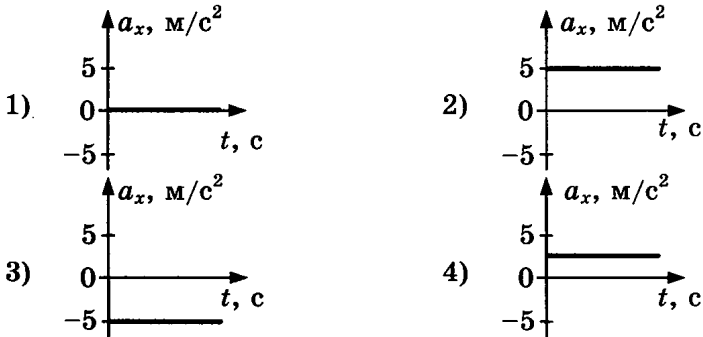
Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «x» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

- A1.** На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.



Проекция ускорения тела в интервале времени от 0 до 2 с представлена графиком



- A2.** Выберите ситуацию, которая отражает смысл третьего закона Ньютона:

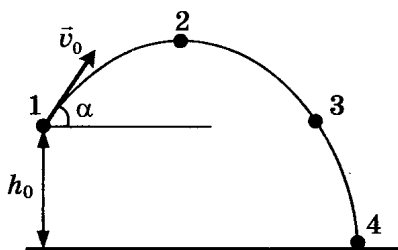
- 1) Земля с одинаковой по модулю силой действует на две килограммовые гири, находящиеся на ее поверхности
- 2) Земля действует на гирю с силой, по модулю равной силе, с которой гиря действует на Землю
- 3) на прямой, соединяющей Луну и Землю, есть точка, находясь в которой, гиря испытывает на себе воздействие равных по модулю гравитационных сил со стороны этих небесных тел
- 4) модуль ускорения гири при ее свободном падении на Землю пропорционален модулю силы тяжести, действующей на нее

- A3.** При исследовании упругих свойств пружины ученик получил следующую таблицу результатов измерений силы упругости и удлинения пружины:

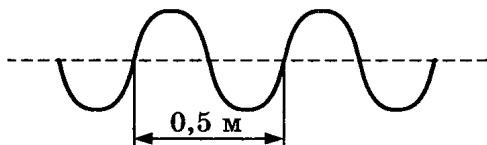
$F, \text{ Н}$	0	0,5	1	1,5	2,0	2,5
$x, \text{ см}$	0	1	2	3	4	5

Жесткость пружины равна

- 1) 0,5 Н/м
2) 5 Н/м
3) 50 Н/м
4) 500 Н/м
- A4.** Кинетическая энергия тела 16 Дж, а величина импульса 4 кг·м/с. Масса тела равна
- 1) 0,5 кг
2) 1 кг
3) 2 кг
4) 32 кг
- A5.** На рисунке представлена траектория движения тела, брошенного под углом к горизонту. В какой из четырех точек, отмеченных на траектории, кинетическая энергия имеет минимальное значение?
- 1) 1
2) 2
3) 3
4) 4

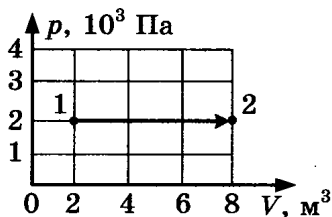


- A6.** Учитель продемонстрировал опыт по распространению волны по длинному шнуру. В один из моментов времени форма шнура оказалась такой, как показано на рисунке. Скорость распространения колебания по шнуру равна 2 м/с. Частота колебаний равна
- 1) 50 Гц
2) 0,25 Гц
3) 1 Гц
4) 4 Гц



A10. Какая работа совершается газом при переходе его из состояния 1 в состояние 2?

- 1) 8 кДж
- 2) 12 кДж
- 3) 8 Дж
- 4) 6 Дж

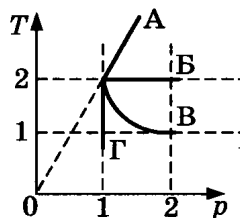


A11. КПД идеального теплового двигателя 30%. Какова температура нагревателя, если температура холодильника 20 °С? Ответ округлите до целых.

- | | |
|-----------|----------|
| 1) 419 °С | 2) 419 К |
| 3) 29 °С | 4) 10 К |

A12. На Tp -диаграмме приведены графики изменения состояния идеального газа. Изотермическому процессу соответствует линия графика

- 1) А
- 2) Б
- 3) В
- 4) Г

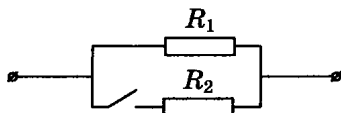


A13. Как нужно изменить расстояние между двумя точечными зарядами, чтобы сила взаимодействия между ними увеличилась в 16 раз?

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1) Увеличить в 2 раза | 2) Увеличить в 4 раза |
| 3) Уменьшить в 2 раза | 4) Уменьшить в 4 раза |

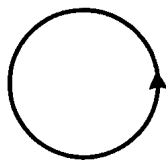
A14. Сопротивление цепи, изображенной на рисунке, при замыкании ключа

- 1) уменьшится
- 2) увеличится
- 3) не изменится
- 4) уменьшится или увеличится в зависимости от соотношения между сопротивлениями R_1 и R_2



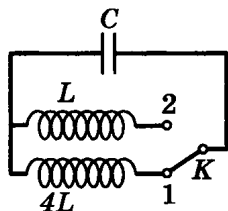
A15. На рисунке изображен проволочный виток, по которому идет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в плоскости чертежа. В центре витка вектор индукции магнитного поля тока направлен

- 1) к нам перпендикулярно плоскости чертежа \odot
- 2) от нас перпендикулярно плоскости чертежа \otimes
- 3) вправо \rightarrow
- 4) влево \leftarrow



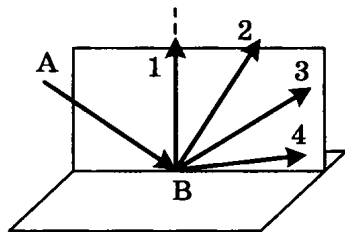
A16. Как изменится период собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок), если ключ K перевести из положения 1 в положение 2?

- 1) Уменьшится в 2 раза
- 2) Увеличится в 2 раза
- 3) Уменьшится в 4 раза
- 4) Увеличится в 4 раза



A17. Луч AB падает на плоское зеркало. Какой из отраженных лучей соответствует закону отражения (см. рисунок)?

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

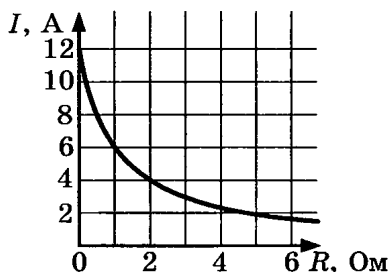


A18. При прохождении через границу раздела двух сред измерены два угла падения α_1 и α_2 и два соответствующих им угла преломления γ_1 и γ_2 . О соотношении этих углов можно утверждать, что

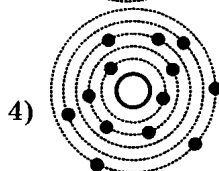
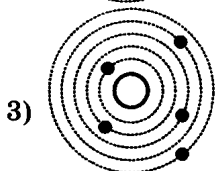
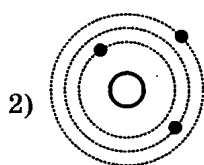
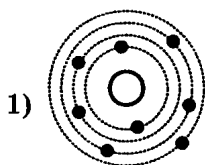
- | | |
|--|--|
| 1) $\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{\gamma_1}{\gamma_2}$ | 2) $\frac{\alpha_1}{\gamma_1} = \frac{\alpha_2}{\gamma_2}$ |
| 3) $\frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{\sin \gamma_1}{\sin \gamma_2}$ | 4) $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{\sin \gamma_1}{\sin \gamma_2}$ |

A19. К источнику тока с внутренним сопротивлением 2 Ом подключили реостат. На рисунке показан график зависимости силы тока в реостате от его сопротивления. Чему равна ЭДС источника тока?

- 1) 16 В
- 2) 8 В
- 3) 4 В
- 4) 2 В



A20. На рисунке изображены схемы четырех атомов. Черными точками обозначены электроны. Атому ${}^{13}_5\text{B}$ соответствует схема



A21. Период полураспада ядер атомов некоторого вещества составляет 17 с. Это означает, что

- 1) за 17 с атомный номер каждого атома уменьшится вдвое
- 2) один атом распадается каждые 17 с
- 3) половина изначально имевшихся атомов распадается за 17 с
- 4) все изначально имевшиеся атомы распадутся через 34 с

A22. Из ядра ${}^{224}_{88}\text{Ra}$ образуется ядро ${}^{216}_{84}\text{Po}$ в результате

- 1) одного α -распада и одного β -распада
- 2) двух β -распадов
- 3) двух α -распадов
- 4) одного α - и двух β -распадов

A23. Работа выхода электронов для исследуемого металла равна 6 эВ. Чему равна максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вылетающих из металлической пластинки под действием света, длина волны которого составляет $2/3$ длины волны, соответствующей красной границе фотоэффекта для этого металла?

- 1) $1/3$ эВ 2) 1 эВ 3) 3 эВ 4) 2 эВ

A24. При устройстве молниеотвода использовали стальной провод сечением 35 мм^2 и длиной 25 м. Определите его сопротивление. Удельное сопротивление стали $1,5 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

- 1) 0,107 Ом 2) 0,21 Ом 3) 750 Ом 4) 5833 Ом

A25. В лаборатории исследовалась зависимость напряжения на обкладках конденсатора от заряда этого конденсатора. Результаты измерений представлены в таблице.

q , мкКл	0,1	0,3	0,6	0,8	1,0
U , кВ	1,0	3,0	6,0	7,0	7,6

Погрешности измерений величин q и U равнялись соответственно 0,05 мкКл и 0,25 кВ. Емкость конденсатора примерно равна

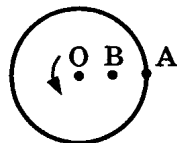
- 1) 250 пФ 2) 10 нФ 3) 100 пФ 4) 750 мкФ

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. На поверхность диска с центром в точке O нанесли две точки A и B (причём, $OB = BA$), и привели диск во вращение с постоянной линейной скоростью. Как изменятся угловая скорость, период вращения и центростремительное ускорение при переходе от точки A к точке B ? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится



Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Угловая скорость	Период вращения	Центростремительное ускорение

- В2.** Плоский конденсатор подключили к источнику тока, а затем уменьшили расстояние между пластинами. Что произойдет при этом с зарядом и электроёмкостью конденсатора? К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Краевыми эффектами пренебречь, считая пластины конденсатора бесконечно большими. Диэлектрическую проницаемость воздуха принять равной 1.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

А) Заряд конденсатора

1) Увеличится

Б) Электроёмкость

2) Уменьшится

3) Не изменится

А	Б

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- В3.** Мальчик массой 50 кг, стоя на очень гладком льду, бросает груз массой 2 кг под углом 60° к горизонту со скоростью 5 м/с. Какую скорость приобретет мальчик?
- В4.** Воду массой 100 г при температуре 12°C налили в калориметр, где находился лед при температуре $(-5)^\circ\text{C}$. После установления теплового равновесия, температура льда повысилась до 0°C , но масса льда не изменилась. Пренебрегая потерями тепла, оцените, какова масса льда в калориметре. Удельная теплоёмкость льда равна $2100 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, удельная теплоёмкость воды равна $4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.
- В5.** Высота изображения человека ростом 160 см на фотопленке 2 см. Определите расстояние от объектива до пленки, если человек сфотографирован с расстояния 9 м.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение этих заданий на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

- С1.** С помощью гигрометра, находящегося в комнате при температуре $24\text{ }^{\circ}\text{C}$, установили, что роса на поверхности металлической пластины появляется при $12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Пользуясь приведенной ниже таблицей, определите относительную влажность воздуха в помещении.

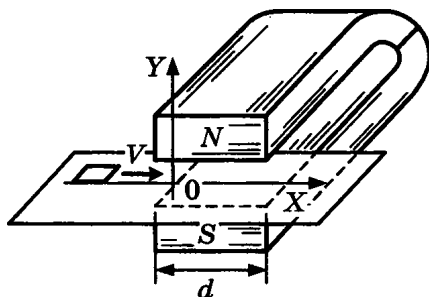
Давление насыщенных паров при различных температурах

Температура, $^{\circ}\text{C}$	24	22	20	18	16	14	12
Давление, кПа	3,0	2,6	2,3	2,1	1,8	1,6	1,4

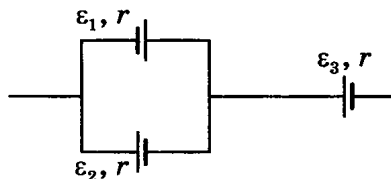
Полное и правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с числовым ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2.** На веревке длиной 1 м висит груз массой $0,1\text{ кг}$. Максимальное натяжение, выдерживаемое веревкой, 2 Н . На какой максимальный угол можно отклонить веревку, чтобы она не оборвалась после того как ее отпустят?
- С3.** На сколько отличается внутренняя энергия воздуха, заполняющего зал объемом 249 м^3 зимой и летом, если летом температура в зале достигает $27\text{ }^{\circ}\text{C}$, а зимой падает до $17\text{ }^{\circ}\text{C}$? Давление зимой и летом 100 кПа . Молярная масса воздуха $0,029\text{ кг/моль}$.
- С4.** Квадратная рамка со стороной $b = 5\text{ см}$ изготовлена из медной проволоки сопротивлением $R = 0,1\text{ Ом}$. Рамку перемещают по гладкой горизонтальной поверхности с постоянной скоростью V вдоль оси OX . Начальное положение рамки изображено на рисунке. За время движения рамка проходит между полюсами магнита и вновь оказывается в области, где магнитное поле отсутствует. Индукционные токи, возникающие в рамке, оказывают тормозящее действие, поэтому для поддержания постоянной скорости движения к ней прикладывают внешнюю силу F , направленную вдоль оси OX . С какой скоростью

движется рамка, если суммарная работа внешней силы за время движения равна $A = 2,5 \cdot 10^{-3}$ Дж? Ширина полюсов магнита $d = 20$ см, магнитное поле имеет резкую границу, однородно между полюсами, а его индукция $B = 1$ Тл.



- С5. Определите эквивалентное ЭДС и эквивалентное внутреннее сопротивление источника.



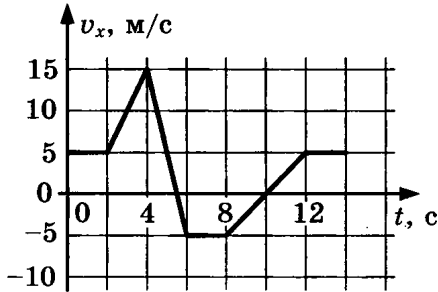
- С6. Радиоактивный элемент излучает α -частицу, она попадает в магнитное поле и вращается в нем по окружности радиуса $r = 10$ см со скоростью $v = 2 \cdot 10^5$ м/с. Чему равен модуль вектора магнитной индукции? (α -частица — ядро атома гелия, молярная масса гелия $0,004$ кг/моль). Числовой ответ, выраженный в миллitesлах, округлите до целых.

ВАРИАНТ 13

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «x» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

- A1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.



Проекция ускорения тела в интервале времени от 8 до 12 с представлена графиком

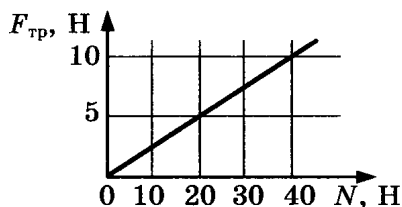
- 1)
2)
3)
4)

- A2. Утверждение, что материальная точка покоится или движется равномерно и прямолинейно, если на нее не действуют другие тела или воздействие на него других тел взаимно уравновешено,

- 1) верно при любых условиях
- 2) верно в инерциальных системах отсчета
- 3) верно для неинерциальных систем отсчета
- 4) неверно ни в каких системах отсчета

А3. На рисунке представлен график зависимости модуля силы трения от модуля силы нормального давления (см. рисунок). Определите коэффициент трения скольжения.

- 1) 0,1
- 2) 0,2
- 3) 0,25
- 4) 0,5

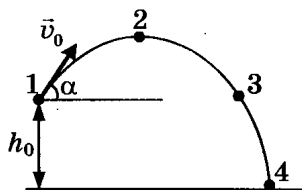


А4. Автомобиль массой 1 т движется равномерно по мосту на высоте 10 м над поверхностью Земли. Скорость автомобиля равна 10 м/с. Импульс p и кинетическая энергия E автомобиля равны

- 1) $p = 10^4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$; $E = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Дж}$
- 2) $p = 10^4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$; $E = 5 \cdot 10^4 \text{ Дж}$
- 3) $p = 0,5 \cdot 10^5 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$; $E = 10^4 \text{ Дж}$
- 4) $p = 10^4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$; $E = 1 \cdot 10^5 \text{ Дж}$

А5. На рисунке представлена траектория движения тела, брошенного под углом к горизонту. Потенциальная энергия имеет минимальное значение в точке

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4



А6. Волна частотой 3 Гц распространяется в среде со скоростью 6 м/с. Длина волны равна

- | | |
|----------|---------|
| 1) 1 м | 2) 2 м |
| 3) 0,5 м | 4) 18 м |

А7. Лыжник в начале спуска с горы имел скорость 2 м/с. Спустившись по склону горы, образующей угол 30° с горизонтом, лыжник увеличил свою скорость до 12 м/с. Какое расстояние проехал лыжник под уклон? Трением пренебречь.

- | | |
|-----------|----------|
| 1) 12,5 м | 2) 14 м |
| 3) 50 м | 4) 100 м |

A8. В результате остывания газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул уменьшилась в 3 раза. При этом абсолютная температура газа

- 1) уменьшилась в 3 раза
- 2) уменьшилась в $\sqrt{3}$ раз
- 3) уменьшилась в 9 раз
- 4) не изменилась

A9. Горячая жидкость медленно охлаждалась в стакане. В таблице приведены результаты измерений ее температуры с течением времени.

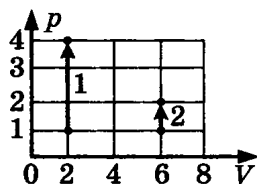
Время, мин	0	2	4	6	8	10	12
Температура, °С	96	89	86	84	84	84	79

В стакане через 7 минут после начала измерений находилось вещество

- 1) только в жидком состоянии
- 2) только в твердом состоянии
- 3) и в жидком, и в твердом состояниях
- 4) и в жидком, и в газообразном состояниях

A10. В двух сосудах находится одинаковое количество азота. С газом в сосудах происходят процессы, показанные на pV -диаграмме. Сравните работы, совершенные над газами в сосудах.

- 1) $A_1 > A_2$
- 2) $A_1 < A_2$
- 3) $A_1 = A_2 > 0$
- 4) $A_1 = A_2 = 0$

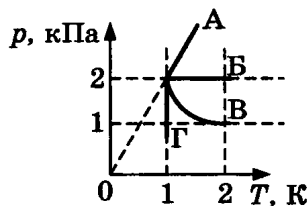


A11. Рабочее тело тепловой машины получило 70 кДж теплоты. При этом холодильнику передано 52,5 кДж теплоты. КПД такой машины равен

- 1) 1,7%
- 2) 17,5%
- 3) 25%
- 4) > 100%

A12. На pT -диаграмме приведены графики изменения состояния идеального газа. Изохорному процессу соответствует линия графика

- 1) А
- 2) Б
- 3) В
- 4) Г



A13. Как изменится сила электрического взаимодействия двух электрических зарядов при перенесении их из вакуума в воду с диэлектрической проницаемостью 81, если расстояние между ними останется прежним?

- 1) Уменьшится в 81 раз 2) Увеличится в 81 раз
3) Уменьшится в 9 раз 4) Увеличится в 9 раз

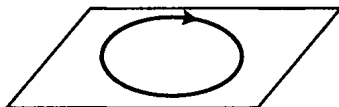
A14. Каким будет сопротивление участка цепи, изображенного на рисунке, при замыкании ключа? Каждый из резисторов имеет сопротивление R .



- 1) R 2) $\frac{R}{2}$ 3) $\frac{R}{3}$ 4) 0

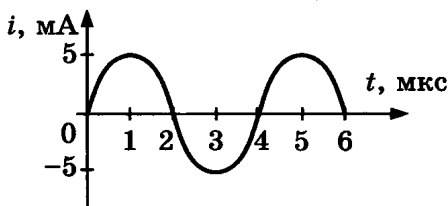
A15. На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в горизонтальной плоскости. В центре витка вектор индукции магнитного поля тока направлен

- 1) вертикально вверх \uparrow
2) горизонтально влево \leftarrow
3) горизонтально вправо \rightarrow
4) вертикально вниз \downarrow

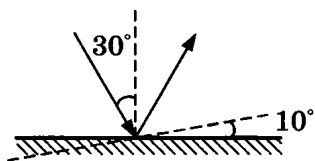


A16. На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре при свободных колебаниях. Если катушку в этом контуре заменить на другую катушку, индуктивность которой в 4 раза меньше, то период колебаний контура будет равен

- 1) 1 мкс 2) 2 мкс
3) 4 мкс 4) 8 мкс



A17. Угол падения света на горизонтально расположенное плоское зеркало равен 30° . Каким будет угол отражения света, если повернуть зеркало на 10° так, как показано на рисунке?



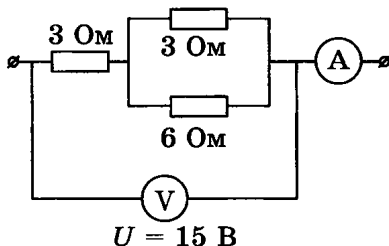
- 1) 30° 2) 10° 3) 40° 4) 20°

A18. Показатель преломления стекла больше показателя преломления воды. При переходе из воды в стекло угол преломления

- 1) больше угла падения
 2) меньше угла падения
 3) равен углу падения
 4) может быть больше и меньше угла падения, в зависимости от угла падения

A19. Какую силу тока показывает амперметр?

- 1) 0,67 A
 2) 2,14 A
 3) 3 A
 4) 5 A



A20. По данным таблицы химических элементов Д.И. Менделеева определите число нейтронов в ядре технеция.



- 1) 43 2) 56 3) 99 4) 142

A21. Период полураспада некоторого радиоактивного изотопа равен 1 месяцу. Количество радиоактивных атомов уменьшится в 16 раз

- 1) через 3 месяца 2) через 4 месяца
 3) через 5 месяцев 4) через 6 месяцев

A22. Полоний ${}^{214}_{84}\text{Po}$ превращается в висмут ${}^{210}_{83}\text{Bi}$ в результате

- 1) одного α -распада и одного β -распада
- 2) одного α -распада и двух β -распадов
- 3) двух α -распадов и одного β -распада
- 4) четырех α -распадов и одного β -распада

A23. Красная граница фотоэффекта исследуемого металла соответствует длине волны $\lambda_{\text{кр}} = 600$ нм. При освещении этого металла светом длиной волны λ максимальная кинетическая энергия выбитых из него фотоэлектронов в 3 раза меньше энергии падающего света. Какова длина волны λ падающего света?

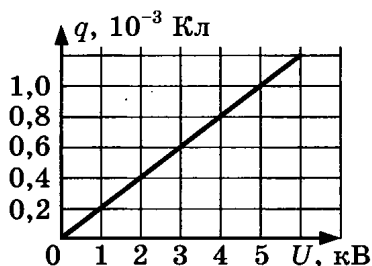
- 1) 133 нм
- 2) 300 нм
- 3) 400 нм
- 4) 1200 нм

A24. Вычислите сопротивление алюминиевого кабеля длиной 10 км и площадью сечения 2 мм^2 . Удельное сопротивление алюминия $2,8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

- 1) 0,14 Ом
- 2) 0,56 Ом
- 3) 140 Ом
- 4) 560 Ом

A25. При исследовании зависимости заряда на обкладках конденсатора от приложенного напряжения был получен изображенный на рисунке график. Согласно этому графику, емкость конденсатора равна

- 1) $4 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}$
- 2) $4 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$
- 3) $5 \cdot 10^{-2} \text{ Ф}$
- 4) 50 Ф

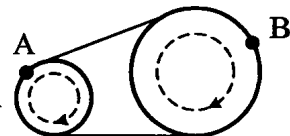


Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. Два шкива разного радиуса соединены ременной передачей и приведены во вращательное движение. Как изменятся линейная скорость, период вращения и угловая скорость при переходе от точки В к точке А, если ремень не проскальзывает? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится



Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Линейная скорость	Период вращения	Угловая скорость

В2. Установите соответствие между описанными в первом столбце особенностями применения первого закона термодинамики к различным изопроцессам и названием изопроцесса.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРВОГО ЗАКОНА ТЕРМОДИНАМИКИ

НАЗВАНИЕ ПРОЦЕССА

А) Все переданное газу количество теплоты идет на изменение внутренней энергии газа.

1) Адиабатный

2) Изобарный

3) Изотермический

Б) Изменение внутренней энергии газа происходит только за счет совершения работы, так как теплообмен с окружающими телами отсутствует.

4) Изохорный

А	Б

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- В3.** Шар массой 200 г падает со скоростью 10 м/с на неподвижную платформу под углом 45° к ней. Какой импульс будут иметь шар и платформа в результате абсолютно неупругого удара о платформу, если платформа может скользить по горизонтальной поверхности без трения? Ответ округлите до десятых.
- В4.** В сосуд с водой бросают кусочки тающего льда при непрерывном помешивании. Вначале кусочки льда тают, но в некоторый момент лёд перестаёт таять. Первоначальная масса воды в сосуде 330 г. В конце процесса масса воды увеличилась. На сколько грамм увеличилась масса воды, если её первоначальная температура 20°C ? Удельная теплоёмкость воды $4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$, удельная теплота плавления льда $330 \text{ кДж}/\text{кг}$.
- В5.** Расстояние от предмета до его изображения, полученное с помощью собирающей линзы, 280 см. Коэффициент увеличения линзы равен 3. Определите, на каком расстоянии (в см) от линзы располагается предмет.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение этих заданий на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

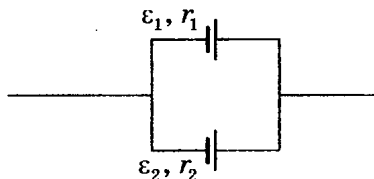
- С1.** Относительная влажность воздуха в комнате 63%, а температура 18°C . На сколько градусов должна понизиться температура воздуха на улице, чтобы оконные стекла запотели?

Давление насыщенных паров при различных температурах

Температура, $^\circ\text{C}$	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Давление, кПа	1,066	1,146	1,226	1,306	1,399	1,492	1,599	1,706	1,813	1,933	2,066

Полное и правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с числовым ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2. На нити длиной 1 м в горизонтальной плоскости вращается тяжелый маленький шарик. На какой угол от вертикали отклоняется нить при угловой скорости вращения, равной 4 рад/с?
- С3. Воздушный шар объёмом 2500 м^3 с массой оболочки 400 кг имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. Рассчитайте максимальную массу груза, который может поднять шар, если воздух в нем нагреть до температуры $77 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура окружающего воздуха $7 \text{ }^\circ\text{C}$, его плотность $1,2 \text{ кг/м}^3$. Оболочку шара считать нерастяжимой.
- С4. Медный куб с длиной ребра $a = 0,1 \text{ м}$ скользит по столу с постоянной скоростью $v = 10 \text{ м/с}$, касаясь стола одной из плоских поверхностей. Вектор индукции магнитного поля $B = 0,2 \text{ Тл}$ направлен вдоль поверхности стола и перпендикулярно вектору скорости куба. Найдите модуль вектора напряженности электрического поля, возникающего внутри металла.
- С5. Определите эквивалентное ЭДС и эквивалентное внутреннее сопротивление источника.



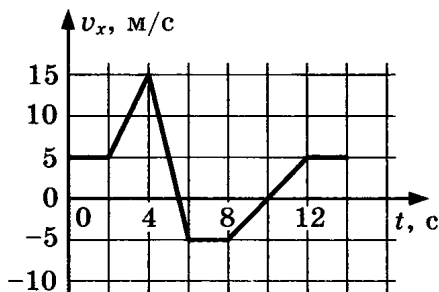
- С6. Радиоактивный элемент излучает α -частицу, она попадает в магнитное поле и вращается в нем по окружности радиуса $r = 10 \text{ см}$ со скоростью $v = 10^5 \text{ м/с}$. Чему равен модуль вектора магнитной индукции? (α -частица — ядро атома гелия, молярная масса гелия $0,004 \text{ кг/моль}$). Числовой ответ, выраженный в миллitesлах, округлите до целых.

ВАРИАНТ 14

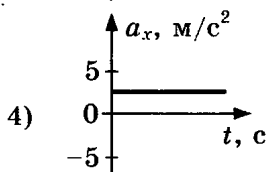
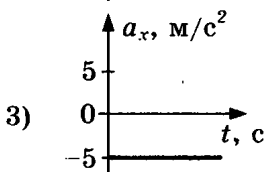
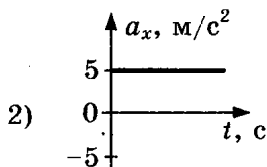
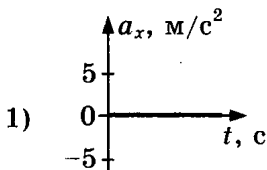
Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (А1–А25) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

- А1.** На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.



Проекция ускорения тела в интервале времени от 2 до 4 с представлена графиком



- А2.** Ракета с выключенным двигателем летит вдали от звезд. Что можно сказать о её движении?

- А. У ракеты нет ускорения
Б. Ракета летит прямолинейно
В. На ракету не действуют силы
Выберите правильный вариант:

- 1) А
2) Б
3) В
4) А, Б, В

A3. Лыжник идет по ровной лыжне (этап 1), не спеша, поднимается в горку (этап 2) и съезжает с неё (этап 3) с постоянной скоростью. На каком этапе движения лыжник испытывает состояние, близкое к невесомости?

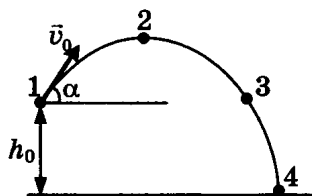
- 1) На 1 этапе
- 2) На 2 этапе
- 3) На 3 этапе
- 4) Ни на одном из перечисленных этапов

A4. Легковой автомобиль и грузовик движутся со скоростями 90 км/ч и 54 км/ч. Масса автомобиля 1000 кг. Какова масса грузовика, если отношение импульса грузовика к импульсу автомобиля равно 1,2?

- | | |
|------------|------------|
| 1) 2000 кг | 2) 4500 кг |
| 3) 1500 кг | 4) 1000 кг |

A5. На рисунке представлена траектория движения тела, брошенного под углом к горизонту. Потенциальная энергия имеет максимальное значение в точке

- | | |
|------|------|
| 1) 1 | 3) 3 |
| 2) 2 | 4) 4 |



A6. Какие изменения отмечает человек в звуке при увеличении амплитуды колебаний в звуковой волне?

- 1) Повышение высоты тона
- 2) Понижение высоты тона
- 3) Повышение громкости
- 4) Уменьшение громкости

A7. Спиленное дерево массой 100 кг с помощью лебёдки равномерно втаскивается на плоскую поверхность грузовой платформы трактора, которая наклонена под углом 45° к горизонту. Динамометр, контролирующий натяжение троса лебёдки, показывает при этом 850 Н. Определите коэффициент трения скольжения между бревном и платформой.

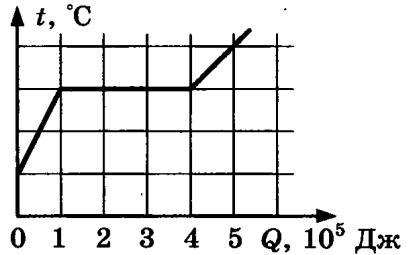
- | | | | |
|---------|--------|--------|--------|
| 1) 0,05 | 2) 0,1 | 3) 0,2 | 4) 0,5 |
|---------|--------|--------|--------|

A8. В результате нагревания газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул увеличилась в 4 раза. При этом абсолютная температура газа

- 1) увеличилась в 4 раза 2) увеличилась в 2 раза
3) уменьшилась в 4 раза 4) не изменилась

A9. На рисунке показан график изменения температуры вещества по мере поглощения теплоты. Масса тела 0,15 кг. Первоначально вещество было в твердом состоянии. Какова удельная теплота плавления вещества?

- 1) $6 \cdot 10^4$ Дж/кг
2) $5 \cdot 10^5$ Дж/К
3) $15 \cdot 10^5$ Дж/К
4) $2 \cdot 10^6$ Дж/К



A10. Идеальный газ совершил работу, равную 300 Дж. При этом внутренняя энергия его увеличилась на 300 Дж. В этом процессе газ

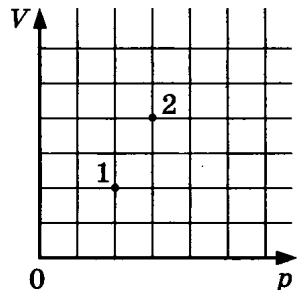
- 1) отдал 600 Дж 2) отдал 300 Дж
3) получил 600 Дж 4) получил 300 Дж

A11. Тепловая машина с КПД 60% за цикл работы отдаёт холодильнику количество теплоты, равное 100 Дж. Какое количество теплоты за цикл получает машина от нагревателя?

- 1) 600 Дж 2) 250 Дж
3) 150 Дж 4) 60 Дж

A12. В сосуде находится некоторое количество идеального газа. Как изменится температура газа, если он перейдет из состояния 1 в состояние 2 (см. рис)?

- 1) $T_2 = 3T_1$
2) $T_2 = \frac{T_1}{3}$
3) $T_2 = \frac{4T_1}{3}$
4) $T_2 = \frac{3T_1}{4}$

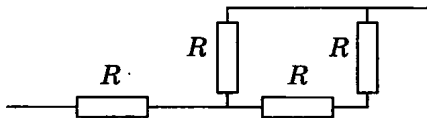


A13. Модуль силы взаимодействия между двумя точечными заряженными телами равен F . Чему будет равен модуль силы взаимодействия между телами, если электрический заряд каждого тела увеличить в n раз?

- 1) nF 2) n^2F 3) $\frac{F}{n}$ 4) $\frac{F}{n^2}$

A14. В цепи, схема которой изображена на рисунке, сопротивление каждого из резисторов равно 3 Ом. Найдите общее сопротивление цепи.

- 1) 12 Ом
2) 7,5 Ом
3) 5 Ом
4) 4 Ом



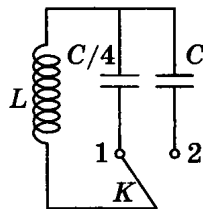
A15. На рисунке изображен проводник, через который течет электрический ток. Направление тока указано стрелкой. Вектор магнитной индукции в точке С направлен

- 1) в плоскости чертежа \uparrow
2) в плоскости чертежа \downarrow
3) от нас перпендикулярно плоскости чертежа \otimes
4) к нам перпендикулярно плоскости чертежа \odot



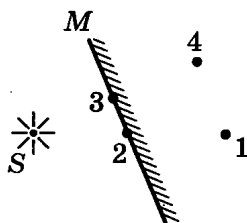
A16. Как изменится период собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок), если ключ K перевести из положения 1 в положение 2?

- 1) Уменьшится в 4 раза
2) Увеличится в 4 раза
3) Уменьшится в 2 раза
4) Увеличится в 2 раза



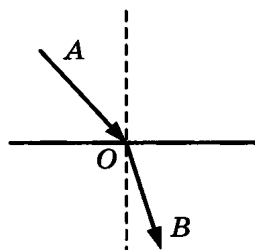
A17. Изображением источника света S в зеркале M (см. рисунок) является точка

- 1) 1
2) 2
3) 3
4) 4



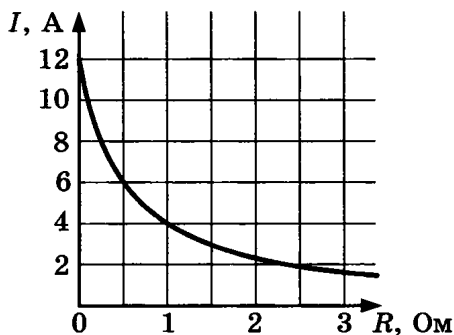
A18. Световой луч переходит из одной прозрачной среды в другую. На рисунке показана граница двух сред, падающий луч AO и преломленный луч OB . Можно ли, увеличивая угол падения, наблюдать явление полного внутреннего отражения?

- 1) Нет
- 2) Да
- 3) Зависит от угла падения
- 4) Не хватает данных

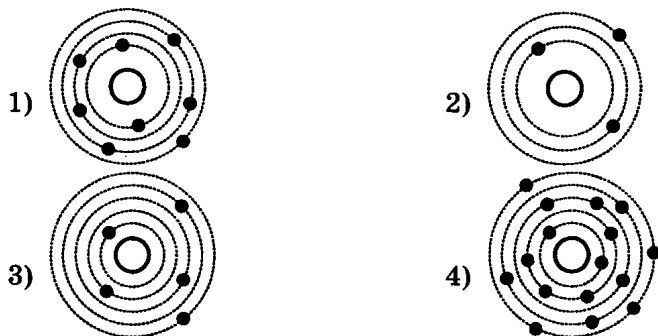


A19. К источнику тока с ЭДС = 6 В подключили реостат. На рисунке показан график изменения силы тока в реостате в зависимости от его сопротивления. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока?

- 1) 0 Ом
- 2) 0,5 Ом
- 3) 1 Ом
- 4) 2 Ом



A20. На рисунке изображены схемы четырех атомов. Черными точками обозначены электроны. Атому $^{16}_8\text{O}$ соответствует схема



A21. Радиоактивный изотоп имеет период полураспада 2 минуты. Сколько ядер из 1000 ядер этого изотопа испытает радиоактивный распад за 2 минуты?

- 1) Точно 500 ядер
- 2) 500 или немного меньше ядер
- 3) 500 или немного больше ядер
- 4) Около 500 ядер, может быть, немного больше или немного меньше

A22. Из ядра ${}_{84}^{215}\text{Po}$ получается ядро ${}_{83}^{211}\text{Bi}$ в результате

- 1) двух α -распадов
- 2) двух α -распадов и одного β -распада
- 3) одного α - и двух β -распадов
- 4) одного α -распада и одного β -распада

A23. Красная граница фотоэффекта исследуемого металла соответствует длине волны $\lambda_{\text{кр}} = 600$ нм. Какова длина волны света, выбивающего из него фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых в 2 раза меньше работы выхода?

- 1) 300 нм
- 2) 400 нм
- 3) 900 нм
- 4) 1200 нм

A24. В первых лампах накаливания их изобретатель А.Н. Лодыгин использовал графитовые (угольные) стержни площадью поперечного сечения 3 мм^2 и длиной 6 см. Вычислите сопротивление стержня накаливания. Удельное сопротивление графита $4 \cdot 10^{-5} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

- 1) 0,8 Ом
- 2) 20 Ом
- 3) 80 Ом
- 4) 120 Ом

A25. В лаборатории исследовалась зависимость напряжения на обкладках конденсатора от заряда этого конденсатора. Результаты измерений представлены в таблице.

q , мкКл	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
U , кВ	0,3	0,9	1,8	2,1	2,3

Погрешности измерений величин q и U равнялись соответственно 0,05 мкКл и 0,25 кВ. Электроёмкость конденсатора примерно равна

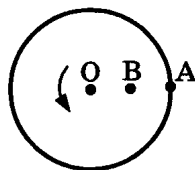
- 1) 167 пФ
- 2) 6 нФ
- 3) 333 пФ
- 4) 250 мкФ

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. На поверхность диска с центром в точке O нанесли две точки A и B (причём, $OB = BA$), и привели диск во вращение с постоянной линейной скоростью. Как изменятся угловая скорость, период вращения и центростремительное ускорение при переходе от точки B к точке A ? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится



Запишите в таблице выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Угловая скорость	Период вращения	Центростремительное ускорение

В2. Плоский конденсатор подключили к источнику тока, а затем пространство между пластинами конденсатора заполнили жидким диэлектриком. Что произойдет при этом с зарядом и электроёмкостью конденсатора?

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Краевыми эффектами пренебречь, считая пластины конденсатора бесконечно большими. Диэлектрическую проницаемость воздуха принять равной 1.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) Заряд конденсатора
- Б) Электроёмкость

ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- 1) Увеличится
- 2) Уменьшится
- 3) Не изменится

А	Б

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- В3.** На стоящие на горизонтальном льду сани массой 200 кг с разбега запрыгнул человек массой 50 кг. Скорость саней после прыжка составила 0,8 м/с. Какой была проекция скорости человека на горизонтальное направление в момент касания саней?
- В4.** В сосуд, содержащий 8 кг воды при температуре 15 °С, положили лед, имеющий температуру –40 °С. В результате теплообмена установилась температура –3 °С. Определите массу льда. Удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг · К), удельная теплота плавления льда $3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг, а его удельная теплоёмкость 2100 Дж/(кг · К). Ответ округлите до сотых.
- В5.** С помощью собирающей линзы получено увеличенное в 5 раз изображение предмета. Расстояние от предмета до экрана 3 м. Определите, на каком расстоянии от линзы располагается предмет.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

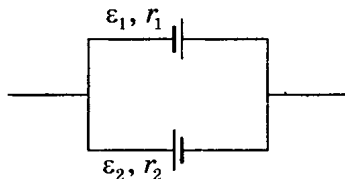
Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение этих заданий на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

- С1.** Подъёмной силой воздушного шара является архимедова сила, которая создается атмосферным воздухом.
- 1) Как изменяется архимедова сила по мере подъёма воздушного шара?
 - 2) Зачем воздухоплаватели берут с собой балласт — мешки с песком?

Полное и правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с числовым ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- C2. К потолку на нити длиной 1 м прикреплен тяжелый шарик. Шарик приведен во вращение в горизонтальной плоскости. Нить составляет угол 60° с вертикалью. Найдите период обращения шарика.
- C3. Во сколько раз отличается внутренняя энергия воздуха в открытом сосуде при температуре 27 и 67°C ?
- C4. К однородному медному цилиндрическому проводнику длиной 10 м приложили разность потенциалов 1 В. Определите промежуток времени, в течение которого температура проводника повысится на 10 К. Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь. Плотность меди 8900 кг/м^3 , удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8}\text{ Ом}\cdot\text{м}$, удельная теплоёмкость меди $380\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$. Ответ округлите до десятых.
- C5. Определите эквивалентное ЭДС и эквивалентное внутреннее сопротивление источника.



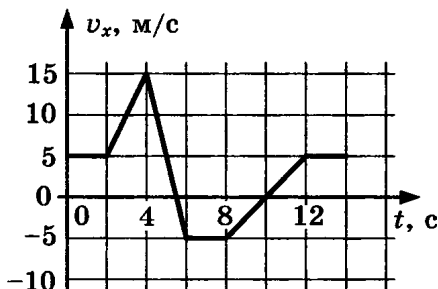
- C6. С какой скоростью вылетает α -частица из радиоактивного ядра, если она, попадая в однородное магнитное поле с индукцией 1 Тл перпендикулярно его силовым линиям, движется по дуге окружности радиуса 0,5 м (α -частица — ядро атома гелия, молярная масса гелия $0,004\text{ кг/моль}$)?

ВАРИАНТ 15

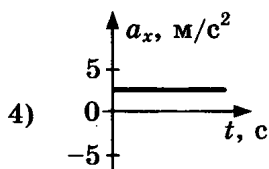
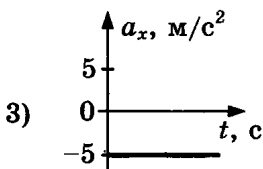
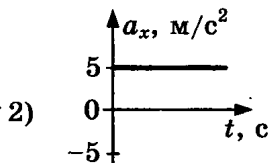
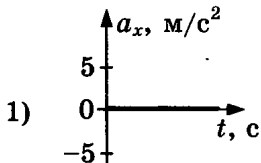
Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (А1–А25) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

- А1.** На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.



Проекция ускорения тела в интервале времени от 6 до 8 с представлена графиком



- А2.** Сумма всех сил, действующих на тело, равна нулю. Можно утверждать:
- А. Тело не имеет ускорения
 - Б. Тело находится в покое или движется с постоянной скоростью
 - В. Тело изменяет скорость по величине
- Выберите верное утверждение:

1) А

2) Б

3) В

4) А, Б

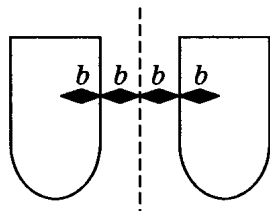
А3. По какой из приведенных формул можно рассчитать силу гравитационного притяжения между двумя кораблями одинаковой массы m (см. рисунок)?

1) $F = Gm^2/b^2$

2) $F = Gm^2/4b^2$

3) $F = Gm^2/9b^2$

4) Ни по одной из указанных формул



А4. Движение тела массой 2 кг описывается уравнением $x = A + Bt + Ct^2$, где $A = 2$ м, $B = 3$ м/с, $C = 5$ м/с². Какова проекция импульса тела на ось OX в момент времени $t = 2$ с?

1) 86 кг · м/с

2) 48 кг · м/с

3) 46 кг · м/с

4) 26 кг · м/с

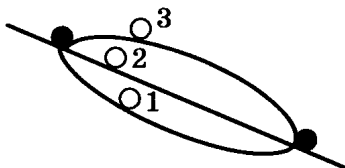
А5. Шарик скатывали с горки по трём разным гладким желобам (выпуклому, прямому и вогнутому). В начале пути скорости шарика одинаковы. В каком случае скорость шарика в конце пути наибольшая? Трением пренебречь.

1) В первом

2) Во втором

3) В третьем

4) Во всех случаях скорость одинаковая



А6. Волна с периодом колебаний 0,5 с распространяется со скоростью 20 м/с. Длина волны равна

1) 10 м

2) 40 м

3) 0,025 м

4) 5 м

А7. После толчка брусок скользит вверх по наклонной плоскости. Как направлены вектор начальной скорости \vec{v}_0 , равнодействующая сила \vec{F} и ускорение бруска \vec{a} ?

1) \vec{v}_0 вверх, вдоль наклонной плоскости; \vec{F} и \vec{a} вниз

2) \vec{v}_0 и \vec{a} вверх, вдоль наклонной плоскости; \vec{F} вниз

3) \vec{v}_0 вниз, вдоль наклонной плоскости; \vec{F} и \vec{a} вверх

4) \vec{v}_0 и \vec{a} вниз, вдоль наклонной плоскости; \vec{F} вверх

A8. В результате нагревания идеального газа его давление при постоянной концентрации увеличилось в 2 раза. При этом абсолютная температура газа

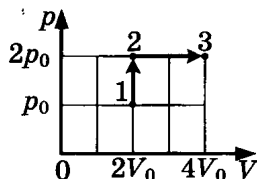
- 1) увеличилась в 4 раза 2) увеличилась в 2 раза
3) уменьшилась в 2 раза 4) не изменилась

A9. Вещество массой m находится в твёрдом состоянии. К нему при постоянной температуре T подводят количество теплоты Q , и оно переходит в жидкое состояние. Удельную теплоту плавления можно рассчитать по формуле

- 1) $\frac{Q}{mT}$ 2) $\frac{Q}{m}$ 3) Qm 4) QmT

A10. Идеальный газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления газа от объёма. Работа, совершенная газом, равна

- 1) $\frac{1}{2} p_0 V_0$ 2) $p_0 V_0$ 3) $2p_0 V_0$ 4) $4p_0 V_0$

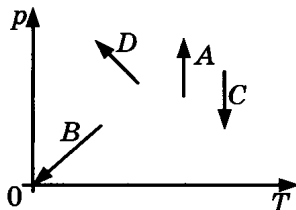


A11. Чему равен коэффициент полезного действия паровой турбины, если полученное ею количество теплоты равно 1000 МДж, а полезная работа составляет 400 МДж?

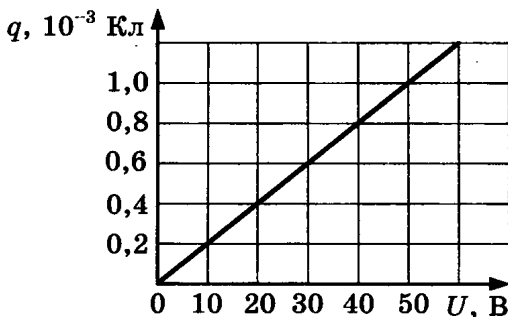
- 1) 4% 2) 25%
3) 40% 4) 60%

A12. На рисунке показаны графики четырех процессов изменения состояния идеального газа. Изотермическим расширением является процесс

- 1) A 2) B 3) C 4) D



- A21.** Период полураспада изотопа ртути $^{190}_{80}\text{Hg}$ равен 20 мин. Если изначально масса этого изотопа равнялась 40 г, то сколько примерно его будет через 1 час?
- 1) 5 г 2) 4 г 3) 0,67 г 4) 0 г
- A22.** Радиоактивный изотоп полония $^{213}_{84}\text{Po}$ превращается в стабильное ядро полония $^{209}_{84}\text{Po}$ в результате
- 1) одного α -распада и одного β -распада
 2) одного α -распада и двух β -распадов
 3) двух α -распадов и одного β -распада
 4) двух α -распадов и двух β -распадов
- A23.** При освещении катода вакуумного фотоэлемента потоком монохроматического света происходит освобождение фотоэлектронов. При уменьшении частоты падающего света в 2 раза максимальная энергия вылетевших фотоэлектронов
- 1) увеличится в 2 раза
 2) уменьшится в 2 раза
 3) уменьшится более чем в 2 раза
 4) увеличится более чем в 2 раза
- A24.** Какой длины надо взять проволоку площадью поперечного сечения $0,4 \text{ мм}^2$, чтобы ее сопротивление было $19,2 \text{ Ом}$? Удельное сопротивление $9,6 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.
- 1) 0,002 м 2) 80 м 3) 8 м 4) 5000 м
- A25.** При исследовании зависимости заряда на обкладках конденсатора от приложенного напряжения был получен изображенный на рисунке график. Согласно этому графику, емкость конденсатора равна
- 1) $2 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}$ 2) $2 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$
 3) $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ Ф}$ 4) 50 Ф

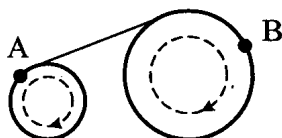


Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. Два шкива разного радиуса соединены ременной передачей и приведены во вращательное движение. Как изменяются линейная скорость, частота и угловая скорость при переходе от точки А к точке В, если ремень не проскальзывает? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится



Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Линейная скорость	Частота	Угловая скорость

В2. Установите соответствие между описанными в первом столбце особенностями применения первого закона термодинамики к различным изопроцессам и названием изопроцесса.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРВОГО ЗАКОНА ТЕРМОДИНАМИКИ

НАЗВАНИЕ ПРОЦЕССА

- А) Все переданное газу количество теплоты идет на совершение работы, а внутренняя энергия газа остаётся без изменения.
- Б) Все переданное газу количество теплоты идет на изменение внутренней энергии газа.

- 1) Адиабатный
- 2) Изотермический
- 3) Изобарный
- 4) Изохорный

А	Б

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- В3.** На стоящие на льду сани массой 200 кг с некоторой высоты прыгает человек со скоростью, проекция которой на горизонтальное направление в момент касания саней равна 4 м/с. Скорость саней после прыжка составила 0,8 м/с. Определите массу человека.
- В4.** В сосуд, содержащий 10 кг воды при температуре 10 °С, положили лед, имеющий температуру –50 °С. В результате теплообмена установилась температура –4 °С. Определите массу льда. Удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг · К), удельная теплота плавления льда $3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг, а его удельная теплоёмкость 2100 Дж/(кг · К). Ответ округлите до сотых.
- В5.** Расстояние от предмета до экрана, где получается четкое изображение предмета, 4 м. Изображение в 3 раза больше самого предмета. Найдите расстояние от линзы до изображения.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение этих заданий на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

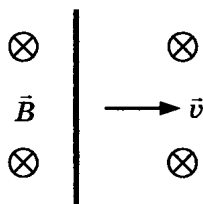
- С1.** Относительная влажность воздуха в комнате 77%, а температура 18 °С. При какой температуре воздуха на улице оконные стекла запотеют?

Давление насыщенных паров при различных температурах

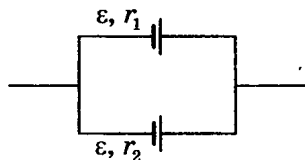
Температура, °С	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Давление, кПа	1,066	1,146	1,226	1,306	1,399	1,492	1,599	1,706	1,813	1,933	2,066

Полное и правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с числовым ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2. С какой скоростью едет автомобиль по выпуклому мосту, радиус кривизны которого 63 м, если давление автомобиля на мост в верхней точке моста в два раза больше, чем в точке, направление на которую из центра кривизны моста составляет 30° с вертикалью?
- С3. Воздушный шар объёмом 2500 м^3 имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. Если температура окружающего воздуха 7°C , его плотность $1,2 \text{ кг/м}^3$, то при нагревании воздуха в шаре до температуры 77°C шар поднимает груз с максимальной массой 200 кг. Какова масса оболочки шара? Оболочку шара считать нерастяжимой.
- С4. Горизонтально расположенный проводник длиной 1 м движется равноускоренно в вертикальном однородном магнитном поле, индукция которого равна 0,5 Тл и направлена перпендикулярно проводнику и скорости его движения (см. рисунок). Начальная скорость проводника равна нулю, а его ускорение 8 м/с^2 . Вычислите ЭДС индукции на концах проводника в тот момент, когда он переместился на 1 м.



- С5. Определите эквивалентное ЭДС и эквивалентное внутреннее сопротивление источника.



- С6. Подводная лодка «Наутилус» (США) имеет мощность топливных установок 15 МВт, КПД 25%. Топливом служит обогащенный уран массой 1 кг, при делении ядер которого выделяется энергия $6,9 \cdot 10^{13}$ Дж. Определите запас горючего, необходимого для трехмесячного (90 дней) плавания лодки.

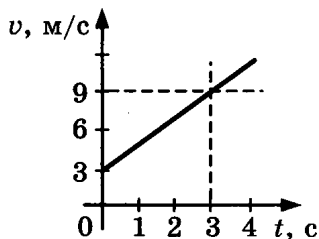
ВАРИАНТ 16

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «x» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1. По графику зависимости модуля скорости от времени, представленному на рисунке, определите ускорение прямолинейно движущегося тела в момент времени 2 с.

- 1) 2 м/с^2
- 2) 3 м/с^2
- 3) 9 м/с^2
- 4) 27 м/с^2



A2. Под действием силы, равной 25 Н, тело массой 10 кг движется

- 1) равномерно со скоростью 5 м/с^2
- 2) равномерно со скоростью $0,4 \text{ м/с}^2$
- 3) равноускоренно с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$
- 4) равноускоренно с ускорением $2,5 \text{ м/с}^2$

A3. При движении по горизонтальной поверхности на тело массой 20 кг действует сила трения скольжения 6 Н. Какой станет сила трения скольжения после уменьшения массы тела в 4 раза, если коэффициент трения не изменится?

- | | |
|--------|----------|
| 1) 1 Н | 2) 1,5 Н |
| 3) 5 Н | 4) 6 Н |

A4. Движение тела массой 3 кг описывается уравнением $x = A + Bt + Ct^2$, где $A = 3 \text{ м}$, $B = 4 \text{ м/с}$, $C = 2 \text{ м/с}^2$. Какова проекция импульса тела на ось Ox в момент времени $t = 3 \text{ с}$?

- 1) $16 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$
- 2) $32 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$
- 3) $48 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$
- 4) $96 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$

A5. Санки массой m съезжают с гладкой наклонной плоскости, высотой h . После чего они продолжают движение по горизонтальной поверхности и, спустя некоторое время, останавливаются. Как при этом изменилась их полная механическая энергия?

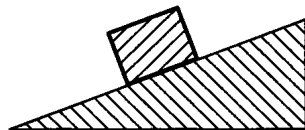
- 1) Не изменилась
- 2) Уменьшилась на mgh
- 3) Увеличилась на mgh
- 4) Нельзя ответить на вопрос, так как не задан коэффициент трения

A6. Обязательными условиями возбуждения звуковой волны являются:

- А. Наличие источника колебаний
 - Б. Наличие упругой среды
 - В. Наличие газовой среды
- Выберите верный вариант:

- 1) А и Б
- 2) Б и В
- 3) А и В
- 4) А, Б и В

A7. Брусок массой 200 г покоится на наклонной плоскости. Коэффициент трения между поверхностью бруска и плоскости равен 0,6. Определите величину силы трения, если угол наклона плоскости к горизонту равен 30° .



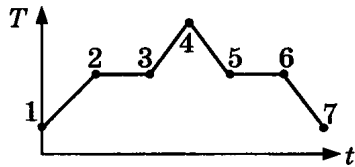
- 1) 0,5 Н
- 2) 1 Н
- 3) 1,7 Н
- 4) 2 Н

A8. При неизменной концентрации молекул гелия средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул уменьшилась в 4 раза. При этом давление газа

- 1) уменьшилось в 16 раз
- 2) уменьшилось в 2 раза
- 3) уменьшилось в 4 раза
- 4) не изменилось

A9. На графике (см. рисунок) показана зависимость температуры T вещества от времени t . В начальный момент времени вещество находилось в кристаллическом состоянии. Окончанию процесса плавления вещества соответствует точка

- 1) 5
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 6



A10. Идеальный газ совершил работу, равную 100 Дж, и отдал количество теплоты, равное 300 Дж. При этом внутренняя энергия газа

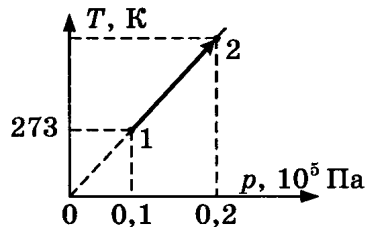
- 1) увеличилась на 400 Дж
- 2) увеличилась на 200 Дж
- 3) уменьшилась на 400 Дж
- 4) уменьшилась на 200 Дж

A11. Тепловая машина за цикл получает от нагревателя 50 Дж и совершает полезную работу, равную 100 Дж. Чему равен КПД тепловой машины?

- 1) 200%
- 2) 67%
- 3) 50%
- 4) Такая машина невозможна

A12. На рисунке показано изменение состояния неона в количестве 3 моль. Какая температура соответствует состоянию 2?

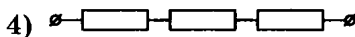
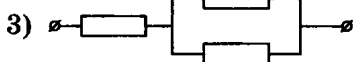
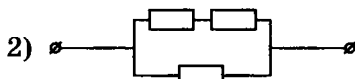
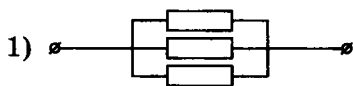
- 1) 0,002 К
- 2) 27,3 К
- 3) 546 К
- 4) 1638 К



A13. Как надо изменить расстояние между двумя точечными электрическими зарядами, чтобы сила их кулоновского взаимодействия осталась прежней, если значение одного из этих зарядов увеличилось в 2 раза?

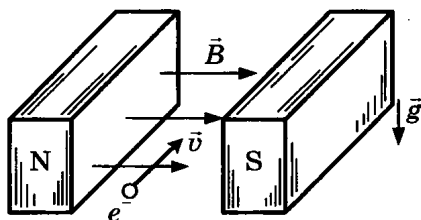
- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1) Увеличить в 2 раза | 2) Уменьшить в 2 раза |
| 3) Увеличить в $\sqrt{2}$ раз | 4) Уменьшить в $\sqrt{2}$ раз |

A14. Три одинаковых резистора с сопротивлением R_0 соединены четырьмя способами. В каком случае сопротивление цепи равно $\frac{2R_0}{3}$?



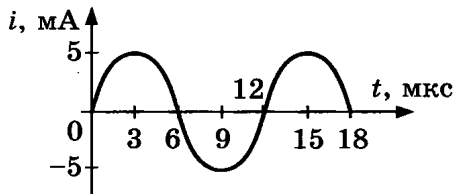
A15. Электрон, влетающий в зазор между полюсами электромагнита, имеет горизонтально направленную скорость \vec{v} , перпендикулярную вектору индукции магнитного поля \vec{B} (см. рисунок). Действующая на электрон сила Лоренца \vec{F} направлена

- 1) вертикально вниз
- 2) вертикально вверх
- 3) горизонтально влево
- 4) горизонтально вправо



A16. На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре при свободных колебаниях. Если катушку в этом контуре заменить на другую катушку, индуктивность которой в 9 раз меньше, то период колебаний контура будет равен

- 1) 1 мкс
- 2) 2 мкс
- 3) 4 мкс
- 4) 8 мкс

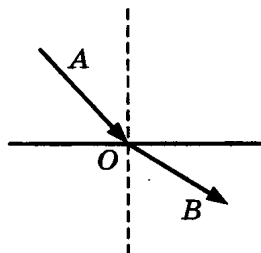


A17. Расстояние от карандаша до его изображения в плоском зеркале было равно 90 см. Карандаш приблизили к зеркалу на 10 см. Расстояние между карандашом и его изображением стало равно

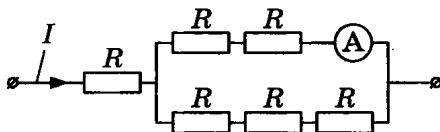
- | | |
|----------|----------|
| 1) 40 см | 2) 50 см |
| 3) 60 см | 4) 70 см |

A18. Световой луч переходит из одной прозрачной среды в другую. На рисунке показана граница двух сред, падающий луч AO и преломленный луч OB . Можно ли, увеличивая угол падения, наблюдать явление полного внутреннего отражения?

- 1) Нет
- 2) Зависит от угла падения
- 3) Да
- 4) Не хватает данных

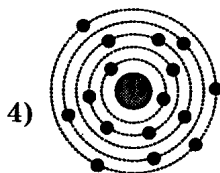
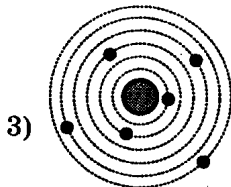
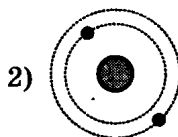
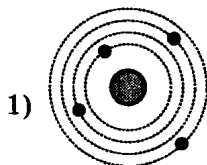


A19. Через участок цепи (см. рисунок) течет постоянный ток $I = 5$ А. Какую силу тока показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.



- | | |
|--------|----------|
| 1) 1 А | 2) 2 А |
| 3) 3 А | 4) 4,5 А |

A20. На рисунке изображены схемы четырех атомов. Черными точками обозначены электроны. Атому $^{12}_6\text{C}$ соответствует схема



A21. Период полураспада непутия 2,3 суток. Количество радиоактивных атомов уменьшится в 8 раз

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1) через 2,3 суток | 2) через 4,6 суток |
| 3) через 6,9 суток | 4) через 9,2 суток |

A22. Сколько α - и β -распадов должно произойти в последовательной цепочке радиоактивных распадов при превращении ядра изотопа тория $^{232}_{90}\text{Th}$ (на начальном этапе) в ядро изотопа тория $^{228}_{90}\text{Th}$ (на конечном этапе)?

- 1) 0 α - и 4 β -распада 2) 1 α - и 2 β -распада
3) 1 α - и 1 β -распадов 4) 1 α - и 0 β -распадов

A23. При освещении катода вакуумного фотоэлемента потоком монохроматического света происходит освобождение фотоэлектронов. Максимальная энергия вылетевших фотоэлектронов при увеличении частоты падающего света в 3 раза

- 1) увеличится в 3 раза
2) не изменится
3) увеличится более, чем в 3 раза
4) увеличится менее, чем в 3 раза

A24. Ртуть заполняет стеклянную трубку с внутренним сечением 1 мм^2 и имеет сопротивление 2 Ом . Вычислите длину столбика ртути в трубке. Удельное сопротивление ртути $9,6 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

- 1) 2,08 м 2) 0,48 м
3) 1,92 м 4) 1920 м

A25. В лаборатории исследовалась зависимость напряжения на обкладках конденсатора от заряда этого конденсатора. Результаты измерений представлены в таблице.

q , мкКл	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
U , кВ	0,5	1,5	3,0	3,5	3,8

Погрешности измерений величин q и U равнялись соответственно $0,1 \text{ мкКл}$ и $0,25 \text{ кВ}$. Электроёмкость конденсатора примерно равна

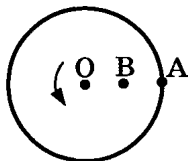
- 1) 200 пФ 2) 5 нФ
3) 100 пФ 4) 400 мкФ

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. На поверхность диска с центром в точке O нанесли две точки A и B (причём, $OB = BA$), и привели диск во вращение с постоянной линейной скоростью. Как изменятся угловая скорость, частота и центростремительное ускорение при переходе от точки A к точке B ? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится



Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Угловая скорость	Частота	Центростремительное ускорение

В2. Плоский конденсатор подключили к источнику тока, а затем пространство между пластинами конденсатора заполнили жидким диэлектриком. Что произойдет при этом с ёмкостью и напряжением?

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Краевыми эффектами пренебречь, считая пластины конденсатора бесконечно большими. Диэлектрическую проницаемость воздуха принять равной 1.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) Ёмкость
- Б) Напряжение на обкладках

ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- 1) Увеличится
- 2) Уменьшится
- 3) Не изменится

А	Б

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- В3.** На сани, стоящие на гладком льду, с некоторой высоты прыгает человек массой 50 кг. Проекция скорости человека на горизонтальное направление в момент соприкосновения с санями 4 м/с. Скорость саней с человеком после прыжка составила 0,8 м/с. Определите массу саней.
- В4.** Жидкий парафин массой 200 г при температуре 54 °С налили в калориметр, где находилась вода при температуре 40 °С. После установления теплового равновесия, температура воды возросла до 54 °С, при этом весь парафин затвердел. Пренебрегая потерями тепла, оцените, чему равна масса воды в калориметре. Ответ округлите до сотых. Удельная теплоёмкость воды равна 4200 Дж/(кг · К), удельная теплота плавления парафина 150 кДж/кг. Температура плавления парафина 54 °С.
- В5.** На экране с помощью тонкой линзы с фокусным расстоянием 40 см получено четкое изображение предмета с пятикратным увеличением. На каком расстоянии от линзы (в см) находится предмет?

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

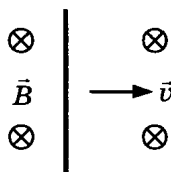
Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение этих заданий на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

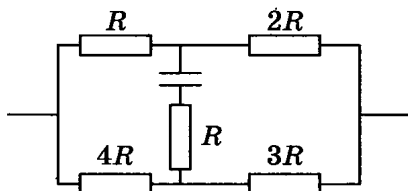
- С1.** Проволочное кольцо окунули в мыльный раствор и расположили вертикально. При освещении мыльной пленки красным монохроматическим светом в проходящем свете наблюдаются горизонтальные цветные полосы.
- 1) Назовите наблюдаемое явление и объясните, при каком условии образуются в первом случае светлые (красные) полосы
 - 2) Объясните, почему во втором случае в красный цвет окрашены нижние части цветных полос

Полное и правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с числовым ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- C2. Шарик массой 1 кг, подвешенный на нити L , приведен во вращательное движение в горизонтальной плоскости. Какова должна быть прочность нити, чтобы радиус окружности, по которой движется шарик, стал равен $R = \frac{2L}{\sqrt{5}}$?
- C3. В баллоне находится идеальный газ массой 2 кг при температуре 27°C и давлении 200 кПа. Когда часть газа была выпущена, а оставшаяся нагрета до 627°C , то давление возросло до 300 кПа. Какой будет внутренняя энергия оставшейся части газа, если его молярная масса 0,004 кг/моль?
- C4. Горизонтально расположенный проводник длиной 1 м движется равноускоренно в вертикальном однородном магнитном поле, индукция которого направлена перпендикулярно проводнику и скорости его движения (см. рисунок). При начальной скорости проводника, равной нулю, и ускорении 8 м/с^2 он переместился на 1 м. Какова индукция магнитного поля, в котором двигался проводник, если ЭДС индукции на концах проводника в конце движения равна 2 В?



- C5. Определите общее сопротивление участка цепи, содержащего конденсатор.



- C6. Подводная лодка «Наутилус» (США) имеет мощность топливных установок 15 МВт, КПД 25%. Топливом служит обогащенный уран массой 1 кг, при делении ядер которого выделяется энергия $6,9 \cdot 10^{13}$ Дж. Определите запас горючего, необходимого для годовалого (365 дней) плавания лодки.

ВАРИАНТ 17

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «x» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1. На рисунке представлен график зависимости пути s велосипедиста от времени t . Интервал времени, когда велосипедист двигался со скоростью 5 м/с

- 1) от 5 с до 7 с
- 2) от 3 с до 5 с
- 3) от 1 с до 3 с
- 4) от 0 с до 1 с



A2. Парашютист спускается вертикально с постоянной скоростью. Систему отсчета, связанную с Землей, считать инерциальной. В этом случае

- 1) вес парашютиста равен нулю
- 2) сила тяжести, действующая на парашютиста, равна нулю
- 3) сумма всех сил, приложенных к парашютисту, равна нулю
- 4) сумма всех сил, действующих на парашютиста, постоянна и не равна нулю

A3. Как нужно изменить массу каждой из двух одинаковых материальных точек, чтобы сила гравитационного взаимодействия между ними увеличилась в 4 раза?

- 1) Увеличить в 2 раза
- 2) Увеличить в 4 раза
- 3) Уменьшить в 2 раза
- 4) Уменьшить в 4 раза

A4. Скорость тела массой 100 г изменяется в соответствии с уравнением $v_x = 0,005 \sin(10\pi t)$. Его импульс в момент времени 0,1 с приблизительно равен

- 1) 0 кг · м/с
- 2) 0,005 кг · м/с
- 3) 0,16 кг · м/с
- 4) 1,6 кг · м/с

A5. Автомобиль массой 1 т движется равномерно по мосту на высоте 10 м над поверхностью Земли. Скорость автомобиля равна 10 м/с. Чему равна полная энергия автомобиля?

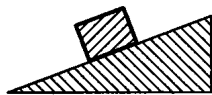
- 1) 100 кДж
2) 10 кДж
3) 150 кДж
4) 5 кДж

A6. Поперечной называют такую волну, в которой частицы

- 1) колеблются в направлении распространения волны
2) колеблются в направлении, перпендикулярном направлению распространения волны
3) движутся по кругу в плоскости, параллельной направлению распространения волны
4) движутся по кругу в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны

A7. Брусок массой m покоится на наклонной плоскости с углом наклона α . Коэффициент трения бруска о поверхность равен μ . Сила трения, действующая на брусок, равна

- 1) mg
2) $mg \sin \alpha$
3) μmg
4) $\mu mg \cos \alpha$

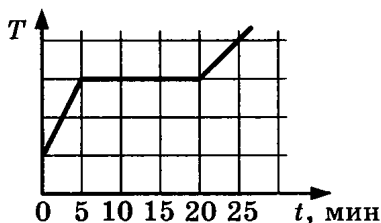


A8. При постоянном давлении концентрация молекул газа увеличилась в 5 раз, а масса его не изменилась. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа

- 1) не изменилась
2) увеличилась в 5 раз
3) уменьшилась в 5 раз
4) увеличилась в $\sqrt{5}$ раз

A9. В печь поместили некоторое количество алюминия. Диаграмма изменения температуры алюминия с течением времени показана на рисунке. Печь при постоянном нагреве передаёт алюминию 2 кДж энергии в минуту. Какое количество теплоты потребовало плавление алюминия?

- 1) 5 кДж
2) 15 кДж
3) 20 кДж
4) 30 кДж



A10. Идеальный газ получил количество теплоты, равное 300 Дж и совершил работу, равную 100 Дж. При этом внутренняя энергия газа

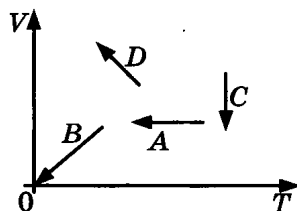
- 1) увеличилась на 400 Дж
- 2) увеличилась на 200 Дж
- 3) уменьшилась на 400 Дж
- 4) уменьшилась на 200 Дж

A11. Тепловая машина с КПД 60% за цикл работы получает от нагревателя количество теплоты, равное 100 Дж. Какую полезную работу машина совершает за один цикл?

- | | |
|-----------|-----------|
| 1) 40 Дж | 2) 60 Дж |
| 3) 100 Дж | 4) 160 Дж |

A12. На рисунке показаны графики четырех процессов изменения состояния идеального газа. Изохорным охлаждением является процесс

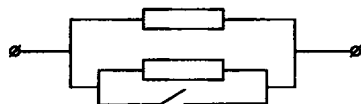
- 1) A
- 2) B
- 3) C
- 4) D



A13. Как изменится сила кулоновского взаимодействия двух точечных электрических зарядов, если расстояние между ними увеличить в 3 раза?

- 1) Увеличится в 3 раза
- 2) Уменьшится в 9 раз
- 3) Уменьшится в 3 раза
- 4) Увеличится в 9 раз

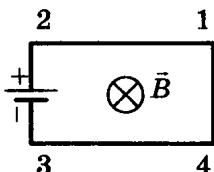
A14. Каким будет сопротивление участка цепи, изображенного на рисунке, при замыкании ключа? Каждый из резисторов имеет сопротивление R .



- | | |
|---------|------------------|
| 1) R | 2) $\frac{R}{2}$ |
| 3) $2R$ | 4) 0 |

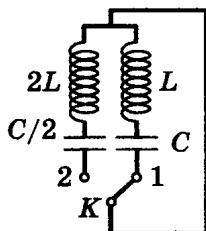
A15. Электрическая цепь, состоящая из четырёх прямолинейных горизонтальных проводников (1-2, 2-3, 3-4, 4-1) и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции которого \vec{B} направлен вертикально вниз (см. рисунок, вид сверху) Куда направлена вызванная этим полем сила Ампера, действующая на проводник 1-4?

- 1) Горизонтально вправо
- 2) Горизонтально влево
- 3) Вертикально вверх
- 4) Вертикально вниз

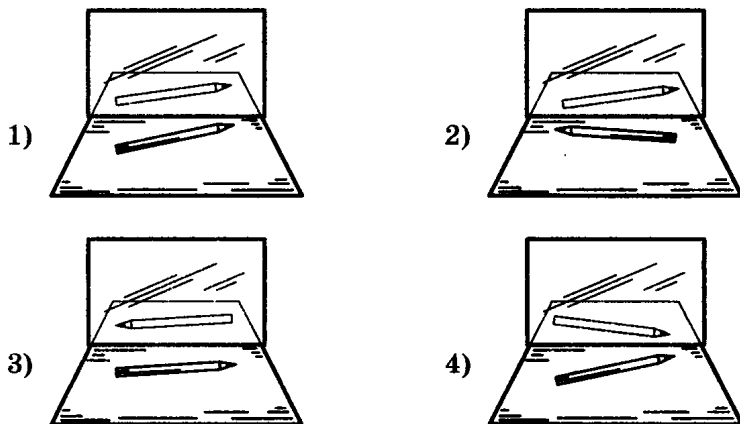


A16. Как изменится период собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок), если ключ K перевести из положения 1 в положение 2?

- 1) Уменьшится в 4 раза
- 2) Не изменится
- 3) Уменьшится в 2 раза
- 4) Увеличится в 2 раза



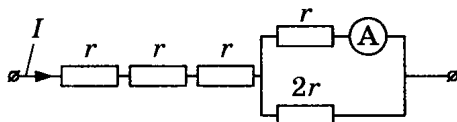
A17. Отражение карандаша в плоском зеркале правильно показано на рисунке



A18. Показатели преломления относительно воздуха для воды, стекла и алмаза соответственно равны 1,33; 1,5; 2,42. В каком из этих веществ предельный угол полного отражения при выходе в воздух имеет максимальное значение?

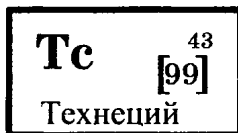
- 1) В воде
- 2) В стекле
- 3) В алмазе
- 4) Во всех трёх веществах угол одинаков

A19. Через участок цепи (см. рисунок) течет постоянный ток $I = 6$ А. Какую силу тока показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.



- 1) 2 А
- 2) 3 А
- 3) 4 А
- 4) 6 А

A20. По данным таблицы химических элементов Д.И. Менделеева определите число нуклонов в ядре технеция.



- 1) 43
- 2) 56
- 3) 99
- 4) 142

A21. Период полураспада ядер атомов некоторого вещества составляет 45 мин. Это означает, что

- 1) за 45 мин атомный номер каждого атома уменьшится вдвое
- 2) один атом распадается каждые 45 мин
- 3) половина изначально имевшихся атомов распадается за 45 мин
- 4) все изначально имевшиеся атомы распадутся через 45 мин

A22. Торий $^{232}_{90}\text{Th}$, испытав два электронных β -распада и один α -распад, превращается в элемент

- 1) $^{236}_{94}\text{Pu}$
- 2) $^{228}_{90}\text{Th}$
- 3) $^{228}_{86}\text{Rn}$
- 4) $^{234}_{86}\text{Rn}$

A23. Работа выхода материала пластины равна 2 эВ. Пластина освещается монохроматическим светом. Чему равна энергия фотонов падающего света, если запирающее напряжение равно 1,5 В?

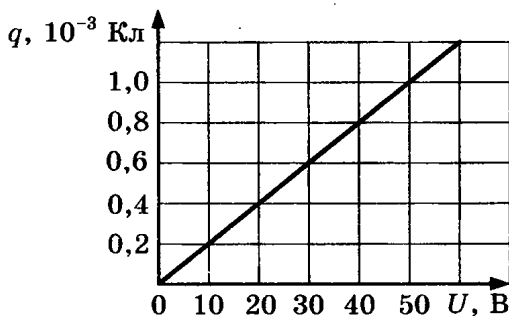
- 1) 0,5 эВ 2) 1,5 эВ 3) 2 эВ 4) 3,5 эВ

A24. Определите площадь сечения проволоки, сопротивление которой 5 Ом, длина 25 м, удельное сопротивление материала $1,6 \cdot 10^{-8}$ Ом · м.

- 1) 12,5 мм² 2) 0,08 мм² 3) 2 мм² 4) 20 мм²

A25. При исследовании зависимости заряда на обкладках конденсатора от приложенного напряжения был получен изображенный на рисунке график. Согласно этому графику, емкость конденсатора равна

- 1) $2 \cdot 10^{-1}$ Ф
2) $2 \cdot 10^{-9}$ Ф
3) $2 \cdot 10^{-7}$ Ф
4) 5 Ф

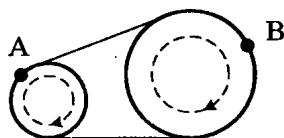


Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. Два шкива разного радиуса соединены ремненной передачей и приведены во вращательное движение. Как изменяются линейная скорость, частота и угловая скорость при переходе от точки В к точке А, если ремень не проскальзывает? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится



Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Линейная скорость	Частота	Угловая скорость

- В2.** Установите соответствие между описанными в первом столбце особенностями применения первого закона термодинамики к различным изопроцессам и названием изопроцесса.

**ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
ПЕРВОГО ЗАКОНА
ТЕРМОДИНАМИКИ**

**НАЗВАНИЕ
ПРОЦЕССА**

А) Изменение внутренней энергии газа происходит только за счет совершения работы, так как теплообмен с окружающими телами отсутствует.

- 1) Изохорный
- 2) Адиабатный
- 3) Изотермический
- 4) Изобарный

Б) Все переданное газу количество теплоты идет на изменение внутренней энергии газа.

А	Б

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- В3.** На стоящую на гладкой горизонтальной поверхности тележку с некоторой высоты прыгает человек массой 75 кг. Проекция скорости человека на горизонтальное направление перед соприкосновением с тележкой 2 м/с. Скорость тележки с человеком после прыжка составила 0,75 м/с. Чему равна масса тележки?
- В4.** В сосуд, содержащий 4,6 кг воды при 20 °С, бросают кусок стали массой 10 кг, нагретый до 500 °С. Вода нагревается до 100 °С, и часть её обращается в пар. Найдите массу образовавшегося пара (в г). Удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг · К), удельная теплота парообразования $2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг, удельная теплоёмкость стали 460 Дж/(кг · К).

- В5.** Найдите фокусное расстояние объектива проекционного аппарата, если он дает двадцатикратное увеличение, когда слайд находится от него на расстоянии 21 см.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение этих заданий на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

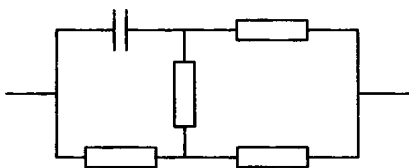
- С1.** Лазерный луч зеленого цвета падает перпендикулярно на дифракционную решетку. На экране наблюдается серия ярких зеленых пятен.
- 1) Как изменится дифракционная картина, если экран удалить от решетки?
 - 2) Какие изменения произойдут в расположении пятен на экране при замене лазерного луча зеленого цвета на лазерный луч красного цвета?

Полное и правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с числовым ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2.** Найдите угловую скорость вращения конического маятника на невесомой нерастяжимой нити длиной 5 см, совершающего круговые движения в горизонтальной плоскости. Нить образует с вертикалью угол 60° .
- С3.** Воздушный шар, оболочка которого имеет массу 145 кг и объём 230 м^3 , наполняется горячим воздухом при нормальном атмосферном давлении и температуре окружающего воздуха 0°C . Какую минимальную температуру должен иметь воздух внутри оболочки, чтобы шар начал подниматься? Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.
- С4.** К однородному медному цилиндрическому проводнику на 15 с приложили разность потенциалов 1 В. Какова длина проводника, если его температура при этом повысилась на 10 К? Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь. Плотность меди

8900 кг/м³, удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, удельная теплоёмкость меди 380 Дж/(кг · К).

- С5. Определите общее сопротивление участка цепи, содержащего конденсатор и резисторы с одинаковым сопротивлением R .



- С6. Подводная лодка «Наутилус» (США) имеет мощность топливных установок 14,7 МВт, КПД 20%. Топливом служит обогащенный уран массой 1 кг, при делении ядер которого выделяется энергия $6,9 \cdot 10^{13}$ Дж. Определите запас горючего, необходимого для трехмесячного (90 дней) плавания лодки.

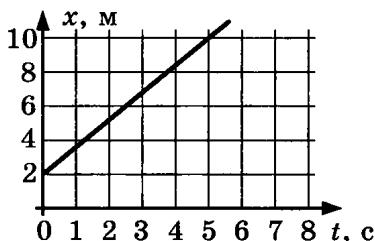
ВАРИАНТ 18

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «x» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1. На рисунке представлен график движения тела. Определите значение его координаты и скорости движения в момент времени 5 с.

- 1) 2 м; 1,6 м/с
- 2) 10 м; 2 м/с
- 3) 10 м; 1,6 м/с
- 4) 2 м; 2 м/с



A2. Самолет летит по прямой с постоянной скоростью на высоте 9000 м. Систему отсчета, связанную с Землей, считать инерциальной. В этом случае

- 1) на самолет не действует сила тяжести
- 2) сумма всех сил, действующих на самолет, равна нулю
- 3) на самолет не действуют никакие силы
- 4) сила тяжести равна силе Архимеда, действующей на самолет

A3. Спортсмен совершает прыжок с шестом. Сила тяжести действует на спортсмена

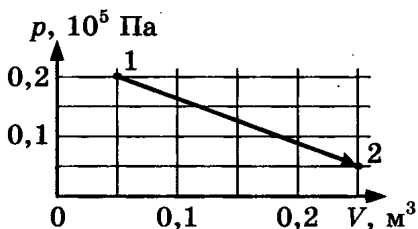
- 1) только то время, когда он соприкасается с поверхностью Земли
- 2) только то время, когда он сгибает шест вначале прыжка
- 3) только то время, когда он падает вниз после преодоления планки
- 4) во всех этих случаях

A4. Легковой автомобиль и грузовик движутся со скоростями 108 км/ч и 54 км/ч. Масса автомобиля 1000 кг. Какова масса грузовика, если отношение импульса грузовика к импульсу автомобиля равно 2?

- | | |
|------------|------------|
| 1) 4000 кг | 2) 6000 кг |
| 3) 1500 кг | 4) 3000 кг |

A10. Какую работу совершил одноатомный газ в процессе, изображенном на pV -диаграмме?

- 1) 2,5 кДж
- 2) 1,5 кДж
- 3) 3 кДж
- 4) 4 кДж

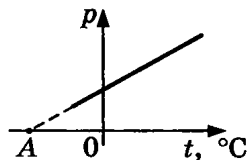


A11. Тепловой двигатель с КПД, равным 40%, за цикл совершает полезную работу 200 Дж. Какое количество теплоты рабочее тело двигателя получает от нагревателя за цикл работы?

- | | |
|-----------|-----------|
| 1) 80 Дж | 2) 120 Дж |
| 3) 300 Дж | 4) 500 Дж |

A12. На рисунке приведен график зависимости давления идеального газа от температуры при постоянном объёме. Какой температуре соответствует точка А?

- 1) -273 К
- 2) 0 К
- 3) 0 °С
- 4) 273 °С

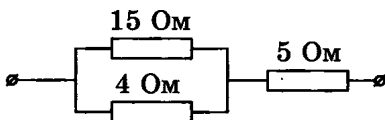


A13. Расстояние между двумя точечными электрическими зарядами увеличили в 3 раза, и один из зарядов увеличили в 3 раза. Сила электрического взаимодействия между ними

- 1) не изменилась
- 2) уменьшилась в 3 раза
- 3) увеличилась в 27 раз
- 4) уменьшилась в 27 раз

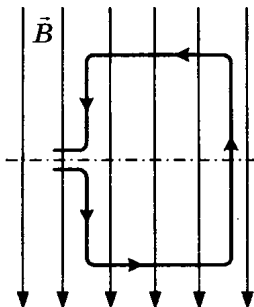
A14. Сопротивление участка цепи, изображенного на рисунке, равно

- | | |
|---------|----------|
| 1) 3 Ом | 2) 5 Ом |
| 3) 8 Ом | 4) 21 Ом |



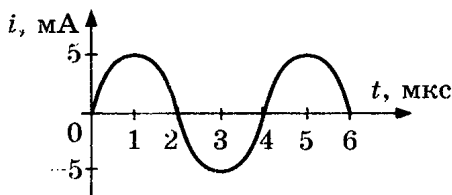
A15. В однородном магнитном поле находится рамка, по которой начинает течь ток (см. рисунок). Сила, действующая на нижнюю сторону рамки, направлена

- 1) вниз ↓
- 2) вверх ↑
- 3) из плоскости листа на нас ⊙
- 4) в плоскость листа от нас ⊗



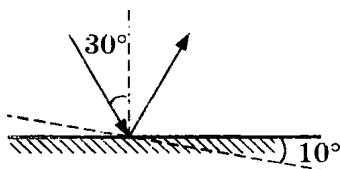
A16. На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре при свободных колебаниях. Если емкость конденсатора уменьшить в 4 раза, то период собственных колебаний контура станет равным

- 1) 2 мкс
- 2) 4 мкс
- 3) 8 мкс
- 4) 16 мкс



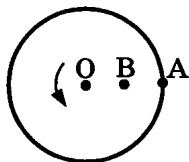
A17. Угол падения света на горизонтально расположенное плоское зеркало равен 30° . Каким будет угол отражения света, если повернуть зеркало на 10° так, как показано на рисунке?

- 1) 30°
- 2) 20°
- 3) 40°
- 4) 10°



В1. На поверхность диска с центром в точке O нанесли две точки A и B (причём, $OB = BA$), и привели диск во вращение с постоянной линейной скоростью. Как изменятся угловая скорость, частота и центростремительное ускорение при переходе от точки B к точке A ? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится



Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Угловая скорость	Частота	Центростремительное ускорение

В2. Плоский конденсатор подключили к источнику тока, а затем увеличили расстояние между пластинами. Что произойдет при этом с ёмкостью конденсатора и его напряжением?

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Краевыми эффектами пренебречь, считая пластины конденсатора бесконечно большими. Диэлектрическую проницаемость воздуха принять равной 1.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) Ёмкость
- Б) Напряжение на обкладках

ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- 1) Увеличится
- 2) Уменьшится
- 3) Не изменится

А	Б

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- В3.** На стоящую на гладкой горизонтальной поверхности тележку с некоторой высоты прыгает человек массой 75 кг. Проекция скорости человека на горизонтальное направление перед соприкосновением с тележкой 2 м/с. Скорость тележки с человеком после прыжка составила 0,5 м/с. Чему равна масса тележки?
- В4.** В сосуд с водой опущена трубка. По трубке через воду пропускают пар при температуре 100 °С. Вначале масса воды увеличивается, но в некоторый момент масса воды перестаёт увеличиваться, хотя пар по-прежнему пропускают. Первоначальная масса воды 230 г, а её первоначальная температура 0 °С. На сколько грамм увеличилась масса воды? Удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг · К), удельная теплота парообразования воды 2300 кДж/кг.
- В5.** На экране с помощью тонкой линзы с фокусным расстоянием F получено четкое изображение предмета, находящегося на главной оптической оси на расстоянии, равном $1,5 F$ от линзы. Определите линейное увеличение оптической системы.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

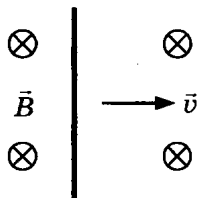
Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение этих заданий на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

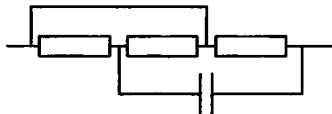
- С1.** Бабочки имеют второе название «чешуекрылые» из-за микроскопических мелких чешуек, которые обычно обильно покрывают четыре прозрачных крыла и все тело взрослого насекомого.
- 1) Какое явление «раскрашивает» крылья бабочек?
 - 2) Какой оптический прибор напоминает крыло бабочки?

Полное и правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с числовым ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2. Какую минимальную скорость должен иметь математический маятник, проходя положение устойчивого равновесия, чтобы он мог сделать полный оборот в вертикальной плоскости? Длина нити 98 см.
- С3. В цилиндре, закрытом подвижным поршнем, находится газ. Во время опыта газ сжали и охладили так, что его объём уменьшился в 4 раза. Оказалось, однако, что газ мог просачиваться сквозь зазор вокруг поршня, и за время опыта давление газа снизилось в 1,5 раза. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия газа в цилиндре? (Газ считать идеальным газом).
- С4. Горизонтально расположенный проводник движется равноускоренно в вертикальном однородном магнитном поле, индукция которого равна 0,5 Тл и направлена перпендикулярно проводнику и скорости его движения (см. рисунок). При начальной скорости проводника, равной нулю, и ускорении 8 м/с^2 он переместился на 1 м. ЭДС индукции на концах проводника в конце движения равна 2 В. Какова длина проводника?

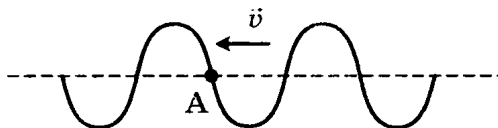


- С5. Определите общее сопротивление участка цепи, содержащего конденсатор и резисторы с одинаковым сопротивлением R .



- С6. Подводная лодка «Наутилус» (США) имеет мощность топливных установок 14,7 МВт, КПД 20%. Топливом служит обогащенный уран массой 1 кг, при делении ядер которого выделяется энергия $6,9 \cdot 10^{13}$ Дж. Определите запас горючего, необходимого для годовалого (365 дней) плавания лодки.

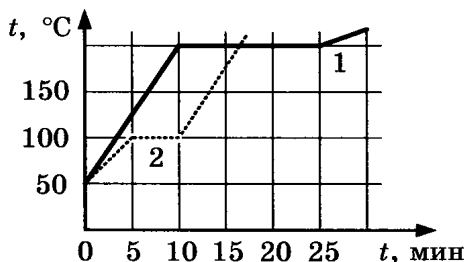
- A4.** Скорость тела массой 100 г изменяется в соответствии с уравнением $v_x = 0,05 \sin(10\pi t)$. Определите модуль импульса тела в момент времени 0,05 с.
- 1) 0 кг · м/с
 - 2) 0,005 кг · м/с
 - 3) 0,16 кг · м/с
 - 4) 1,6 кг · м/с
- A5.** Автомобиль массой 2 т движется равномерно по мосту на высоте 5 м над поверхностью Земли. Скорость автомобиля равна 5 м/с. Полная механическая энергия автомобиля равна
- 1) 100 кДж
 - 2) 10 кДж
 - 3) 125 кДж
 - 4) 5 кДж
- A6.** На рисунке изображена бегущая поперечная волна. Скорость волны \vec{v} в некоторый момент времени направлена так, как показано на рисунке. В каком направлении движется частица А?
- 1) \rightarrow
 - 2) \leftarrow
 - 3) \uparrow
 - 4) \downarrow



- A7.** Шарик катится вверх по гладкой наклонной плоскости составляющей угол 30° с горизонтом и проходит до полной остановки путь 90 см. Начальная скорость шарика
- 1) 3 м/с
 - 2) 10 м/с
 - 3) 30 м/с
 - 4) 6 м/с
- A8.** При неизменной концентрации молекул идеального газа в результате охлаждения давление газа уменьшилось в 4 раза. Средняя квадратичная скорость теплового движения молекул газа при этом
- 1) уменьшилась в 16 раз
 - 2) уменьшилась в 2 раза
 - 3) уменьшилась в 4 раза
 - 4) не изменилась

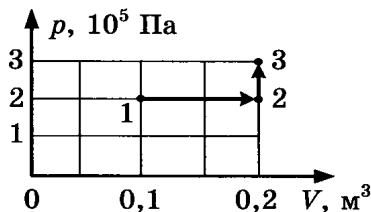
A9. На графике показаны кривые нагревания двух жидкостей одинаковой массы при постоянной мощности подводимого тепла. Отношение удельной теплоты парообразования первого вещества к удельной теплоте парообразования второго равно

- 1) $\frac{1}{3}$
- 2) $\frac{1}{2}$
- 3) 2
- 4) 3



A10. Какую работу совершает газ при переходе из состояния 1 в состояние 3?

- 1) 10 кДж
- 2) 20 кДж
- 3) 30 кДж
- 4) 40 кДж

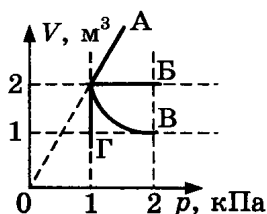


A11. Вычислите максимальное значение коэффициента полезного действия тепловой машины, если температура нагревателя 127 °С, а температура холодильника 27 °С.

- | | |
|----------|----------|
| 1) 25% | 2) 75% |
| 3) 78,7% | 4) 21,3% |

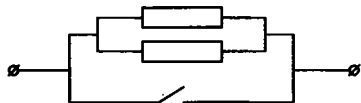
A12. На Vp -диаграмме приведены графики изменения состояния идеального газа. Изобарному процессу соответствует линия графика

- | | |
|------|------|
| 1) А | 2) Б |
| 3) В | 4) Г |

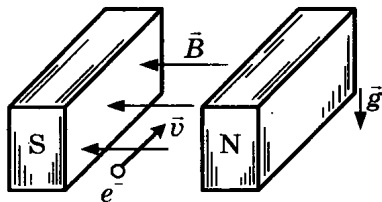


- A13.** Расстояние между двумя точечными электрическими зарядами увеличили в 2 раза, а каждый из зарядов уменьшили в 2 раза. При этом сила взаимодействия между ними
- 1) не изменилась
 - 2) уменьшилась в 2 раза
 - 3) уменьшилась в 16 раз
 - 4) уменьшилась в 64 раза

- A14.** Каким будет сопротивление участка цепи, изображенного на рисунке, при замыкании ключа? Каждый из резисторов имеет сопротивление R .

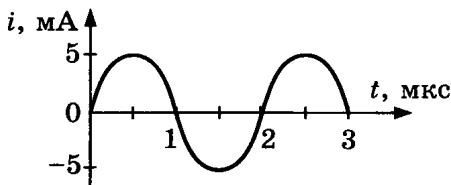


- 1) R
 - 2) $\frac{R}{2}$
 - 3) $2R$
 - 4) 0
- A15.** Электрон, влетевший в зазор между полюсами электромагнита, имеет горизонтально направленную скорость \vec{v} , перпендикулярную вектору индукции магнитного поля \vec{B} (см. рисунок). Действующая на электрон сила Лоренца \vec{F} направлена



- 1) вертикально вниз
 - 2) вертикально вверх
 - 3) горизонтально влево
 - 4) горизонтально вправо
- A16.** На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре при свободных колебаниях. Если катушку в этом контуре заменить на другую катушку, индуктивность которой в 9 раз больше, то период колебаний контура будет равен

- 1) 2 мкс
- 2) 6 мкс
- 3) 18 мкс
- 4) 36 мкс



Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. Материальная точка движется с постоянной скоростью по окружности радиусом R . Как изменятся угловая скорость, центростремительное ускорение и период обращения по окружности, если скорость точки увеличится? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Угловая скорость	Центростремительное ускорение	Период обращения по окружности

В2. Установите соответствие между описанными в первом столбце особенностями применения первого закона термодинамики к различным изопроцессам и названием изопроцесса.

**ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
ПЕРВОГО ЗАКОНА
ТЕРМОДИНАМИКИ**

**НАЗВАНИЕ
ПРОЦЕССА**

- А) Все переданное газу количество теплоты идет на совершение работы, а внутренняя энергия газа остаётся без изменения.
- Б) Все переданное газу количество теплоты идет на изменение внутренней энергии газа.

- 1) Изотермический
- 2) Изобарный
- 3) Изохорный
- 4) Адиабатный

А	Б

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- В3.** На стоящую на гладкой горизонтальной поверхности тележку с некоторой высоты прыгает человек массой 75 кг. Проекция скорости человека на горизонтальное направление перед соприкосновением с тележкой 2 м/с. Скорость тележки с человеком после прыжка составила 0,25 м/с. Чему равна масса тележки?
- В4.** В сосуд, содержащий 1,5 кг воды при 15 °С, впускают водяной пар массой 200 г при температуре 100 °С. Какая температура (в °С) установится после конденсации водяного пара? Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг·К), а её удельная теплота парообразования $2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг. Ответ округлите до десятых.
- В5.** Определите увеличение, даваемое линзой, фокусное расстояние которой равно 0,13 м, если предмет отстоит от неё на 15 см.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение этих заданий на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

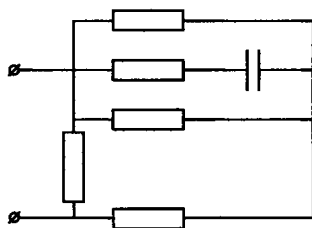
- С1.** Прозрачные крылья стрекоз на солнце переливаются всеми цветами «радуги».
- 1) Какое явление «раскрашивает» крылья стрекоз?
 - 2) Какой оптический прибор напоминает крыло стрекозы?

Полное и правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с числовым ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2.** Летчик массой 70 кг совершает на своем самолете «мертвую петлю» радиуса 400 м. Определите разницу между силой давления летчика на сидение в нижней и верхней точках траектории. Скорость самолета 360 км/ч.
- С3.** Воздушный шар имеет газонепроницаемую оболочку массой 400 кг и содержит 100 кг гелия. Какой груз он может удерживать в воздухе на высоте, где температура воздуха

17 °С и давление 10^5 Па? Молярная масса воздуха 0,029 кг/моль, а гелия 0,004 кг/моль. Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объема шара.

- С4. Плоская горизонтальная фигура площадью $S = 0,1$ м², ограниченная проводящим контуром, сопротивление которого $R = 5$ Ом, находится в однородном магнитном поле. Какой заряд протекает по контуру за большой промежуток времени, пока проекция магнитной индукции на вертикаль Z равномерно меняется от $B_{1z} = 2$ Тл до $B_{2z} = -2$ Тл?
- С5. Определите общее сопротивление участка цепи, содержащего конденсатор и резисторы с одинаковым сопротивлением R .



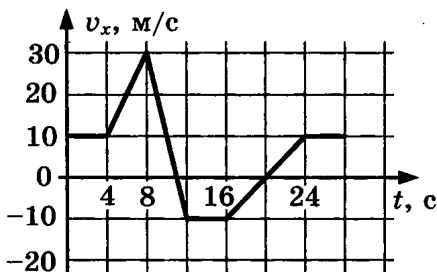
- С6. Подводная лодка «Наутилус» (США) имеет мощность топливных установок 14,7 МВт, КПД 25%. Топливом служит обогащенный уран массой 1 кг, при делении ядер которого выделяется энергия $6,9 \cdot 10^{13}$ Дж. Определите запас горючего, необходимого для трехмесячного (90 дней) плавания лодки.

ВАРИАНТ 20

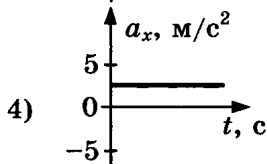
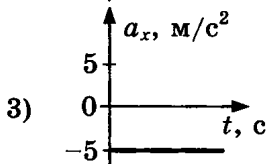
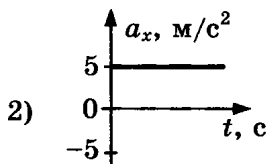
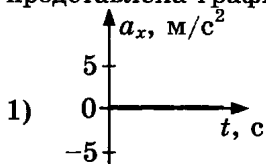
Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (А1–А25) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

- А1.** На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.

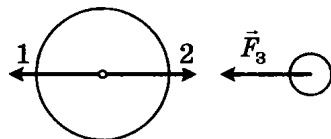


Проекция ускорения тела в интервале времени от 4 до 8 с представлена графиком



- А2.** На рисунке приведены условные изображения Солнца и Земли, а также вектор \vec{F}_3 силы притяжения Земли Солнцем. Известно, что масса Солнца примерно в 333000 раз больше массы Земли. Вдоль какой стрелки (1 или 2) направлена и чему равна по модулю сила, действующая на Солнце со стороны Земли?

- 1) Вдоль 1, равна F_3
- 2) Вдоль 2, равна F_3
- 3) Вдоль 1, равна $333000F_3$
- 4) Вдоль 2, равна $\frac{F_3}{333000}$



А3. Мальчик положил мяч на землю (этап 1) и ударил по нему ногой (этап 2), после чего мяч полетел в ворота (этап 3). На каком этапе мяч находился в состоянии, близком к невесомости?

- 1) На 1 этапе
- 2) На 2 этапе
- 3) На 3 этапе
- 4) Ни на одном из перечисленных этапов

А4. Каким импульсом обладает ворона, сидящая на заборе, высота которого 2,5 метра? Масса вороны 0,5 кг.

- 1) 0 кг · м/с
- 2) 12,5 кг · м/с
- 3) 50 кг · м/с
- 4) Не хватает данных

А5. При растяжении пружины на 0,1 м в ней возникает сила упругости, равная 2,5 Н. Определите потенциальную энергию этой пружины при растяжении на 0,08 м.

- 1) 25 Дж
- 2) 0,16 Дж
- 3) 0,08 Дж
- 4) 0,04 Дж

А6. Динамик подключен к выходу генератора электрических колебаний звуковой частоты. Частота колебаний 6800 Гц. Определите длину звуковой волны, зная, что скорость звука в воздухе 340 м/с.

- | | |
|---------|----------|
| 1) 5 см | 2) 20 см |
| 3) 5 м | 4) 20 м |

А7. Тележка удерживается пружиной и находится в равновесии на наклонной плоскости. Зависимость растяжения пружины x от высоты H наклонной плоскости приведена в таблице.

H , см	10	20	30	40
x , см	2	4	6	8

Каким, примерно, будет растяжение пружины при $H = 60$ см?

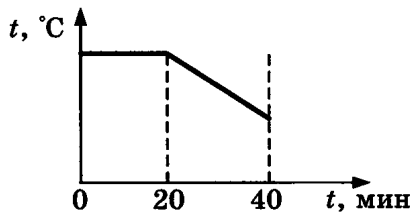
- | | |
|-----------|----------|
| 1) 120 см | 2) 10 см |
| 3) 42 см | 4) 12 см |

A8. При неизменной концентрации молекул идеального газа в результате нагревания давление газа увеличилось в 4 раза. При этом средняя квадратичная скорость теплового движения молекул газа

- 1) увеличилась в 4 раза
- 2) увеличилась в 2 раза
- 3) увеличилась в 16 раз
- 4) уменьшилась в 4 раза

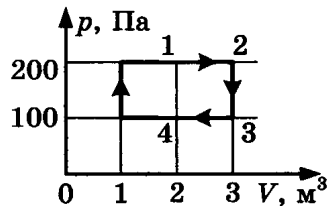
A9. На графике показана зависимость температуры воды в чайнике от времени. Такой ход графика возможен, если

- 1) первые 20 минут чайник стоял на горячей плите, а вторые 20 минут — на столе
- 2) первые 20 минут чайник стоял на столе, а вторые 20 минут — на горячей плите
- 3) все 40 минут чайник стоял на столе
- 4) все 40 минут чайник стоял на горячей плите



A10. Работа газа за термодинамический цикл 1–2–3–4 равна

- 1) 100 кДж
- 2) 200 кДж
- 3) 300 кДж
- 4) 400 кДж

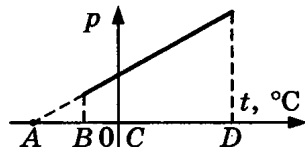


A11. Горячий пар поступает в турбину при температуре 500°C , а выходит из неё при температуре 30°C . Каков КПД турбины? Паровую турбину считать идеальной тепловой машиной.

- 1) 1%
- 2) 61%
- 3) 94%
- 4) 100%

A12. На рисунке приведен график зависимости давления некоторой массы идеального газа от температуры при постоянном объеме. Какая точка на горизонтальной оси соответствует абсолютному нулю температуры?

- 1) А
- 2) В
- 3) С
- 4) На графике нет такой точки

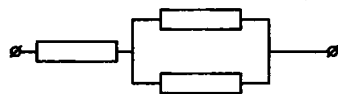


A13. Если расстояние между двумя точечными электрическими зарядами увеличили в 3 раза, и каждый из зарядов увеличили в 3 раза, то сила взаимодействия между ними

- 1) не изменилась
- 2) уменьшилась в 3 раза
- 3) увеличилась в 3 раза
- 4) увеличилась в 9 раз

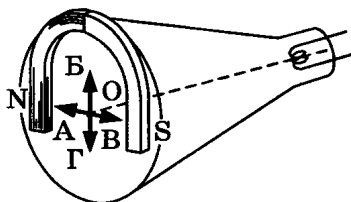
A14. Рассчитайте общее сопротивление участка цепи, изображенного на рисунке, если сопротивление каждого элемента цепи равно 3 Ом.

- 1) 6 Ом
- 2) 3 Ом
- 3) 4,5 Ом
- 4) 1/3 Ом



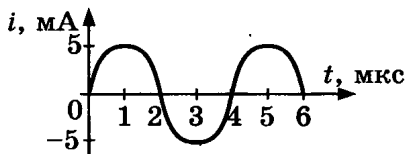
A15. Если перед экраном электронно-лучевой трубки осциллографа поместить постоянный магнит так, как показано на рисунке, то электронный луч сместится из точки О в направлении, указанном стрелкой

- 1) А
- 2) Б
- 3) В
- 4) Г



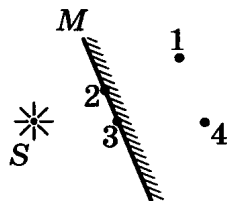
A16. На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре при свободных колебаниях. Если емкость конденсатора уменьшить в 16 раза, то период собственных колебаний контура станет равным

- 1) 1 мкс
- 2) 4 мкс
- 3) 8 мкс
- 4) 16 мкс



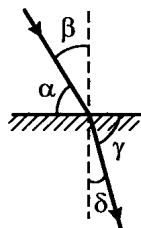
A17. Изображением источника света S в зеркале M (см. рисунок) является точка

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4



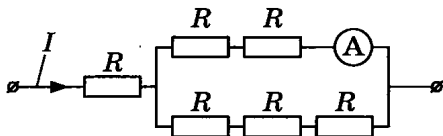
A18. На рисунке показаны направления падающего и преломленного лучей света на границе раздела воздух-стекло. Показатель преломления стекла равен отношению

- 1) $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$
- 2) $\frac{\sin \alpha}{\sin \delta}$
- 3) $\frac{\sin \beta}{\sin \gamma}$
- 4) $\frac{\sin \beta}{\sin \delta}$



A19. Через участок цепи (см. рисунок) течет постоянный ток $I = 4$ А. Какую силу тока показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.

- 1) 1,2 А
- 2) 2,4 А
- 3) 3,6 А
- 4) 4,8 А



A20. Атомный вес элемента определяет

- 1) число электронов в атоме
- 2) число протонов в ядре
- 3) число нейтронов в ядре
- 4) число протонов и нейтронов в ядре

A21. Период полураспада нептуния 2,3 суток. Через какое время количество радиоактивных атомов уменьшится в 4 раза?

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1) Через 2,3 суток | 2) Через 4,6 суток |
| 3) Через 6,9 суток | 4) Через 9,2 суток |

A22. Сколько α - и β -распадов должно произойти в последовательной цепочке радиоактивных распадов при превращении ядра изотопа урана ${}_{92}^{235}\text{U}$ (на начальном этапе) в ядро изотопа свинца ${}_{82}^{207}\text{Pb}$ (на конечном этапе)?

- 1) 6α - и 6β -распадов
- 2) 6α - и 5β -распадов
- 3) 7α - и 4β -распада
- 4) 7α - и 3β -распада

A23. Энергия фотонов, падающих на фотокатод, в 2 раза больше работы выхода материала фотокатода. Каково отношение максимальной кинетической энергии фотоэлектронов к работе выхода?

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A24. Вычислите сопротивление алюминиевого кабеля длиной 20 км и площадью сечения 4 мм^2 . Удельное сопротивление алюминия $2,8 \cdot 10^{-8}\text{ Ом} \cdot \text{м}$.

- 1) 0,14 Ом
- 2) 0,56 Ом
- 3) 140 Ом
- 4) 560 Ом

A25. В лаборатории исследовалась зависимость напряжения на обкладках конденсатора от заряда этого конденсатора. Результаты измерений представлены в таблице.

q , мкКл	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
U , кВ	0,5	1,5	3,0	3,5	3,8

Погрешности измерений величин q и U равнялись соответственно 0,005 мкКл и 0,25 кВ. Электроёмкость конденсатора примерно равна

- 1) 250 пФ
- 2) 10 пФ
- 3) 100 пФ
- 4) 750 мкФ

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. Материальная точка движется с постоянной скоростью по окружности радиусом R . Как изменятся угловая скорость, центростремительное ускорение и период обращения по окружности, если скорость точки уменьшится? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Угловая скорость	Центростремительное ускорение	Период обращения по окружности

В2. Плоский конденсатор подключили к источнику тока, а затем уменьшили расстояние между пластинами. Что произойдет при этом с напряжением на его обкладках и энергией конденсатора?

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Краевыми эффектами пренебречь, считая пластины конденсатора бесконечно большими. Диэлектрическую проницаемость воздуха принять равной 1.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) Напряжение на обкладках
- Б) Энергия конденсатора

ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- 1) Увеличится
- 2) Уменьшится
- 3) Не изменится

А	Б

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

В3. На неподвижный бильярдный шар налетел другой такой же шар. После удара шары разлетелись под углом 90° так, что скорость одного равна $0,3$ м/с, а другого $0,4$ м/с. Определите скорость налетающего шара.

- В4.** В воду массой 500 г, находящуюся при температуре 16 °С, впустили 75 г водяного пара, имеющего температуру 100 °С. Определите установившуюся температуру воды. Удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг·К), удельная теплота парообразования $2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг. Ответ округлите до сотых.
- В5.** На экране с помощью тонкой линзы с фокусным расстоянием 40 см получено четкое изображение предмета, находящегося на главной оптической оси. Экран с изображением предмета находится от линзы на расстоянии, равном 50 см. Определите линейное увеличение оптической системы.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение этих заданий на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

- С1.** Относительная влажность воздуха в комнате 55%, а температура 18 °С. На сколько градусов должна понизиться температура воздуха на улице, чтобы оконные стекла запотели?

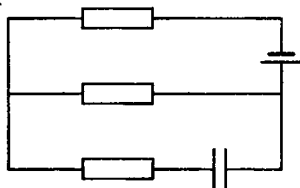
Давление насыщенных паров при различных температурах

Температура, °С	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Давление, кПа	1,066	1,146	1,226	1,306	1,399	1,492	1,599	1,706	1,813	1,933	2,066

Полное и правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с числовым ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2.** Шарик массой m вращается на невесомой нерастяжимой нити в вертикальной плоскости. Определите максимальную разность между силами натяжения нити при этом вращении.

- С3. В сосуде с небольшой трещиной находится воздух, который может просачиваться сквозь трещину. Во время опыта давление воздуха в сосуде возросло в 2 раза, а его абсолютная температура уменьшилась в 4 раза при неизменном объёме. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия воздуха в сосуде? (Воздух считать идеальным газом).
- С4. Плоская горизонтальная фигура площадью $S = 0,1 \text{ м}^2$, ограниченная проводящим контуром сопротивлением $R = 5 \text{ Ом}$, находится в однородном магнитном поле. Пока проекция магнитной индукции на вертикаль Z равномерно меняется от $B_{1z} = 6 \text{ Тл}$ до конечного значения B_{2z} , по контуру протекает электрический заряд $\Delta q = 0,08 \text{ Кл}$. Найдите индукцию B_{2z} .
- С5. Определите общее сопротивление участка цепи, содержащего конденсатор и резисторы с одинаковым сопротивлением R .



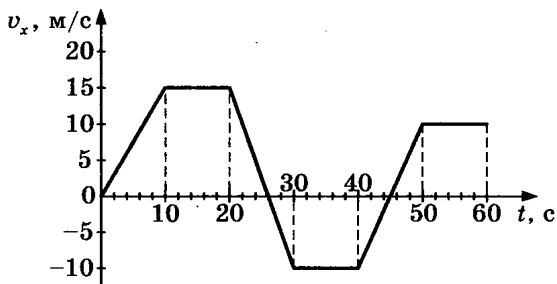
- С6. Подводная лодка «Наутилус» (США) имеет мощность топливных установок $14,7 \text{ МВт}$, КПД 25% . Топливом служит обогащенный уран массой 1 кг , при делении ядер которого выделяется энергия $6,9 \cdot 10^{13} \text{ Дж}$. Определите запас горючего, необходимого для годовалого (365 дней) плавания лодки.

ВАРИАНТ 21

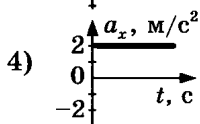
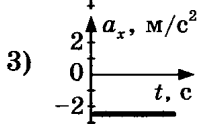
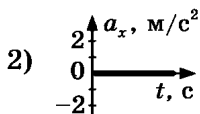
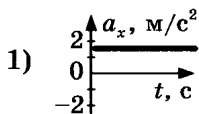
Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

- A1.** На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.



Проекция ускорения тела в интервале времени от 10 до 20 с представлена на графике



- A2.** Полосовой магнит массой M поднесли к проводнику массой m , по которому течет ток. Сравните силу действия магнита на проводник F_1 с силой действия проводника на магнит F_2 .

1) $F_1 > F_2$

2) $F_1 < F_2$

3) $F_1 = F_2$

4) $\frac{F_1}{F_2} = \frac{M}{m}$

- A3.** На брусок массой 5 кг, движущийся по горизонтальной поверхности, действует сила трения скольжения 20 Н. Если коэффициент трения не изменится, то после уменьшения массы тела в 2 раза сила трения скольжения будет равна

1) 5 Н

2) 10 Н

3) 20 Н

4) 40 Н

A4. Танк движется со скоростью $v_1 = 18$ км/ч, а грузовик со скоростью $v_2 = 72$ км/ч. Масса танка $m = 36000$ кг. Отношение импульса танка к импульсу грузовика равно 2,25. Масса грузовика равна

- 1) 1500 кг 2) 3000 кг 3) 4000 кг 4) 8000 кг

A5. Ведро массой m поднимают на веревке вертикально вверх с постоянной скоростью. Когда ведро поднимется на высоту h относительно первоначального положения, его полная механическая энергия

- 1) увеличится на величину mgh
 2) уменьшится на величину mgh
 3) не изменится
 4) будет неизвестна, так как не задана скорость

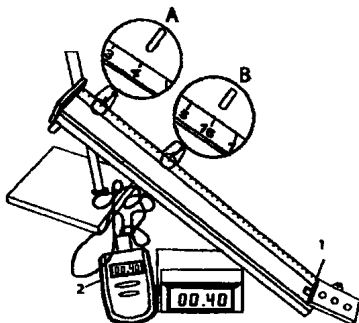
A6. Диапазон голоса мужского баса занимает частотный интервал от $\nu_1 = 80$ Гц до $\nu_2 = 400$ Гц. Отношение граничных длин звуковых волн $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ этого интервала равно

- 1) $\frac{1}{10}$ 2) $\frac{1}{5}$ 3) 10 4) 5

A7. На рисунке представлена установка для исследования равноускоренного движения ползунка (1) массой 0,05 кг по наклонной плоскости, установленной под углом 45° к горизонту.

В момент начала движения верхний датчик (А) включает секундомер (2), при прохождении ползунка мимо нижнего датчика (В) секундомер выключается. Числа на линейке обозначают длину в сантиметрах. Секундомер измеряет время в секундах. Ускорение ползунка в любой момент времени вычисляется по формуле

- 1) $a = 30 \text{ м/с}^2$
 2) $a = 1,5 \text{ м/с}^2$
 3) $a = 1,5t$
 4) $a = 30t$



A8. При повышении абсолютной температуры идеального газа в 2 раза средняя кинетическая энергия теплового движения молекул

- 1) не изменится
- 2) увеличится в 4 раза
- 3) уменьшится в 2 раза
- 4) увеличится в 2 раза

A9. Твердое вещество медленно нагревалось в сосуде. В таблице приведены результаты измерений его температуры с течением времени.

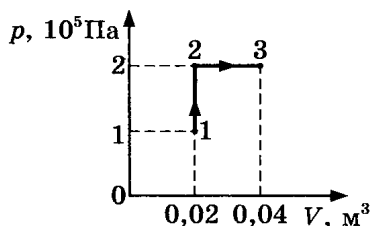
Время, мин	0	5	10	15	20	25	30	35
Температура, °C	25	55	85	115	11	115	125	135

Через 10 минут после начала измерений в сосуде находилось вещество

- 1) только в твердом состоянии
- 2) только в жидком состоянии
- 3) и в жидком, и в твердом состоянии
- 4) и в жидком, и в газообразном состоянии

A10. При переходе из состояния 1 в состояние 3 газ совершает работу

- 1) 2 кДж
- 2) 4 кДж
- 3) 6 кДж
- 4) 8 кДж



A11. Температура нагревателя тепловой машины 900 К, температура холодильника на 300 К меньше, чем у нагревателя. Максимально возможный КПД машины равен

- 1) $\frac{1}{5}$
- 2) $\frac{1}{3}$
- 3) $\frac{1}{2}$
- 4) $\frac{3}{5}$

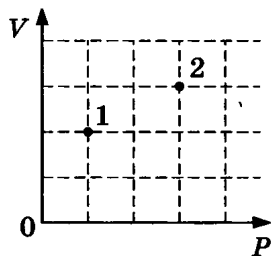
A12. В сосуде находится некоторое количество идеального газа. При переходе газа из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок) конечная температура газа

1) $T_2 = \frac{3}{2}T_1$

2) $T_2 = \frac{3}{4}T_1$

3) $T_2 = \frac{9}{4}T_1$

4) $T_2 = \frac{9}{2}T_1$



A13. Расстояние между двумя точечными электрическими зарядами увеличили в 2 раза, и один из зарядов уменьшили в 2 раза. Сила взаимодействия между зарядами

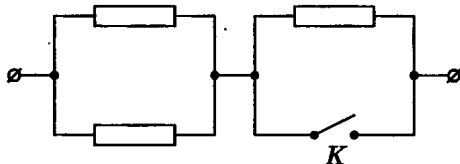
1) уменьшилась в 2 раза

2) уменьшилась в 4 раза

3) уменьшилась в 8 раз

4) не изменилась

A14. На участке цепи, изображенном на рисунке, сопротивление каждого из резисторов равно R .



Полное сопротивление участка при замкнутом ключе K равно

1) $R/2$

2) R

3) $2R$

4) $3R$

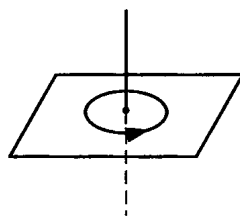
A15. На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в горизонтальной плоскости. В центре витка вектор индукции магнитного поля направлен

1) вертикально вниз ↓

2) вертикально вверх ↑

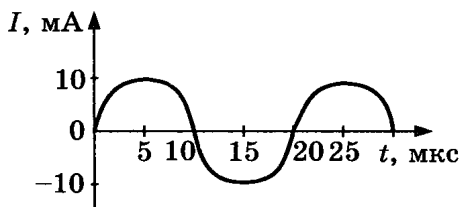
3) влево ←

4) вправо →

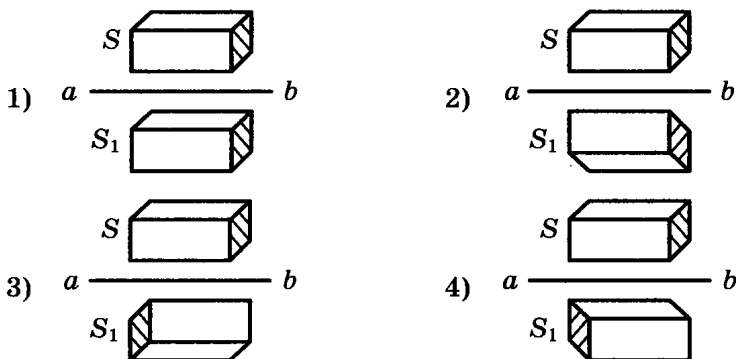


A16. На рисунке приведен график гармонических колебаний тока в колебательном контуре. Если катушку в этом контуре заменить на другую катушку, индуктивность которой в 4 раза больше, то период колебаний будет равен

- 1) 10 мкс
- 2) 20 мкс
- 3) 40 мкс
- 4) 60 мкс

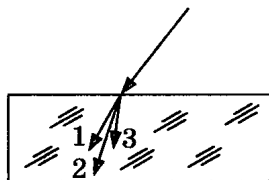


A17. Предмет S отражается в плоском зеркале ab . Изображение предмета S_1 верно показано на рисунке



A18. Для определенных частот угол преломления световых лучей на границе воздух-стекло увеличивается с увеличением частоты излучения. Ход лучей для трех цветов при падении белого света из воздуха на границу раздела показан на рисунке. Цифрам соответствуют цвета

- | | |
|----------------|----------------|
| 1) 1 — синий | 2) 1 — синий |
| 2 — зеленый | 2 — красный |
| 3 — красный | 3 — зеленый |
| 3) 1 — красный | 4) 1 — красный |
| 2 — зеленый | 2 — синий |
| 3 — синий | 3 — зеленый |



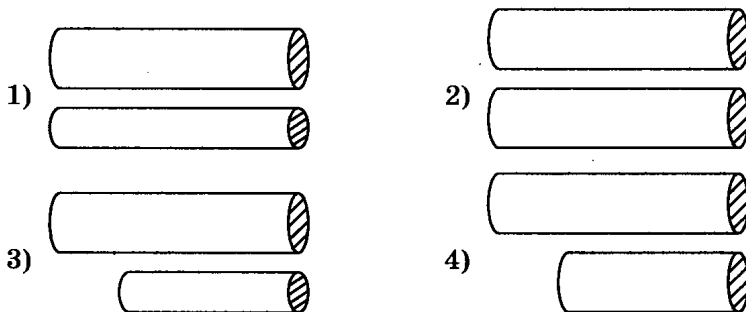
A22. Радиоактивный уран ${}_{92}^{235}\text{U}$, испытав семь α -распадов и четыре β -распада, превратился в изотоп

- 1) свинца ${}_{82}^{208}\text{Pb}$
- 2) полония ${}_{84}^{210}\text{Po}$
- 3) свинца ${}_{82}^{207}\text{Pb}$
- 4) висмута ${}_{83}^{209}\text{Bi}$

A23. Фотоэффект наблюдают, освещая поверхность металла светом с частотой ν . При этом задерживающая разность потенциалов равна U . Частота света увеличилась на $\Delta\nu = 2 \cdot 10^{14}$ Гц. Задерживающая разность потенциалов изменилась на

- 1) 0,62 В
- 2) 0,83 В
- 3) 1 В
- 4) 1,2 В

A24. Проводники изготовлены из одного и того же материала. Какую пару проводников нужно выбрать, чтобы на опыте обнаружить зависимость сопротивления проводника от его длины?



A25. Исследовалась зависимость напряжения на обкладках конденсатора от заряда этого конденсатора. Результаты измерений представлены в таблице.

$q, \text{мКл}$	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
$U, \text{В}$	0	0,04	0,12	0,16	0,22	0,24

Погрешности измерений величин q и U равнялись соответственно 0,005 мКл и 0,01 В. Емкость конденсатора примерно равна

- 1) 200 мкФ
- 2) 800 пФ
- 3) 100 нФ
- 4) 3 нФ

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. В колебательном контуре с индуктивностью L и емкостью C происходят электромагнитные колебания с периодом T и амплитудой q_0 . Что произойдет с периодом, частотой и максимальной энергией конденсатора, если при неизменной амплитуде и емкости уменьшить индуктивность? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) не изменится
- 2) увеличится
- 3) уменьшится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период	Частота	Максимальная энергия конденсатора

В2. Установите соответствие между записанными в первом столбце законами или условиями протекания различных изопроцессов и названием изопроцесса.

**ЗАКОНЫ ИЛИ УСЛОВИЯ
ПРОТЕКАНИЯ
ИЗОПРОЦЕССОВ**

**НАЗВАНИЕ
ИЗОПРОЦЕССА**

А) $\frac{p}{T} = \text{const}$

Б) $Q = 0$

- 1) Изохорный
- 2) Изобарный
- 3) Изотермический
- 4) Адиабатный

А	Б

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- В3.** Ядро, летевшее с некоторой скоростью, разрывается на две части. Первый осколок летит под углом 90° к первоначальному направлению со скоростью 20 м/с, а второй — под углом 30° со скоростью 80 /с. Найдите отношение массы первого осколка к массе второго осколка.
- В4.** В термос с большим количеством воды при температуре $t_1 = 0^\circ\text{C}$ кладут $m = 2$ кг льда с температурой $t_2 = -22^\circ\text{C}$. Какая масса воды Δm замерзнет при установлении теплового равновесия в термосе? Ответ выразите в граммах.
- В5.** Иголка высотой 3 см расположена перпендикулярно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии 40 см от линзы. Оптическая сила линзы 4 дптр. Найдите высоту изображения иголки. Ответ выразите в сантиметрах.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

- С1.** Окно в теплой комнате запотело. Какой должна быть температура на улице, чтобы наблюдалось это явление? Температура воздуха в комнате 25°C , относительная влажность воздуха 50% . Поясните, как вы получили ответ. (Для ответа на этот вопрос воспользуйтесь таблицей для давления насыщенных паров воды).

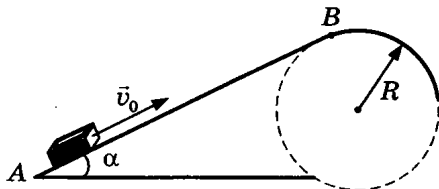
Давление насыщенных паров воды при различных температурах

$t, ^\circ\text{C}$	0	2	4	6	8	10	12	14
$p, \text{кПа}$	0,611	0,705	0,813	0,934	1,07	1,23	1,4	1,59

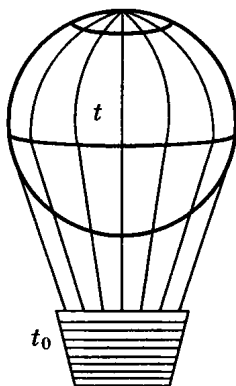
$t, ^\circ\text{C}$	16	18	20	22	24	25	30	40
$p, \text{кПа}$	1,81	2,06	2,19	2,64	2,99	3,17	4,24	7,37

Полное правильное решение каждой из задач С2–С5 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2. Коробок после удара в точке A скользит вверх по наклонной плоскости (см. рисунок). В точке B наклонная плоскость без излома переходит в наружную поверхность горизонтальной трубы радиусом $R = 0,4$ м. Какой должна быть начальная скорость коробка v_0 , чтобы в точке B коробок отрывался от опоры? Длина наклонной плоскости $AB = L = 1,2$ м, угол $\alpha = 30^\circ$. Коэффициент трения между наклонной плоскостью и коробком $\mu = 0,35$.

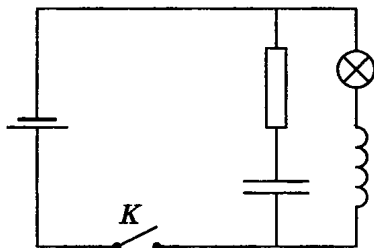


- С3. Аэростат объемом $V = 200$ м³ наполняют горячим воздухом при температуре $t = 280$ °С и нормальном атмосферном давлении. Температура окружающего воздуха $t_0 = 0$ °С. Какую массу должна иметь оболочка аэростата, чтобы он начал подниматься? Оболочка аэростата нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.



- С4. Самолет, имеющий размах крыльев $L = 50$ м, движется горизонтально с постоянной скоростью $v = 200$ м/с, а затем равноускоренно с ускорением $1,5$ м/с². Индукция магнитного поля Земли равна $B = 5 \cdot 10^{-5}$ Тл и направлена под углом $\alpha = 60^\circ$ к направлению движения самолета. Найдите величину ЭДС индукции на концах крыльев самолета в момент, когда самолет пролетит с ускорением расстояние $l = 3000$ м.

- С5. В электрической цепи, показанной на рисунке, ЭДС источника тока равна 20 В; емкость конденсатора 400 мкФ; индуктивность катушки 8 мГн; сопротивление лампы 4 Ом и сопротивление резистора 6 Ом. В начальный момент времени ключ K замкнут. Какая энергия выделится в резисторе после размыкания ключа? Внутренним сопротивлением источника, а также сопротивлением проводов и катушки пренебречь.



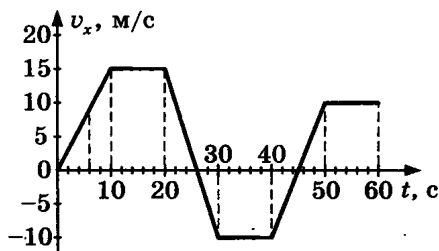
- С6. Энергия двух одинаковых γ -квантов равна энергии покоя электрона. Найдите величину импульса одного из γ -квантов.

ВАРИАНТ 22

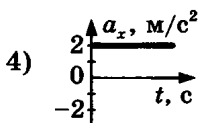
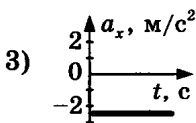
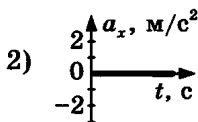
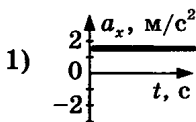
Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (А1–А25) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

- А1.** На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.



Проекция ускорения тела в интервале времени от 0 до 6 с представлена на графике



- А2.** Ядро атома массой M притягивает электрон массой m . Сравните силу действия ядра на электрон F_1 с силой действия электрона на ядро F_2 .

1) $F_1 > F_2$

2) $F_1 < F_2$

3) $F_1 = F_2$

4) $\frac{F_1}{F_2} = \frac{M}{m}$

- А3.** На брусок массой 5 кг, движущийся по горизонтальной поверхности, действует сила трения скольжения 20 Н. Если коэффициент трения уменьшится в 2 раза при неизменной массе, сила трения скольжения будет равна

1) 5 Н

2) 10 Н

3) 20 Н

4) 40 Н

A8. При понижении абсолютной температуры идеального газа в 2 раза средняя кинетическая энергия теплового движения молекул

- 1) не изменится
- 2) уменьшится в 4 раза
- 3) уменьшится в 2 раза
- 4) увеличится в 2 раза

A9. Твердое вещество нагревалось в сосуде. В таблице приведены результаты измерений его температуры с течением времени.

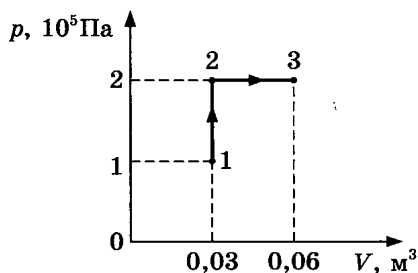
Время, мин	0	5	10	15	20	25	30	35
Температура, °C	25	55	85	115	115	115	125	135

Через 22 минуты после начала измерений в сосуде находилось вещество

- 1) только в твердом состоянии
- 2) только в жидком состоянии
- 3) и в жидком, и в твердом состоянии
- 4) и в жидком, и в газообразном состоянии

A10. При переходе из состояния 1 в состояние 3 газ совершает работу

- 1) 2 кДж
- 2) 4 кДж
- 3) 6 кДж
- 4) 8 кДж



A11. Температура нагревателя тепловой машины 1000 К, температура холодильника на 200 К меньше, чем у нагревателя. Максимально возможный КПД машины равен

- | | |
|------------------|------------------|
| 1) $\frac{1}{5}$ | 2) $\frac{1}{3}$ |
| 3) $\frac{1}{2}$ | 4) $\frac{3}{5}$ |

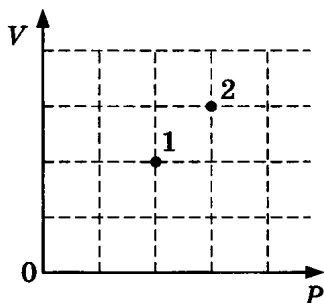
A12. В сосуде находится некоторое количество идеального газа. При переходе газа из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок) конечная температура газа

1) $T_2 = \frac{3}{2}T_1$

2) $T_2 = \frac{3}{4}T_1$

3) $T_2 = \frac{9}{4}T_1$

4) $T_2 = \frac{9}{2}T_1$



A13. Расстояние между двумя точечными электрическими зарядами уменьшили в 2 раза, и один из зарядов увеличили в 2 раза. Сила взаимодействия между зарядами

1) увеличилась в 2 раза

2) увеличилась в 4 раза

3) увеличилась в 8 раз

4) не изменилась

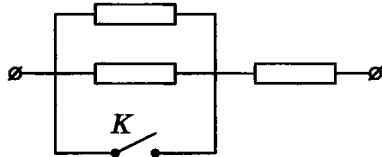
A14. На участке цепи, изображенном на рисунке, сопротивление каждого из резисторов равно R . Полное сопротивление участка при замкнутом ключе K равно

1) $R/2$

2) R

3) $2R$

4) $3R$



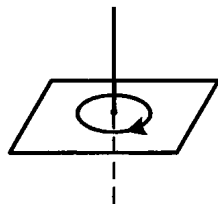
A15. На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в горизонтальной плоскости. В центре витка вектор индукции магнитного поля направлен

1) вертикально вниз \downarrow

2) вертикально вверх \uparrow

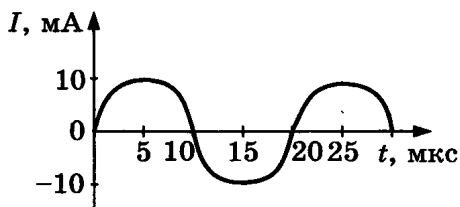
3) влево \leftarrow

4) вправо \rightarrow

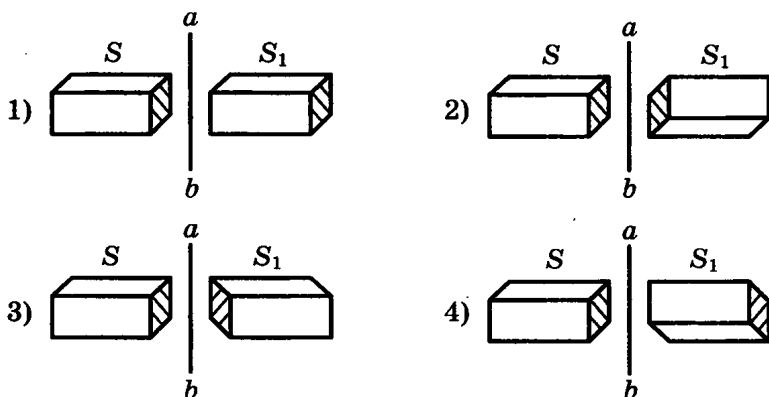


A16. На рисунке приведен график гармонических колебаний тока в колебательном контуре. Если катушку в этом контуре заменить на другую катушку, индуктивность которой в 9 раз больше, то период колебаний будет равен

- 1) 10 мкс
- 2) 20 мкс
- 3) 40 мкс
- 4) 60 мкс

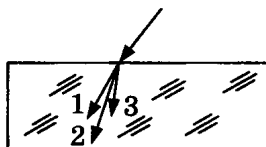


A17. Предмет S отражается в плоском зеркале ab . Изображение предмета S_1 верно показано на рисунке



A18. Для определенных частот угол преломления световых лучей на границе воздух-стекло увеличивается с увеличением частоты излучения. Ход лучей для трех цветов при падении белого света из воздуха на границу раздела показан на рисунке. Цифрам соответствуют цвета

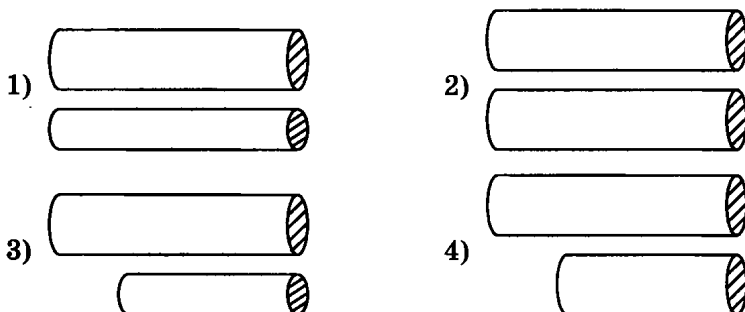
- | | |
|-------------------|----------------|
| 1) 1 — красный | 2) 1 — красный |
| 2 — фиолетовый | 2 — желтый |
| 3 — желтый | 3 — фиолетовый |
| 3) 1 — фиолетовый | 4) 1 — желтый |
| 2 — желтый | 2 — красный |
| 3 — красный | 3 — фиолетовый |



A23. Фотоэффект наблюдают, освещая поверхность металла светом с частотой ν . При этом задерживающая разность потенциалов равна U . Частота света увеличилась на $\Delta\nu = 3 \cdot 10^{14}$ Гц. Задерживающая разность потенциалов изменилась на

- 1) 0,62 В
- 2) 0,83 В
- 3) 1 В
- 4) 1,2 В

A24. Проводники изготовлены из разных материалов. Какую пару проводников нужно выбрать, чтобы на опыте обнаружить зависимость сопротивления проводника от его удельного сопротивления?



A25. Исследовалась зависимость напряжения на обкладках конденсатора от заряда этого конденсатора. Результаты измерений представлены в таблице.

$q, \text{мкКл}$	0	1	2	3	4	5
$U, \text{В}$	0	1,1	2,6	3,5	5,3	6,4

Погрешности измерений величин q и U равнялись соответственно 0,5 мкКл и 0,5 В. Емкость конденсатора примерно равна

- 1) 200 мкФ
- 2) 800 нФ
- 3) 100 пФ
- 4) 3 нФ

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. В колебательном контуре с индуктивностью L и емкостью C происходят электромагнитные колебания с периодом T и амплитудой q_0 . Что произойдет с периодом, частотой и максимальной энергией конденсатора, если при неизменной амплитуде и емкости увеличить индуктивность? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) не изменится
- 2) увеличится
- 3) уменьшится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период	Частота	Максимальная энергия конденсатора

В2. Установите соответствие между записанными в первом столбце законами или условиями протекания различных изопроцессов и названием изопроцесса.

**ЗАКОНЫ ИЛИ УСЛОВИЯ
ПРОТЕКАНИЯ
ИЗОПРОЦЕССОВ**

**НАЗВАНИЕ
ИЗОПРОЦЕССА**

А) $\frac{p}{T} = \text{const}$

Б) $pV = \text{const}$

1) Изохорный

2) Изобарный

3) Изотермический

4) Адиабатный

А	Б

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

В3. Летящий снаряд разрывается на две части. Первый осколок летит под углом 90° к первоначальному направлению со скоростью 30 м/с, а второй — под углом 30° со скоростью 180 м/с. Найдите отношение массы первого осколка к массе второго осколка.

- В4.** В термос с большим количеством воды при температуре $t_1 = 0\text{ }^\circ\text{C}$ засыпают $m = 3$ кг льда с температурой $t_2 = -22\text{ }^\circ\text{C}$. Какая масса воды Δm замерзнет при установлении теплового равновесия в термосе? Ответ выразите в граммах.
- В5.** Стержень высотой 3 см расположен перпендикулярно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии 40 см от линзы. Оптическая сила линзы 3 дптр. Найдите высоту изображения стержня. Ответ выразите в сантиметрах.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

- С1.** Окно в комнате запотело. Какой должна быть температура в комнате, чтобы наблюдалось это явление? Температура воздуха на улице $6\text{ }^\circ\text{C}$, относительная влажность воздуха 50%. Поясните, как вы получили ответ. (Для ответа на этот вопрос воспользуйтесь таблицей для давления насыщенных паров воды).

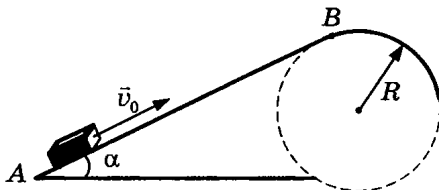
Давление насыщенных паров воды при различных температурах

$t, \text{ }^\circ\text{C}$	0	2	4	6	8	10	12	14
$p, \text{ кПа}$	0,611	0,705	0,813	0,934	1,07	1,23	1,4	1,59

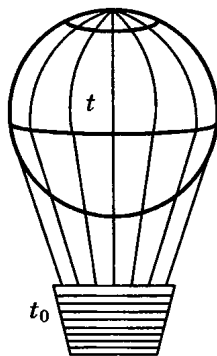
$t, \text{ }^\circ\text{C}$	16	18	20	22	24	25	30	40
$p, \text{ кПа}$	1,81	2,06	2,19	2,64	2,99	3,17	4,24	7,37

Полное правильное решение каждой из задач С2–С5 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2. Шайба после удара в точке А скользит вверх по наклонной плоскости (см. рисунок). В точке В наклонная плоскость без излома переходит в наружную поверхность горизонтальной трубы радиусом $R = 0,5$ м. Какой должна быть начальная скорость шайбы v_0 , чтобы в точке В шайба отрывалась от опоры? Длина наклонной плоскости $AB = L = 1,7$ м, угол $\alpha = 30^\circ$. Коэффициент трения между наклонной плоскостью и шайбой $\mu = 0,5$.

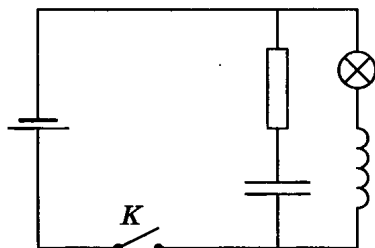


- С3. Воздушный шар объемом $V = 200$ м³ наполняют горячим воздухом при температуре $t = 250$ °С и нормальном атмосферном давлении. Температура окружающего воздуха $t_0 = 0$ °С. Какую массу должна иметь оболочка шара, чтобы он начал подниматься? Оболочка воздушного шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.



- С4. Самолет, имеющий размах крыльев L , движется горизонтально сначала с постоянной скоростью $v = 200$ м/с, а затем равноускоренно с ускорением $1,5$ м/с². Индукция магнитного поля Земли равна $B = 5 \cdot 10^{-5}$ Тл и направлена под углом $\alpha = 60^\circ$ к направлению движения самолета. Величина ЭДС индукции на концах крыльев самолета в момент, когда самолет пролетит с ускорением расстояние $l = 4000$ м, равна $\varepsilon = 0,32$ В. Найдите размах крыльев самолета.

- С5. В электрической цепи, показанной на рисунке, ЭДС источника тока равна 20 В; емкость конденсатора 400 мкФ; индуктивность катушки 8 мГн; сопротивление лампы 4 Ом и сопротивление резистора 3 Ом. В начальный момент времени ключ K замкнут. Какая энергия выделится в резисторе после размыкания ключа? Внутренним сопротивлением источника, а также сопротивлением проводов и катушки пренебречь.



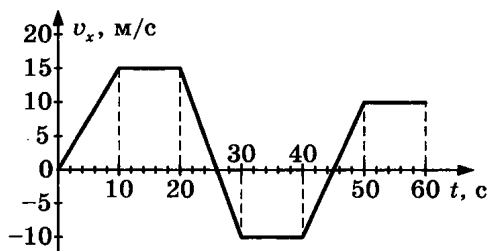
- С6. Энергия двух одинаковых γ -квантов равна энергии покоя нейтрона с массой $1,68 \cdot 10^{-27}$ кг. Найдите величину импульса одного из γ -квантов.

ВАРИАНТ 23

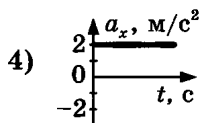
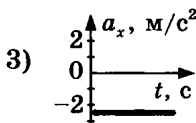
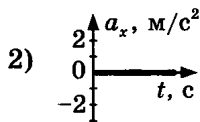
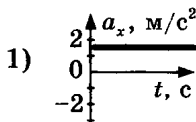
Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

- A1.** На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.



Проекция ускорения тела в интервале времени от 20 до 26 с представлена на графике



- A2.** Солнце массой M притягивает Землю массой m . Сравните силу действия Солнца на Землю F_1 с силой действия Земли на Солнце F_2 .

1) $F_1 > F_2$

2) $F_1 < F_2$

3) $F_1 = F_2$

4) $\frac{F_1}{F_2} = \frac{M}{m}$

- A3.** На брусок массой 5 кг, движущийся по горизонтальной поверхности, действует сила трения скольжения 20 Н. Если коэффициент трения уменьшится в 4 раза при неизменной массе, сила трения скольжения будет равна

1) 5 Н

2) 10 Н

3) 20 Н

4) 40 Н

A4. Самолет летит со скоростью $v_1 = 180$ км/ч, а вертолет со скоростью $v_2 = 90$ км/ч. Масса самолета $m = 3000$ кг. Отношение импульса самолета к импульсу вертолета равно 1,5. Масса вертолета равна

- 1) 1500 кг 2) 3000 кг 3) 4000 кг 4) 8000 кг

A5. Брусок массой m съезжает вниз по гладкой наклонной плоскости. Когда брусок опустится на высоту h относительно первоначального положения, его полная механическая энергия

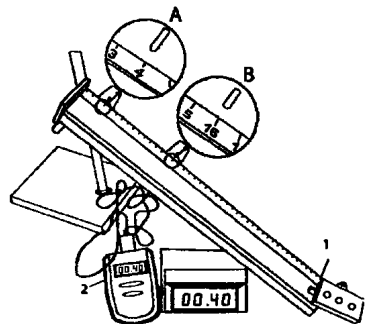
- 1) увеличится на величину mgh
 2) уменьшится на величину mgh
 3) не изменится
 4) будет неизвестна, так как не задан угол наклона плоскости

A6. Диапазон звуков фортепиано занимает частотный интервал от $\nu_1 = 25$ Гц до $\nu_2 = 4000$ Гц. Отношение граничных длин звуковых волн $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ этого интервала равно

- 1) $\frac{1}{10}$ 2) $\frac{1}{160}$ 3) 5 4) 160

A7. На рисунке представлена установка для исследования равноускоренного движения ползунка (1) массой 0,05 кг по наклонной плоскости, установленной под углом 45° к горизонту. В момент начала движения верхний датчик (А) включает секундомер (2), при прохождении ползунка мимо нижнего датчика (В) секундомер выключается. Числа на линейке обозначают длину в сантиметрах. Секундомер измеряет время в секундах. Путь, пройденный ползунком, в любой момент времени вычисляется по формуле

- 1) $S = 0,75t^2$
 2) $S = 1,5t^2$
 3) $S = 15t^2$
 4) $S = 30t^2$



A8. При увеличении средней квадратичной скорости теплового движения молекул в 2 раза средняя кинетическая энергия теплового движения молекул

- 1) не изменится
- 2) увеличится в 4 раза
- 3) уменьшится в 4 раза
- 4) увеличится в 2 раза

A9. Твердое вещество медленно нагревалось в сосуде. В таблице приведены результаты измерений его температуры с течением времени.

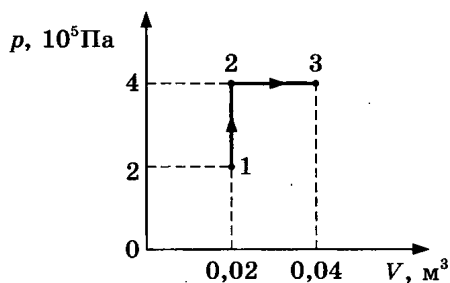
Время, мин	0	5	10	15	20	25	30	35
Температура, °С	25	55	85	115	115	115	125	135

Через 34 минуты после начала измерений в сосуде находилось вещество

- 1) только в твердом состоянии
- 2) только в жидком состоянии
- 3) и в жидком, и в твердом состоянии
- 4) и в жидком, и в газообразном состоянии

A10. При переходе из состояния 1 в состояние 3 газ совершает работу

- 1) 2 кДж
- 2) 4 кДж
- 3) 6 кДж
- 4) 8 кДж



A11. Температура нагревателя тепловой машины 800 К, температура холодильника на 400 К меньше, чем у нагревателя. Максимально возможный КПД машины равен

- | | |
|------------------|------------------|
| 1) $\frac{1}{5}$ | 2) $\frac{1}{3}$ |
| 3) $\frac{1}{2}$ | 4) $\frac{3}{5}$ |

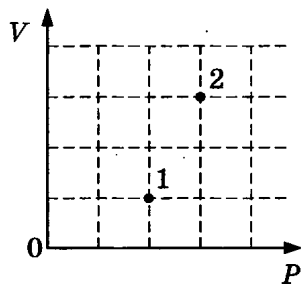
A12. В сосуде находится некоторое количество идеального газа. При переходе газа из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок) конечная температура газа

1) $T_2 = \frac{3}{2}T_1$

2) $T_2 = \frac{3}{4}T_1$

3) $T_2 = \frac{9}{4}T_1$

4) $T_2 = \frac{9}{2}T_1$



A13. Расстояние между двумя точечными электрическими зарядами увеличили в 2 раза, и один из зарядов увеличили в 2 раза. Сила взаимодействия между зарядами

1) уменьшилась в 2 раза

2) уменьшилась в 4 раза

3) уменьшилась в 8 раз

4) не изменилась

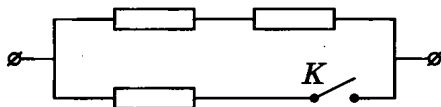
A14. На участке цепи, изображенном на рисунке, сопротивление каждого из резисторов равно R . Полное сопротивление участка при замкнутом ключе K равно

1) $\frac{2}{3}R$

2) R

3) $2R$

4) $3R$



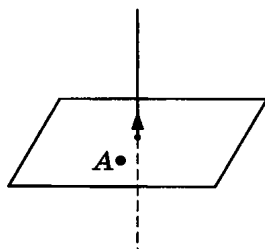
A15. На рисунке изображен проводник, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. В точке A вектор индукции магнитного поля направлен

1) вертикально вниз \downarrow

2) вертикально вверх \uparrow

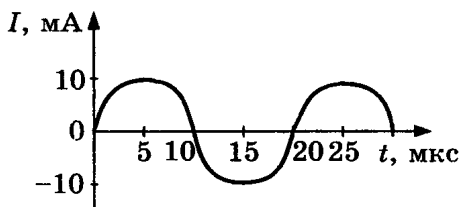
3) влево \leftarrow

4) вправо \rightarrow

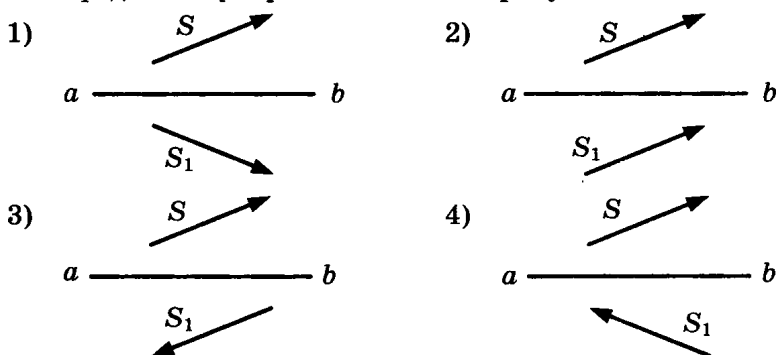


A16. На рисунке приведен график гармонических колебаний тока в колебательном контуре. Если конденсатор в этом контуре заменить на другой конденсатор, емкость которого в 4 раза больше, то период колебаний будет равен

- 1) 10 мкс
- 2) 20 мкс
- 3) 40 мкс
- 4) 60 мкс

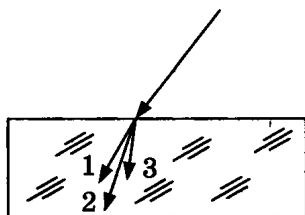


A17. Предмет S отражается в плоском зеркале ab . Изображение предмета S_1 верно показано на рисунке



A18. Для определенных длин волн угол преломления световых лучей на границе воздух-стекло уменьшается с увеличением длины волны излучения. Ход лучей для трех цветов при падении белого света из воздуха на границу раздела показан на рисунке. Цифрам соответствуют цвета

- | | |
|----------------|----------------|
| 1) 1 — синий | 2) 1 — синий |
| 2 — зеленый | 2 — красный |
| 3 — красный | 3 — зеленый |
| 3) 1 — красный | 4) 1 — красный |
| 2 — зеленый | 2 — синий |
| 3 — синий | 3 — зеленый |



В1. В колебательном контуре с индуктивностью L и емкостью C происходят электромагнитные колебания с периодом T и амплитудой q_0 . Что произойдет с периодом, частотой и максимальной энергией конденсатора, если при неизменной амплитуде и индуктивности уменьшить емкость? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) не изменится
- 2) увеличится
- 3) уменьшится

Запишите в таблице выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период	Частота	Максимальная энергия конденсатора

В2. Установите соответствие между записанными в первом столбце законами или условиями протекания различных изопроцессов и названием изопроцесса.

**ЗАКОНЫ ИЛИ УСЛОВИЯ
ПРОТЕКАНИЯ
ИЗОПРОЦЕССОВ**

**НАЗВАНИЕ
ИЗОПРОЦЕССА**

А) $\frac{p}{T} = \text{const}$

Б) $\frac{V}{T} = \text{const}$

- 1) Изохорный
- 2) Изобарный
- 3) Изотермический
- 4) Адиабатный

А	Б

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

В3. Граната, летевшая с некоторой скоростью, разбивается на две части. Первый осколок летит под углом 90° к первоначальному направлению со скоростью 40 м/с, а второй — под углом 30° со скоростью 80 м/с. Найдите отношение массы первого осколка к массе второго осколка.

- В4.** В теплоизолированный сосуд с большим количеством воды при температуре $t_1 = 0\text{ }^\circ\text{C}$ кладут $m = 1,5\text{ кг}$ льда с температурой $t_2 = -33\text{ }^\circ\text{C}$. Какая масса воды Δm замерзнет при установлении теплового равновесия в сосуде? Ответ выразите в граммах.
- В5.** Спичка высотой 3 см расположена перпендикулярно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии 40 см от линзы. Оптическая сила линзы 5 дптр. Найдите высоту изображения спички. Ответ выразите в сантиметрах.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

- С1.** Окно в теплой комнате запотело. Какой должна быть относительная влажность воздуха в комнате, чтобы наблюдалось это явление? Температура воздуха в комнате $25\text{ }^\circ\text{C}$, температура воздуха на улице $12\text{ }^\circ\text{C}$. Поясните, как вы получили ответ. (Для ответа на этот вопрос воспользуйтесь таблицей для давления насыщенных паров воды).

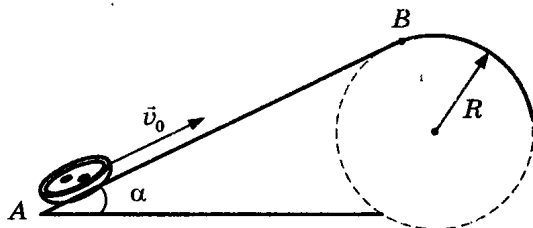
Давление насыщенных паров воды при различных температурах

$t, \text{ }^\circ\text{C}$	0	2	4	6	8	10	12	14
$p, \text{ кПа}$	0,611	0,705	0,813	0,934	1,07	1,23	1,4	1,59

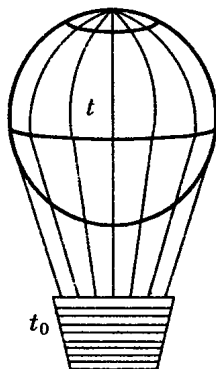
$t, \text{ }^\circ\text{C}$	16	18	20	22	24	25	30	40
$p, \text{ кПа}$	1,81	2,06	2,19	2,64	2,99	3,17	4,24	7,37

Полное правильное решение каждой из задач С2–С5 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2. Пуговица после удара в точке А скользит вверх по наклонной плоскости (см. рисунок). В точке В наклонная плоскость без излома переходит в наружную поверхность горизонтальной трубы радиусом $R = 0,2$ м. Какой должна быть начальная скорость пуговицы v_0 , чтобы в точке В она оторвалась от опоры? Длина наклонной плоскости $AB = L = 0,9$ м, угол $\alpha = 30^\circ$. Коэффициент трения между наклонной плоскостью и пуговицей $\mu = 0,35$.

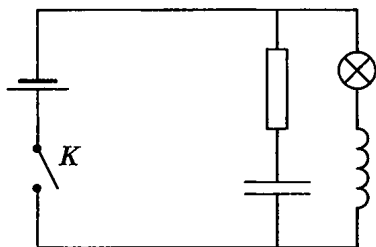


- С3. Воздушный шар объемом $V = 300$ м³ наполняют горячим воздухом при температуре $t = 280$ °С и нормальном атмосферном давлении. Температура окружающего воздуха $t_0 = 0$ °С. Какую массу должна иметь оболочка шара, чтобы он начал подниматься? Оболочка нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.



- С4. Аэроплан, имеющий размах крыльев $L = 40$ м, движется горизонтально сначала с постоянной скоростью $v = 150$ м/с, а затем с постоянным ускорением a . Индукция магнитного поля Земли равна $B = 5 \cdot 10^{-5}$ Тл и направлена под углом $\alpha = 60^\circ$ к направлению движения аэроплана. Когда аэроплан пролетает расстояние $l = 3000$ м, на концах его крыльев возникает ЭДС индукции $\varepsilon = 0,4$ В. Найдите ускорение аэроплана.

- С5. В электрической цепи (см. рисунок) ЭДС источника тока равна 20 В; емкость конденсатора 400 мкФ; индуктивность катушки 8 мГн; сопротивление лампы 4 Ом и сопротивление резистора 10 Ом. В начальный момент времени ключ K замкнут. Какая энергия выделится в резисторе после размыкания ключа? Внутренним сопротивлением источника, а также сопротивлением проводов и катушки пренебречь.



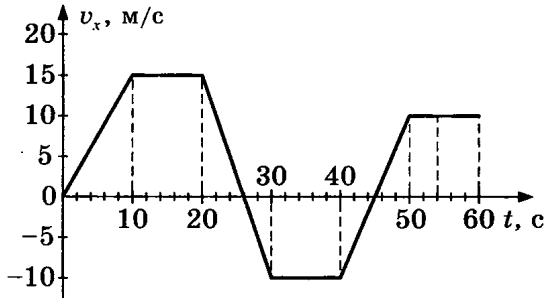
- С6. После столкновения двух γ -квантов образовались электрон и позитрон (положительно заряженная частица, масса и модуль заряда которой такие же, как у электрона). Найдите модуль импульса одного из γ -квантов в системе отсчета, где электрон и позитрон покоятся.

ВАРИАНТ 24

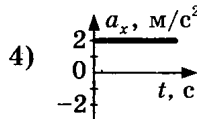
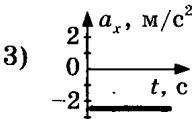
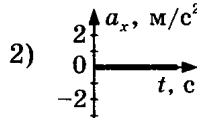
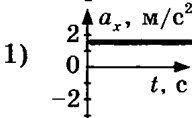
Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «x» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

- A1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.



Проекция ускорения тела в интервале времени от 54 до 60 с представлена на графике



- A2. Земля массой M притягивает находящееся на ее поверхности тело массой m . Сравните силу действия Земли на это тело F_1 с силой действия тела на Землю F_2 .

1) $F_1 > F_2$

2) $F_1 < F_2$

3) $F_1 = F_2$

4) $\frac{F_1}{F_2} = \frac{M}{m}$

- A3. На брусок массой 5 кг, движущийся по горизонтальной поверхности, действует сила трения скольжения 20 Н. Если, не изменяя коэффициент трения, уменьшить в 4 раза массу бруска, сила трения скольжения будет равна

1) 5 Н

2) 10 Н

3) 20 Н

4) 40 Н

A4. Автомобиль движется со скоростью $v_1 = 90$ км/ч, а мотоцикл со скоростью $v_2 = 180$ км/ч. Масса мотоцикла $m = 500$ кг. Отношение импульса автомобиля к импульсу мотоцикла равно 1,5. Масса автомобиля равна

- 1) 1500 кг 2) 3000 кг 3) 4000 кг 4) 8000 кг

A5. Мяч массой m бросают вертикально вверх. Если пренебречь сопротивлением воздуха, то при подъеме мяча на высоту h относительно первоначального положения, его полная механическая энергия

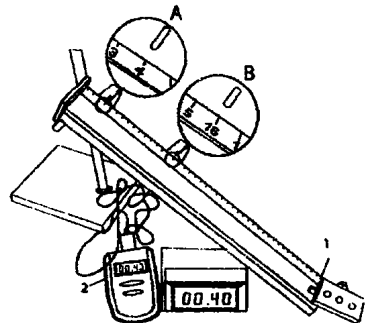
- 1) увеличится на величину mgh
 2) уменьшится на величину mgh
 3) не изменится
 4) будет неизвестна, так как не задана начальная скорость

A6. Диапазон частот ультразвуковых волн, применяемых в физиотерапии, занимает частотный интервал от $\nu_1 = 0,8$ МГц до $\nu_2 = 3,2$ МГц. Отношение граничных длин ультразвуковых волн $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ этого интервала равно

- 1) $\frac{1}{4}$ 2) $\frac{1}{5}$ 3) 4 4) 5

A7. На рисунке представлена установка для исследования равноускоренного движения ползунка (1) массой 0,05 кг по наклонной плоскости, установленной под углом 45° к горизонту. В момент начала движения верхний датчик (А) включает секундомер (2), при прохождении ползунка мимо нижнего датчика (В) секундомер выключается. Числа на линейке обозначают длину в сантиметрах. Секундомер измеряет время в секундах. Ускорение ползунка в любой момент времени вычисляется по формуле

- 1) $a = 6 \text{ м/с}^2$
 2) $a = 60 \text{ м/с}^2$
 3) $a = 6t$
 4) $a = 60t$



A8. При уменьшении средней квадратичной скорости теплового движения молекул в 2 раза средняя кинетическая энергия теплового движения молекул

- 1) не изменится
- 2) увеличится в 4 раза
- 3) уменьшится в 4 раза
- 4) увеличится в 2 раза

A9. Твердое вещество медленно нагревалось в сосуде. В таблице приведены результаты измерений его температуры с течением времени.

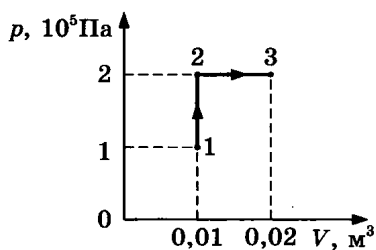
Время, мин	0	5	10	15	20	25	30	35
Температура, °C	25	55	85	115	115	115	125	135

Через 6 минут после начала измерений в сосуде находилось вещество

- 1) только в твердом состоянии
- 2) только в жидком состоянии
- 3) и в жидком, и в твердом состоянии
- 4) и в жидком, и в газообразном состоянии

A10. При переходе из состояния 1 в состояние 3 газ совершает работу

- 1) 2 кДж
- 2) 4 кДж
- 3) 6 кДж
- 4) 8 кДж



A11. Температура нагревателя тепловой машины 500 К, температура холодильника на 300 К меньше, чем у нагревателя. Максимально возможный КПД машины равен

- | | |
|------------------|------------------|
| 1) $\frac{1}{5}$ | 2) $\frac{1}{3}$ |
| 3) $\frac{1}{2}$ | 4) $\frac{3}{5}$ |

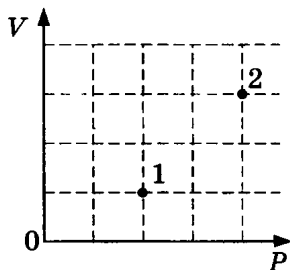
A12. В сосуде находится некоторое количество идеального газа. При переходе газа из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок) конечная температура газа

1) $T_2 = \frac{3}{2} T_1$

2) $T_2 = 6T_1$

3) $T_2 = \frac{9}{4} T_1$

4) $T_2 = \frac{9}{2} T_1$



A13. Расстояние между двумя точечными электрическими зарядами уменьшили в 2 раза, и один из зарядов уменьшили в 2 раза. Сила взаимодействия между зарядами

1) увеличилась в 2 раза

2) увеличилась в 4 раза

3) увеличилась в 8 раз

4) не изменилась

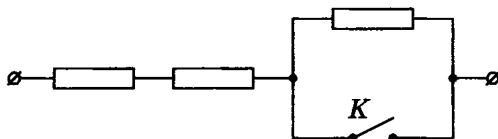
A14. На участке цепи, изображенном на рисунке, сопротивление каждого из резисторов равно R . Полное сопротивление участка при замкнутом ключе K равно

1) $R/2$

2) R

3) $2R$

4) $3R$



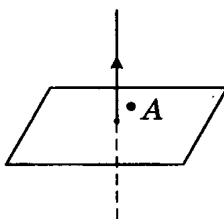
A15. На рисунке изображен проводник, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. В точке A вектор индукции магнитного поля направлен

1) вертикально вниз \downarrow

2) вертикально вверх \uparrow

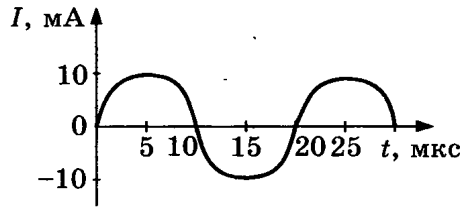
3) влево \leftarrow

4) вправо \rightarrow

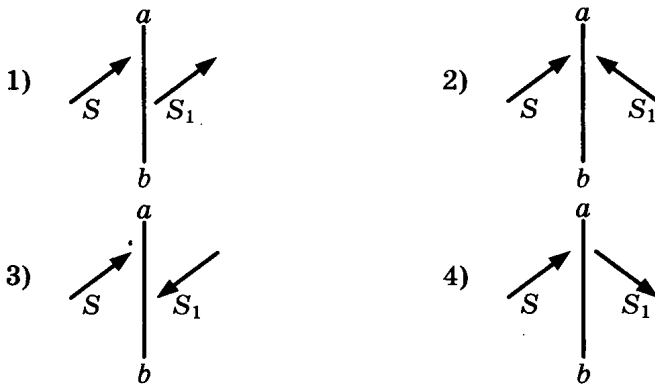


A16. На рисунке приведен график гармонических колебаний тока в колебательном контуре. Если конденсатор в этом контуре заменить на другой конденсатор, емкость которого в 4 раза меньше, то период колебаний будет равен

- 1) 10 мкс
- 2) 20 мкс
- 3) 40 мкс
- 4) 60 мкс

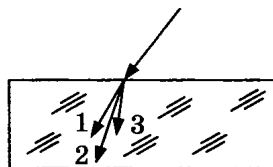


A17. Предмет S отражается в плоском зеркале ab . Изображение предмета S_1 верно показано на рисунке



A18. Для определенных длин волн угол преломления световых лучей на границе воздух-стекло увеличивается с увеличением длины волны излучения. Ход лучей для трех цветов при падении белого света из воздуха на границу раздела показан на рисунке. Цифрам соответствуют цвета

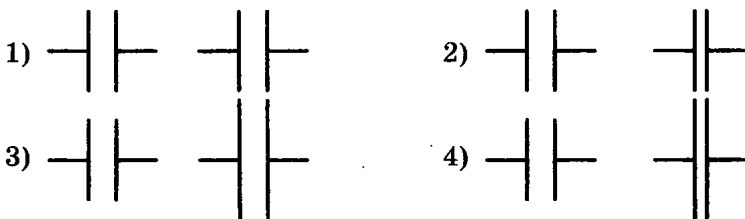
- | | |
|----------------|----------------|
| 1) 1 — синий | 2) 1 — синий |
| 2 — зеленый | 2 — красный |
| 3 — красный | 3 — зеленый |
| 3) 1 — красный | 4) 1 — красный |
| 2 — зеленый | 2 — синий |
| 3 — синий | 3 — зеленый |



A23. Фотоэффект наблюдают, освещая поверхность металла светом с частотой ν . При этом задерживающая разность потенциалов равна U . Частота света увеличилась на $\Delta\nu = 2,5 \cdot 10^{14}$ Гц. Задерживающая разность потенциалов изменилась на

- 1) 0,62 В
- 2) 0,83 В
- 3) 1 В
- 4) 1,2 В

A24. Конденсаторы заполнены одинаковыми диэлектриками. Какую пару конденсаторов нужно выбрать, чтобы на опыте обнаружить зависимость емкости конденсатора от расстояния между его пластинами?



A25. Исследовалась зависимость напряжения на обкладках конденсатора от заряда этого конденсатора. Результаты измерений представлены в таблице.

q , мкКл	0	1	2	3	4	5
U , В	0	8	22	34	38	52

Погрешности измерений величин q и U равнялись соответственно 0,5 мкКл и 1 В. Емкость конденсатора примерно равна

- 1) 200 мкФ
- 2) 800 нФ
- 3) 100 нФ
- 4) 3 пФ

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. Небольшой шар массой m , подвешенный к пружине, совершает колебания с периодом T и амплитудой x_0 . Что произойдет с периодом, частотой и максимальной кинетической энергией шара, если при неизменной массе увеличить амплитуду? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) не изменится
- 2) увеличится
- 3) уменьшится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период	Частота	Максимальная кинетическая энергия шара

В2. Установите соответствие между записанными в первом столбце законами или условиями протекания различных изопроцессов и названием изопроцесса.

**ЗАКОНЫ ИЛИ УСЛОВИЯ
ПРОТЕКАНИЯ ИЗОПРОЦЕССОВ**

- А) $Q = 0$
- Б) $pV = \text{const}$

**НАЗВАНИЕ
ИЗОПРОЦЕССА**

- 1) Изохорный
- 2) Изобарный
- 3) Изотермический
- 4) Адиабатный

А	Б

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

В3. Граната, летевшая с некоторой скоростью, разрывается на две части. Первый осколок летит под углом 90° к первоначальному направлению со скоростью 10 м/с, а второй — под углом 30° со скоростью 80 м/с. Найдите отношение массы первого осколка к массе второго осколка.

В4. В термос с большим количеством воды при температуре $t_1 = 0^\circ\text{C}$ кладут $m = 1$ кг льда с температурой $t_2 = -22^\circ\text{C}$. Какая масса воды Δm замерзнет при установлении теплового равновесия? Ответ выразите в граммах.

- В5.** Карандаш высотой 9 см расположен перпендикулярно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии 50 см от линзы. Оптическая сила линзы 5 дптр. Найдите высоту изображения карандаша. Ответ выразите в сантиметрах.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

- С1.** Окно в автомобиле с неработающим кондиционером запотело. Какой должна быть температура на улице, чтобы наблюдалось это явление? Температура воздуха в автомобиле 30 °С, относительная влажность воздуха 50%. Поясните, как вы получили ответ. (Для ответа на этот вопрос воспользуйтесь таблицей для давления насыщенных паров воды).

Давление насыщенных паров воды при различных температурах

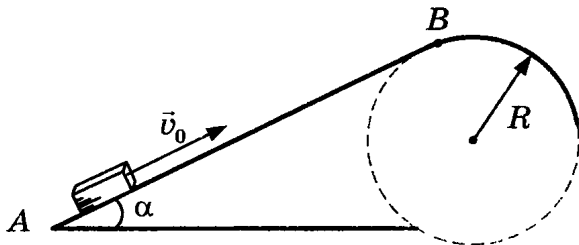
$t, ^\circ\text{C}$	0	2	4	6	8	10	12	14
$p, \text{кПа}$	0,611	0,705	0,813	0,934	1,07	1,23	1,4	1,59

$t, ^\circ\text{C}$	16	18	20	22	24	25	30	40
$p, \text{кПа}$	1,81	2,06	2,19	2,64	2,99	3,17	4,24	7,37

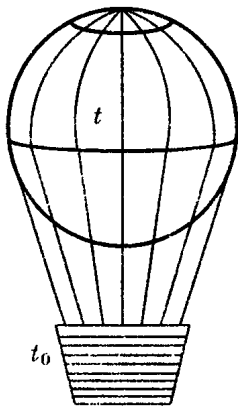
Полное правильное решение каждой из задач С2–С5 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

- С2.** Небольшой брусок после удара в точке A скользит вверх по наклонной плоскости с начальной скоростью $v_0 = 5 \text{ м/с}$ (см. рисунок). В точке B наклонная плоскость без излома переходит в наружную поверхность горизонтальной трубы радиусом $R = 0,4 \text{ м}$. Какой должна быть длина наклонной плоскости AB , чтобы в точке B брусок отрывался от опоры?

Угол наклона плоскости $\alpha = 30^\circ$. Коэффициент трения между наклонной плоскостью и бруском $\mu = 0,3$.

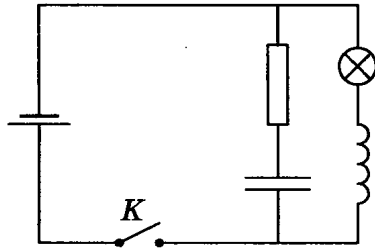


- С3. Аэростат объемом $V = 300 \text{ м}^3$ наполняют горячим воздухом при температуре $t = 250 \text{ }^\circ\text{C}$ и нормальном атмосферном давлении. Температура окружающего воздуха $t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$. Какую массу должна иметь оболочка аэростата, чтобы он начал подниматься? Оболочка аэростата нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.



- С4. Самолет, имеющий размах крыльев $L = 50 \text{ м}$, движется горизонтально сначала с постоянной скоростью $v = 150 \text{ м/с}$, а затем с постоянным ускорением 3 м/с^2 . Индукция магнитного поля Земли равна $B = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$ и направлена под углом $\alpha = 60^\circ$ к направлению движения самолета. Какое расстояние должен равноускоренно пролететь самолет, чтобы между концами его крыльев возникла разность потенциалов $\varepsilon = 0,4 \text{ В}$?
- С5. В электрической цепи (см. рисунок) ЭДС источника тока равна 20 В ; емкость конденсатора 500 мкФ ; индуктивность катушки 8 мГн ; сопротивление лампы 4 Ом и сопротивление резистора 6 Ом . В начальный момент времени ключ K

замкнут. Какая энергия выделится в резисторе после замыкания ключа? Внутренним сопротивлением источника, а также сопротивлением проводов и катушки пренебречь.



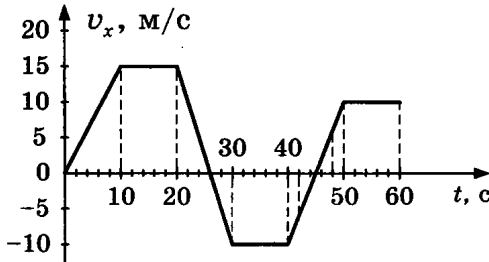
- С6. Энергия двух одинаковых γ -квантов равна энергии покоя протона с массой $1,67 \cdot 10^{-27}$ кг. Найдите величину импульса одного из γ -квантов.

ВАРИАНТ 25

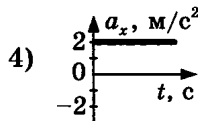
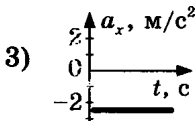
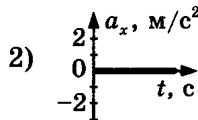
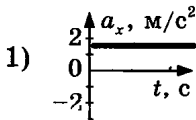
Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (А1–А25) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

- А1.** На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.



Проекция ускорения тела в интервале времени от 42 до 48 с представлена на графике



- А2.** Брусok массой m лежит на доске массой M . Сравните силу действия доски на брусок F_1 с силой действия бруска на доску F_2 .

1) $F_1 > F_2$

2) $F_1 < F_2$

3) $F_1 = F_2$

4) $\frac{F_1}{F_2} = \frac{M}{m}$

- А3.** На брусок массой 5 кг, движущийся по горизонтальной поверхности, действует сила трения скольжения 10 Н. Если коэффициент трения увеличится в 2 раза при неизменной массе, сила трения скольжения будет равна

1) 5 Н

2) 10 Н

3) 20 Н

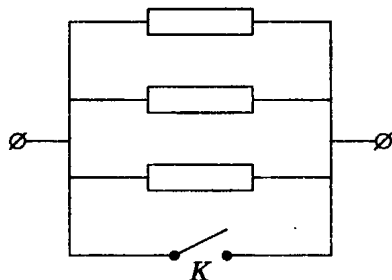
4) 40 Н

A13. Расстояние между двумя точечными электрическими зарядами увеличили в 2 раза, и оба заряда уменьшили в 2 раза. Сила взаимодействия между зарядами

- 1) уменьшилась в 4 раза
- 2) уменьшилась в 8 раз
- 3) уменьшилась в 16 раз
- 4) не изменилась

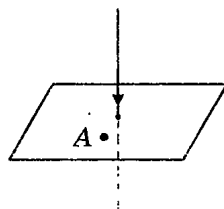
A14. На участке цепи, изображенном на рисунке, сопротивление каждого из резисторов равно R . Полное сопротивление участка при замкнутом ключе K равно

- 1) 0
- 2) R
- 3) $2R$
- 4) $3R$



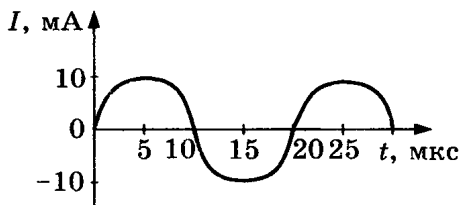
A15. На рисунке изображен проводник, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. В точке A вектор индукции магнитного поля направлен

- 1) вертикально вниз ↓
- 2) вертикально вверх ↑
- 3) влево ←
- 4) вправо →

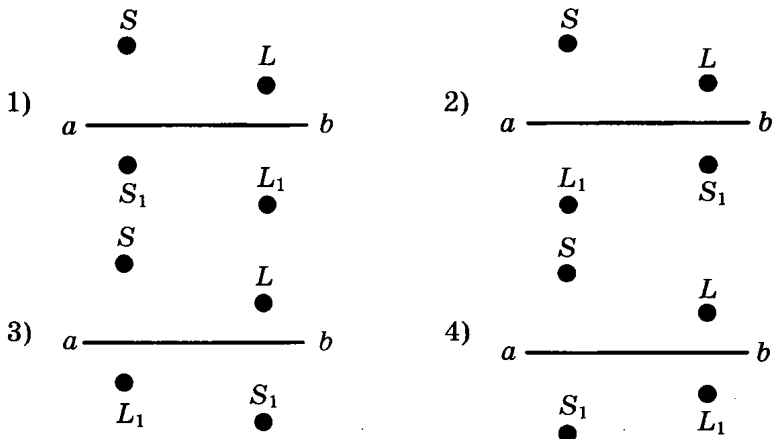


A16. На рисунке приведен график гармонических колебаний тока в колебательном контуре. Если конденсатор в этом контуре заменить на другой конденсатор, емкость которого в 9 раз больше, то период колебаний будет равен

- 1) 10 мкс
- 2) 20 мкс
- 3) 40 мкс
- 4) 60 мкс

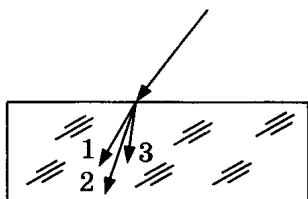


A17. Две точки S и L отражаются в плоском зеркале ab . Изображения точек S_1 и L_1 верно показаны на рисунке



A18. Для определенных длин волн угол преломления световых лучей на границе воздух-стекло уменьшается с увеличением длины волны излучения. Ход лучей для трех цветов при падении белого света из воздуха на границу раздела показан на рисунке. Цифрам соответствуют цвета

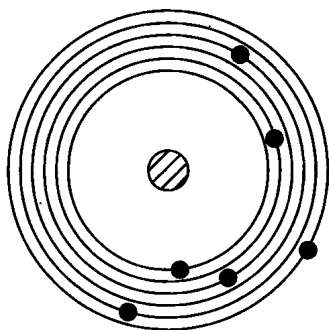
- | | |
|-------------------|----------------|
| 1) 1 — красный | 2) 1 — красный |
| 2 — фиолетовый | 2 — желтый |
| 3 — желтый | 3 — фиолетовый |
| 3) 1 — фиолетовый | 4) 1 — желтый |
| 2 — желтый | 2 — красный |
| 3 — красный | 3 — фиолетовый |



A19. На входе в электрическую цепь квартиры стоит предохранитель, размыкающий цепь при силе тока 10 А. Подаваемое в цепь напряжение равно 220 В. Какое максимальное количество утюгов, мощность каждого из которых равна 400 Вт, можно одновременно включить в квартире?

- | | |
|------|------|
| 1) 2 | 2) 3 |
| 3) 4 | 4) 5 |

A20. На рисунке изображена схема атома. Электроны обозначены черными точками. Схема соответствует атому



- | | |
|----------------------|------------------------|
| 1) ${}^1_6\text{C}$ | 2) ${}^{14}_7\text{N}$ |
| 3) ${}^6_3\text{Li}$ | 4) ${}^{16}_8\text{O}$ |

A21. Период полураспада ядер атомов актиния ${}^{227}_{89}\text{Ac}$ составляет 22 года. Это означает, что в образце, содержащем большое число атомов актиния,

- 1) половина начального количества атомов распадется за 11 лет
- 2) все изначально имевшиеся атомы распадутся через 22 года
- 3) все изначально имевшиеся атомы распадутся через 44 года
- 4) половина начального количества атомов распадется за 22 года

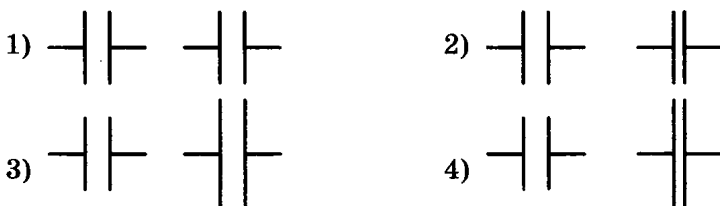
A22. Радиоактивный нептуний ${}^{237}_{93}\text{Np}$, испытав семь α -распадов и четыре β -распада, превратился в изотоп

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| 1) свинца ${}^{208}_{82}\text{Pb}$ | 2) полония ${}^{210}_{84}\text{Po}$ |
| 3) свинца ${}^{207}_{82}\text{Pb}$ | 4) висмута ${}^{209}_{83}\text{Bi}$ |

A23. Фотоэффект наблюдают, освещая поверхность металла светом с частотой ν . При этом задерживающая разность потенциалов равна U . После изменения частоты света задерживающая разность потенциалов увеличилась на $\Delta U = 1,5$ В. Частота падающего света изменилась на

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| 1) $1,5 \cdot 10^{14}$ Гц | 2) $2,2 \cdot 10^{14}$ Гц |
| 3) $3,1 \cdot 10^{14}$ Гц | 4) $3,6 \cdot 10^{14}$ Гц |

A24. Конденсаторы заполнены разными диэлектриками. Какую пару конденсаторов нужно выбрать, чтобы на опыте обнаружить зависимость емкости конденсатора от диэлектрической проницаемости?



A25. Исследовалась зависимость удлинения пружины от массы подвешенных к ней грузов. Результаты измерений представлены в таблице.

m , кг	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
x , м	0	0,02	0,04	0,04	0,07	0,08

Погрешности измерений величин m и x равнялись соответственно 0,01 кг и 0,01 м. Жесткость пружины примерно равна

- 1) 20 Н/м 2) 30 Н/м 3) 50 Н/м 4) 100 Н/м

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. Небольшой грузик массой m , подвешенный к пружине, совершает колебания с периодом T и амплитудой x_0 . Что произойдет с периодом, частотой и максимальной кинетической энергией грузика, если при неизменной амплитуде увеличить массу? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) не изменится
2) увеличится
3) уменьшится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период	Частота	Максимальная кинетическая энергия груза

- В2.** Установите соответствие между записанными в первом столбце законами или условиями протекания различных изопроцессов и названием изопроцесса.

**ЗАКОНЫ ИЛИ УСЛОВИЯ
ПРОТЕКАНИЯ ИЗОПРОЦЕССОВ**

А) $pV = \text{const}$

Б) $\frac{p}{T} = \text{const}$

**НАЗВАНИЕ
ИЗОПРОЦЕССА**

- 1) Изохорный
- 2) Изобарный
- 3) Изотермический
- 4) Адиабатный

А	Б

Ответом к каждому заданию В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- В3.** Ядро, летевшее с некоторой скоростью, разрывается на две части. Первый осколок летит под углом 90° к первоначальному направлению со скоростью 10 м/с, а второй — под углом 30° со скоростью 50 м/с. Найдите отношение массы первого осколка к массе второго осколка.
- В4.** В термос с большим количеством воды при температуре $t_1 = 0^\circ\text{C}$ кладут $m = 1$ кг льда с температурой $t_2 = -55^\circ\text{C}$. Какая масса воды Δm замерзнет при установлении теплового равновесия в термосе? Ответ выразите в граммах.
- В5.** Карандаш высотой 9 см расположен перпендикулярно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии 50 см от линзы. Оптическая сила линзы 4 дптр. Найдите высоту изображения карандаша. Ответ выразите в сантиметрах.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

- C1. Окно в автомобиле с неработающим кондиционером запотело. Какой должна быть температура в автомобиле, чтобы наблюдалось это явление? Температура воздуха на улице $16\text{ }^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха в автомобиле 60% . Поясните, как вы получили ответ. (Для ответа на этот вопрос воспользуйтесь таблицей для давления насыщенных паров воды).

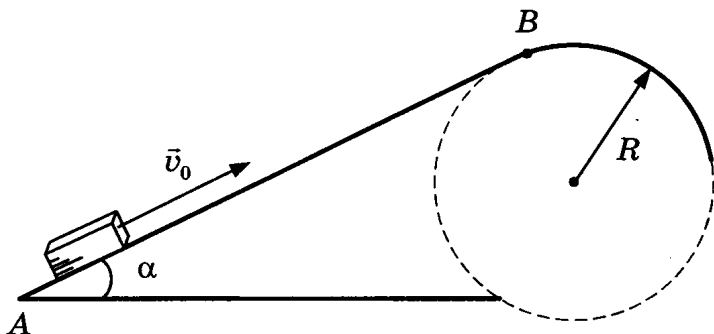
Давление насыщенных паров воды при различных температурах

$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	0	2	4	6	8	10	12	14
$p, \text{ кПа}$	0,611	0,705	0,813	0,934	1,07	1,23	1,4	1,59

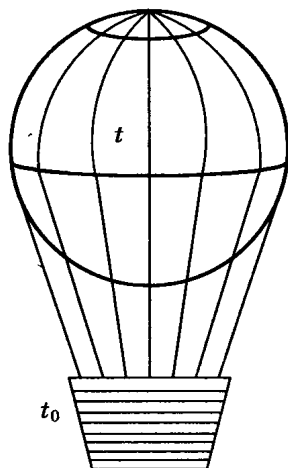
$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	16	18	20	22	24	25	30	40
$p, \text{ кПа}$	1,81	2,06	2,19	2,64	2,99	3,17	4,24	7,37

Полное правильное решение каждой из задач C2–C5 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

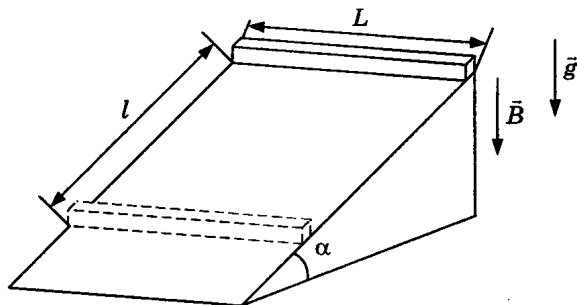
- C2. Коробок после удара в точке A скользит вверх по наклонной плоскости с начальной скоростью $v_0 = 5\text{ м/с}$ (см. рисунок). В точке B наклонная плоскость без излома переходит в наружную поверхность горизонтальной трубы радиусом $R = 0,4\text{ м}$. Какой должна быть длина наклонной плоскости AB , чтобы в точке B коробок отрывался от опоры? Угол наклона плоскости $\alpha = 30^{\circ}$. Коэффициент трения между наклонной плоскостью и коробком $\mu = 0,2$.



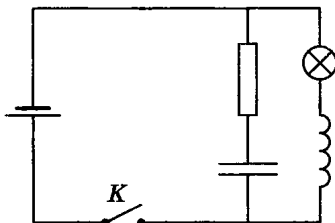
- С3. Воздушный шар, оболочка которого имеет массу $M = 100$ кг, наполняют горячим воздухом при температуре $t = 280$ °С и нормальном атмосферном давлении. Температура окружающего воздуха $t_0 = 0$ °С. Каким должен быть объем шара, чтобы он начал подниматься? Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.



- С4. Металлический тонкий стержень прямоугольного сечения (не являющийся магнитом), имеющий длину $L = 0,4$ м, соскальзывает из состояния покоя по гладкой наклонной непроводящей плоскости. Угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 30^\circ$. Наклонная плоскость находится в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,2$ Тл (см. рисунок). Найдите величину ЭДС индукции между концами стержня в момент, когда стержень пройдет по наклонной плоскости расстояние $l = 0,9$ м.



- С5. В электрической цепи, показанной на рисунке, ЭДС источника тока равна 20 В; емкость конденсатора 500 мкФ; индуктивность катушки 8 Гн; сопротивление лампы 4 Ом и сопротивление резистора 3 Ом. В начальный момент времени ключ K замкнут. Какая энергия выделится в резисторе после размыкания ключа? Внутренним сопротивлением источника, а также сопротивлением проводов и катушки пренебречь.



- С6. K -мезон массой $8,8 \cdot 10^{-28}$ кг распадается на два γ -кванта. Найдите модуль импульса одного из образовавшихся γ -квантов в системе отсчета, где первичный K -мезон покоится.

ОТВЕТЫ

Вариант 1

Часть 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	3	A14	3
A2	2	A15	4
A3	2	A16	1
A4	3	A17	2
A5	1	A18	3
A6	4	A19	3
A7	3	A20	2
A8	1	A21	3
A9	1	A22	4
A10	3	A23	1
A11	2	A24	3
A12	4	A25	4
A13	4		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
331	3132	130	2	60

Часть 3

C1	Конденсация паров воды происходит при условии равенства давления водяного пара, имеющегося в воздухе, давлению насыщенного водяного пара при данной температуре воздуха. Давление насыщенного водяного пара зависит от температуры. Поэтому при разной плотности водяного пара в воздухе температура начала конденсации пара (точка росы) оказывается различной.
C2	$v = 10 \text{ м/с}$
C3	$Q = 14 \cdot 10^4 \text{ Дж}$
C4	$5\varepsilon = 60 \text{ В}, \varepsilon = 12 \text{ В}$
C5	$a \approx 3,0 \text{ м}$
C6	$\nu \approx 1,33 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$

Вариант 2

Часть 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	3	A14	3
A2	2	A15	2
A3	2	A16	4
A4	2	A17	2
A5	4	A18	2
A6	4	A19	2
A7	3	A20	3
A8	1	A21	2
A9	2	A22	4
A10	4	A23	1
A11	1	A24	2
A12	1	A25	3
A13	2		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
332	2123	13	2	20

Часть 3

C1	Относительная влажность при повышении температуры воздуха в комнате и конденсации паров при той же температуре $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ уменьшится, так как давление p водяного пара в воздухе остается неизменным, а давление p_0 насыщенного водяного пара при повышении температуры воздуха увеличивается.
C2	$N = 1800\text{ Н}$
C3	$Q = 2 \cdot 10^4\text{ Дж}$
C4	$R \approx 5 \cdot 10^{-3}\text{ м} = 5\text{ мм}$
C5	$h' \approx 3\text{ м}$
C6	$E \approx 4,2 \cdot 10^{14}\text{ Дж}$

Вариант 3

Часть 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	3	A14	1
A2	1	A15	3
A3	2	A16	4
A4	4	A17	4
A5	3	A18	4
A6	1	A19	4
A7	2	A20	1
A8	1	A21	3
A9	1	A22	4
A10	2	A23	4
A11	2	A24	1
A12	3	A25	1
A13	3		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
1323	222	2	2	20

Часть 3

C1	Относительная влажность при понижении температуры воздуха в комнате и конденсации паров при той же температуре $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ увеличится, так как давление p водяного пара в воздухе остается неизменным, а давление p_0 насыщенного водяного пара при понижении температуры воздуха уменьшается.
C2	$R = 5\text{ м}$
C3	$Q = -6 \cdot 10^4\text{ Дж}$
C4	$10r = 2,5\text{ Ом}, r = 1\text{ Ом}$
C5	$v \approx 7 \cdot 10^5\text{ м/с}$
C6	$\Delta E \approx -2,6\text{ МэВ}$

Вариант 4

Часть 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	3	A14	1
A2	2	A15	3
A3	3	A16	2
A4	3	A17	2
A5	4	A18	3
A6	2	A19	3
A7	2	A20	3
A8	2	A21	1
A9	2	A22	2
A10	2	A23	2
A11	1	A24	4
A12	1	A25	1
A13	2		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
1323	333	300	4	60

Часть 3

C1	Конденсация паров воды происходит при условии равенства давления водяного пара, имеющегося в воздухе, давлению насыщенного водяного пара при данной температуре воздуха. Давление насыщенного водяного пара зависит от температуры. Поэтому при разной плотности водяного пара в воздухе температура начала конденсации пара (точка росы) оказывается различной.
C2	$R = 4,5 \text{ м/с}$
C3	$Q = -18 \cdot 10^4 \text{ Дж}$
C4	$\varepsilon = 12 \text{ В}, r = 0,6 \text{ Ом}$
C5	$BC \approx 3,4 \text{ м}$
C6	$\Delta E \approx 12,9 \text{ МэВ}$

Вариант 5

Часть 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	1	A14	2
A2	2	A15	3
A3	4	A16	3
A4	3	A17	4
A5	3	A18	3
A6	3	A19	1
A7	2	A20	2
A8	2	A21	1
A9	1	A22	4
A10	3	A23	2
A11	2	A24	2
A12	3	A25	2
A13	3		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
369	3214	8	4	4

Часть 3

C1	Относительная влажность при повышении температуры воздуха в комнате и конденсации паров при той же температуре $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ уменьшится, так как давление p водяного пара в воздухе остается неизменным, а давление p_0 насыщенного водяного пара при повышении температуры воздуха увеличивается.
C2	$v = 8\text{ м/с}$
C3	$Q = 6 \cdot 10^4\text{ Дж}$
C4	$v \approx 8000\text{ м/с}$
C5	$D_2 \approx 0,26\text{ м}$
C6	$\Delta E \approx 5,5\text{ МэВ}$

Вариант 6

Часть 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	2	A14	3
A2	2	A15	2
A3	4	A16	4
A4	3	A17	2
A5	2	A18	4
A6	2	A19	3
A7	1	A20	1
A8	3	A21	3
A9	2	A22	2
A10	4	A23	3
A11	1	A24	3
A12	2	A25	1
A13	1		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
258	2214	225	1	20

Часть 3

C1	Относительная влажность при понижении температуры воздуха в комнате и конденсации паров при той же температуре $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ увеличится, так как давление p водяного пара в воздухе остается неизменным, а давление p_0 насыщенного водяного пара при понижении температуры воздуха уменьшается.
C2	$v = 7\text{ м/с}$
C3	$Q = 18 \cdot 10^4\text{ Дж}$
C4	$\varepsilon = 24\text{ В}, r = 1\text{ Ом}$
C5	$D_2 = 2\text{ дптр}$
C6	$\Delta E \approx -2,64\text{ МэВ}$

Вариант 7

Часть 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	3	A14	1
A2	2	A15	1
A3	4	A16	1
A4	4	A17	2
A5	4	A18	4
A6	3	A19	2
A7	2	A20	1
A8	1	A21	2
A9	3	A22	2
A10	2	A23	3
A11	3	A24	2
A12	2	A25	4
A13	4		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
44231	231	225	6	40

Часть 3

C1	Конденсация паров воды происходит при условии равенства давления водяного пара, имеющегося в воздухе, давлению насыщенного водяного пара при данной температуре воздуха. Давление насыщенного водяного пара зависит от температуры. Поэтому при разной плотности водяного пара в воздухе температура начала конденсации пара (точка росы) оказывается различной.
C2	$R = 5 \text{ м}$
C3	$Q = -14 \cdot 10^4 \text{ Дж}$
C4	$3r = R \text{ Ом}, r = 1 \text{ Ом}$
C5	$d = 2 \text{ мм}$
C6	$U \approx 1,4 \text{ В}$

Вариант 8

Часть 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	2	A14	3
A2	1	A15	1
A3	2	A16	4
A4	3	A17	2
A5	1	A18	4
A6	2	A19	1
A7	2	A20	2
A8	4	A21	1
A9	1	A22	4
A10	4	A23	3
A11	3	A24	1
A12	3	A25	2
A13	4		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
44231	2133	9	1	40

Часть 3

C1	Относительная влажность при повышении температуры воздуха и конденсации паров при той же температуре 29°C уменьшится, так как давление p водяного пара в воздухе остается неизменным, а давление p_0 насыщенного водяного пара при повышении температуры воздуха увеличивается.
C2	$v = 10$ м/с
C3	$Q = -2 \cdot 10^4$ Дж
C4	$R \approx 5$ м
C5	$d = 10^{-7}$ м
C6	$\Delta m \approx 0,9$ кг

Вариант 9

Часть 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	4	A14	2
A2	2	A15	3
A3	3	A16	1
A4	3	A17	1
A5	2	A18	2
A6	3	A19	2
A7	3	A20	4
A8	1	A21	2
A9	2	A22	3
A10	4	A23	3
A11	4	A24	1
A12	2	A25	1
A13	1		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
55321	123	3	2	40

Часть 3

C1	Относительная влажность при понижении температуры воздуха в комнате и конденсации паров при той же температуре $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ увеличится, так как давление p водяного пара в воздухе остается неизменным, а давление p_0 насыщенного водяного пара при понижении температуры воздуха уменьшается.
C2	$v = 10\text{ м/с}$
C3	$Q = 7 \cdot 10^2\text{ Дж}$
C4	$\varepsilon = 2\text{ В}$
C5	$R \approx 5\text{ м}$
C6	$m \approx 3,2\text{ кг}$

Вариант 10

Часть 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	1	A14	4
A2	1	A15	4
A3	1	A16	1
A4	3	A17	3
A5	4	A18	4
A6	3	A19	4
A7	1	A20	2
A8	1	A21	1
A9	3	A22	1
A10	3	A23	4
A11	1	A24	4
A12	2	A25	4
A13	1		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
54321	231	3	2	20

Часть 3

C1	Конденсация паров воды происходит при условии равенства давления водяного пара, имеющегося в воздухе, давлению насыщенного водяного пара при данной температуре воздуха. Давление насыщенного водяного пара зависит от температуры. Поэтому при разной плотности водяного пара в воздухе температура начала конденсации пара (точка росы) оказывается различной.
C2	$R = 5 \text{ м}$
C3	$Q = -700 \text{ Дж}$
C4	$v \approx 16000 \text{ м/с}$
C5	$\lambda \approx 4,39 \cdot 10^{-7} \text{ м}$
C6	$m \approx 12 \text{ кг}$

Вариант № 11

Часть 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	3	A14	2
A2	4	A15	4
A3	3	A16	3
A4	1	A17	4
A5	4	A18	2
A6	1	A19	3
A7	2	A20	1
A8	3	A21	4
A9	3	A22	2
A10	1	A23	2
A11	3	A24	1
A12	1	A25	2
A13	4		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
312	34	0,17	85	0,25

Часть 3

C1	1) Черный зародыш поглощает солнечную энергию, которая идет на нагревание икринки. 2) Одежда, окрашенная в темные цвета, поглощает солнечное излучение и летом в ней становится жарко. Снег в городах весной темнеет и тает значительно быстрее, чем в сельской местности.
C2	10 Н
C3	350 К=77°C
C4	500 В/м
C5	$\frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2} + \varepsilon_3; 1,5r$
C6	$v = \frac{2BeRN_A}{M} = 9,6 \cdot 10^7 \text{ м/с}$

Вариант № 12

Часть 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	1	A14	1
A2	2	A15	1
A3	3	A16	1
A4	1	A17	3
A5	2	A18	4
A6	4	A19	1
A7	1	A20	3
A8	3	A21	3
A9	3	A22	3
A10	2	A23	3
A11	2	A24	1
A12	2	A25	3
A13	4		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
332	11	0,1	0,48	0,1125

Часть 3

C1	47%
C2	60°
C3	0 Дж
C4	1 м/с
C5	$\frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{2} + \varepsilon_3; 1,5r$
C6	42 мТл

Вариант № 13

Часть 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	4	A14	4
A2	2	A15	4
A3	3	A16	2
A4	2	A17	4
A5	4	A18	2
A6	2	A19	3
A7	2	A20	2
A8	1	A21	2
A9	3	A22	1
A10	4	A23	3
A11	3	A24	3
A12	1	A25	1
A13	1		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
321	41	1,4	84	70

Часть 3

C1	на 7 °C
C2	51,3°
C3	200 кг
C4	2 В/м
C5	$\frac{\varepsilon_1 r_2 + \varepsilon_2 r_1}{r_1 + r_2}; \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$
C6	21 мТл

Вариант № 14

Часть 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	2	A14	3
A2	4	A15	4
A3	4	A16	4
A4	1	A17	4
A5	2	A18	1
A6	3	A19	2
A7	3	A20	1
A8	1	A21	4
A9	4	A22	4
A10	3	A23	2
A11	2	A24	1
A12	1	A25	1
A13	2		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
331	11	4	41,11	0,5

Часть 3

C1	1) Плотность воздуха уменьшается с высотой, поэтому архимедова сила становится меньше. 2) Сбрасывая балласт, уменьшают силу тяжести. Воздушный шар поднимается выше
C2	1,4 с
C3	1
C4	57,5 с
C5	$\frac{\varepsilon_1 r_2 - \varepsilon_2 r_1}{r_1 + r_2}; \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$
C6	$v = \frac{2BeRN_A}{M} = 2,4 \cdot 10^7 \text{ м/с}$

Вариант № 15

Часть 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	1	A14	2
A2	4	A15	2
A3	4	A16	4
A4	3	A17	4
A5	4	A18	3
A6	1	A19	4
A7	1	A20	1
A8	2	A21	1
A9	2	A22	2
A10	4	A23	3
A11	3	A24	2
A12	3	A25	1
A13	2		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
322	24	50	39,38	3

Часть 3

C1	ниже 14 °С
C2	21,5 м/с
C3	400 кг
C4	2 В
C5	$\varepsilon; \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$
C6	6,76 кг

Вариант № 16

Часть 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	1	A14	2
A2	4	A15	2
A3	2	A16	3
A4	3	A17	4
A5	2	A18	3
A6	1	A19	3
A7	2	A20	3
A8	3	A21	3
A9	3	A22	2
A10	3	A23	3
A11	4	A24	1
A12	3	A25	1
A13	3		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
332	13	200	0,51	48

Часть 3

C1	<p>1) В опыте наблюдается явление интерференции света. Интерференционный максимум образуется в тех местах пленки, где разность хода волны, отраженной от двух поверхностей пленки, и волны, прошедшей пленку без отражений, достигает четного числа полуволн.</p> <p>2) Толщина пленки увеличивается к низу, поэтому условие интерференционного максимума для нижней части цветных полос будет выполняться для видимого света с максимальной длиной волны, т. е. для красного.</p>
C2	22,4 Н
C3	2804625 Дж
C4	0,5 Тл
C5	2,1R
C6	27,4 кг

Вариант № 17

Часть 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	4	A14	4
A2	3	A15	1
A3	1	A16	2
A4	1	A17	1
A5	3	A18	1
A6	2	A19	3
A7	2	A20	3
A8	3	A21	3
A9	4	A22	2
A10	2	A23	4
A11	2	A24	2
A12	1	A25	3
A13	2		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
311	21	125	128	0,2

Часть 3

C1	1) Расстояния между пятнами увеличатся. 2) Положение центрального пятна не изменится, а остальные пятна раздвинутся от него.
C2	20 рад/с
C3	538 К = 265°C
C4	5,1 м
C5	$\frac{5R}{3}$
C6	8,28 кг

Вариант № 18

Часть 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	3	A14	3
A2	2	A15	4
A3	4	A16	1
A4	1	A17	3
A5	4	A18	3
A6	3	A19	4
A7	2	A20	1
A8	1	A21	1
A9	3	A22	1
A10	1	A23	1
A11	4	A24	4
A12	2	A25	2
A13	2		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
331	23	225	42	2

Часть 3

C1	1) Интерференция и дифракция света на чешуйках. 2) Если рассмотреть крылья бабочки под микроскопом, то можно заметить, что они состоят из маленьких элементов, размеры которых имеют порядок длины волны видимого света. Таким образом, крыло бабочки как бы представляет собой дифракционную решетку.
C2	7 м/с
C3	$\frac{U_1}{U_2} = 6$
C4	1 м
C5	R
C6	33,6 кг

Вариант № 19

Часть 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	2	A14	4
A2	2	A15	1
A3	3	A16	2
A4	2	A17	3
A5	3	A18	1
A6	4	A19	3
A7	1	A20	1
A8	2	A21	1
A9	4	A22	1
A10	2	A23	2
A11	1	A24	2
A12	4	A25	3
A13	3		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
112	13	525	89,4	6,5

Часть 3

C1	1) Дифракция света. 2) Крыло стрекозы, имея непрозрачные прожилки, как бы представляет собой дифракционную решетку.
C2	1400 Н
C3	225 кг
C4	$\Delta q = 0,08$ Кл
C5	0,6R
C6	6,63 кг

Вариант № 20

Часть 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	2	A14	3
A2	2	A15	4
A3	3	A16	1
A4	1	A17	1
A5	3	A18	4
A6	1	A19	2
A7	4	A20	4
A8	2	A21	2
A9	1	A22	3
A10	2	A23	1
A11	2	A24	3
A12	1	A25	2
A13	1		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
221	31	0,5	98,39	0,25

Часть 3

C1	на 9 °C
C2	6mg
C3	$\frac{U_2}{U_1} = 2$
C4	2 Тл
C5	2R
C6	26,9 кг

Вариант № 21**Часть 1**

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	2	A14	1
A2	3	A15	2
A3	2	A16	3
A4	3	A17	2
A5	1	A18	1
A6	4	A19	4
A7	2	A20	1
A8	4	A21	2
A9	1	A22	3
A10	2	A23	2
A11	2	A24	4
A12	4	A25	1
A13	3		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
321	14	2	280	5

Часть 3

C1	14 °C
C2	5 м/с
C3	129 кг
C4	0,48 В
C5	108 мДж
C6	$1,4 \cdot 10^{-22}$ кг · м/с

Вариант № 22**Часть 1**

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	1	A14	2
A2	3	A15	1
A3	2	A16	4
A4	2	A17	3
A5	2	A18	3
A6	3	A19	2
A7	3	A20	2
A8	3	A21	1
A9	3	A22	1
A10	3	A23	4
A11	1	A24	2
A12	3	A25	2
A13	3		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
231	13	3	420	15

Часть 3

C1	16 °C
C2	6 м/с
C3	122 кг
C4	32 м
C5	77 мДж
C6	$2,5 \cdot 10^{-19}$ кг · м/с

Вариант № 23**Часть 1**

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	3	A14	1
A2	3	A15	4
A3	1	A16	3
A4	3	A17	1
A5	3	A18	1
A6	4	A19	4
A7	1	A20	3
A8	2	A21	2
A9	2	A22	2
A10	4	A23	1
A11	3	A24	3
A12	4	A25	4
A13	1		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
322	12	1	315	3

Часть 3

C1	44%
C2	4 м/с
C3	194 кг
C4	5 м/с ²
C5	129 мДж
C6	$2,7 \cdot 10^{-22}$ кг · м/с

Вариант № 24**Часть 1**

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	2	A14	3
A2	3	A15	3
A3	1	A16	1
A4	1	A17	2
A5	3	A18	3
A6	3	A19	4
A7	1	A20	4
A8	3	A21	3
A9	1	A22	3
A10	1	A23	3
A11	4	A24	2
A12	2	A25	3
A13	1		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
112	43	4	140	6

Часть 3

C1	20 °C
C2	1,4 м
C3	183 кг
C4	1950 м
C5	12 мДж
C6	$2,5 \cdot 10^{-19}$ кг · м/с

Вариант № 25**Часть 1**

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	4	A14	1
A2	3	A15	3
A3	3	A16	4
A4	4	A17	4
A5	3	A18	3
A6	3	A19	4
A7	4	A20	1
A8	4	A21	4
A9	4	A22	4
A10	1	A23	4
A11	2	A24	1
A12	1	A25	3
A13	3		

Часть 2

B1	B2	B3	B4	B5
231	31	2,5	350	9

Часть 3

C1	24 °C
C2	1,6 м
C3	155 м ³
C4	0,21 В
C5	86 мДж
C6	$1,32 \cdot 10^{-19}$ кг · м/с

ГЛАВА III. СБОРНИК ЗАДАНИЙ

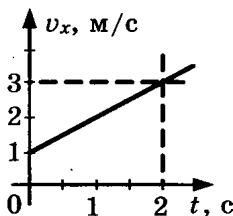
ЧАСТЬ 1 (ЗАДАНИЯ УРОВНЯ А)

1. Механика

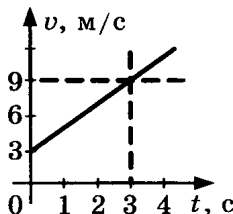
1. На парте лежит учебник. Относительно каких тел эта книга покоится? Относительно каких движется?
2. В каких задачах искусственный спутник Земли нельзя считать материальной точкой?
3. В каких задачах автобус можно считать материальной точкой?
4. Вертолет поднимается вертикально вверх. Какова траектория движения точки на конце лопасти винта вертолета в системе отсчета, связанной с винтом?
5. Стюардесса вышла из кабины пилота, прошла по всему самолету и вернулась обратно. Чему приблизительно равен путь стюардессы в системе отсчета, связанной с самолетом?
6. Турист обошел круглое озеро, радиус которого 150 м. Чему равен путь, пройденный туристом?
7. Лыжник, двигаясь на запад, проехал 8 км, затем повернул на север и проехал еще 12 км. Чему равен его путь?
8. Материальная точка, двигаясь прямолинейно, переместилась из точки с координатами $(-2; 3)$ в точку с координатами $(1; 7)$. Определите модуль вектора перемещения на оси координат.
9. Координата материальной точки изменяется с течением времени согласно формуле $x = 8 - 3t$. Чему равна координата материальной точки через 2 с после начала движения?
10. Координата тела изменяется с течением времени согласно формуле $x = 10 - 4t$. В какой момент времени координата этого тела будет равна нулю?
11. Поезд длиной 560 м, двигаясь равномерно, прошел мост длиной 640 м за 2 мин. Определите скорость поезда.

12. В трубопроводе с площадью поперечного сечения 100 см^2 нефть движется со скоростью $1,4 \text{ м/с}$. Какой объём нефти проходит по трубопроводу в течение 10 мин ?
13. При движении моторной лодки по течению реки ее скорость относительно берега 10 м/с , а при движении против течения 6 м/с . Определите скорость течения реки.
14. При обработке детали на токарном станке скорость продольной подачи резца равна 4 см/мин , а скорость поперечной подачи 3 см/мин . Какова скорость резца относительно корпуса станка при этом режиме работы?
15. По двум параллельным железнодорожным путям равномерно движутся два поезда в одном направлении: грузовой со скоростью 48 км/ч и пассажирский — со скоростью 102 км/ч . Какова величина относительной скорости поездов?
16. Автомобиль движется навстречу велосипедисту со скоростью 54 км/ч . С какой скоростью движется автомобиль относительно велосипедиста, если скорость велосипедиста 6 м/с ?
17. Автомобиль, двигаясь равноускоренно, через 10 с после начала движения достиг скорости 54 км/ч . Найдите ускорение автомобиля.
18. Лыжник равноускоренно съезжает со снежной горки. Скорость лыжника в конце спуска 15 м/с . Время спуска 30 с . Определите ускорение лыжника. Спуск начинается со скоростью 3 м/с .
19. За какое время автомобиль, двигаясь с ускорением $0,4 \text{ м/с}^2$, увеличит свою скорость с 36 км/ч до 72 км/ч ?
20. Велосипедист движется под уклон с ускорением $0,4 \text{ м/с}^2$. Какую скорость приобретет велосипедист через 15 с , если начальная скорость равна 4 м/с ?
21. Лыжник съезжает с горки, двигаясь равноускоренно. Время спуска равно 8 с , ускорение $1,4 \text{ м/с}^2$. В конце спуска его скорость 20 м/с . Определите начальную скорость лыжника.
22. Какую скорость надо сообщить шайбе вдоль горизонтальной поверхности катка, чтобы она, скользя с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$, остановилась через 10 с на расстоянии 30 м ?

23. При равноускоренном прямолинейном движении скорость моторной лодки увеличилась за 10 с от 6 м/с до 8 м/с. Какой путь пройден лодкой за это время?
24. Какое расстояние пройдёт автомобиль до полной остановки, если шофёр резко тормозит при скорости 60 км/ч, а от начала торможения до остановки проходит 6 с?
25. Длина дорожки для взлёта самолёта 450 м. Какова скорость самолёта при взлёте, если он движется равноускоренно и взлетает через 10 с после старта?
26. Координата тела изменяется с течением времени согласно формуле $x = t^2 + 3t - 16$. В какой момент времени, координата тела будет равна 2 м?
27. Тело начинает двигаться из начала координат вдоль оси Ox , причем проекция скорости v_x меняется с течением времени по закону, приведенному на графике. Определите ускорение тела.



28. По графику зависимости модуля скорости от времени, представленному на рисунке, определите ускорение прямолинейно движущегося тела в момент времени 2 с.

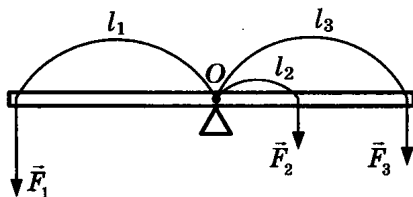


29. Камень брошен с некоторой высоты вертикально вниз с начальной скоростью 2 м/с. Чему будет равна скорость камня через 0,6 с после броска?
30. Камень брошен вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. Чему будет равен модуль скорости камня через 1,5 с после начала движения?

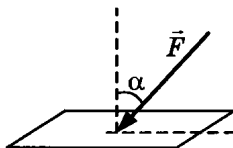
31. Материальная точка за 2 с прошла треть окружности. Определите период ее вращения.
32. Определите линейную скорость колеса, диаметр которого 40 см, а период вращения 2 с.
33. Колесо автомобиля, радиус которого 40 см, имеет угловую скорость 3 рад/с. Определите его центростремительное ускорение.
34. Определите центростремительное ускорение колеса, диаметр которого 60 см, а частота вращения 0,5 Гц.
35. Как изменится центростремительное ускорение точек обода колеса, если линейная скорость уменьшится в 3 раза?
36. Систему отсчета, связанную с Землей, можно приближенно считать инерциальной. При каком движении вертолета относительно Земли связанная с ним система отсчета также является инерциальной?
37. При каком движении автомобиля связанную с ним систему отсчета можно считать инерциальной?
38. Размеры оконного стекла 60 см \times 20 см, толщина 5 мм. Какова его масса? Плотность стекла 2500 кг/м³.
39. На два тела действуют равные силы. Первое тело массой 300 г движется с ускорением 2 м/с². Определите массу второго тела, если оно движется с ускорением 10 см/с².
40. Сила 40 Н сообщает телу ускорение 0,8 м/с². Какая сила сообщит этому телу ускорение 2 м/с²?
41. Порожний грузовой автомобиль массой 5 т начинает движение с ускорением 0,3 м/с². После загрузки при той же силе тяги он трогается с места с ускорением 0,2 м/с². Сколько тонн груза принял автомобиль? Спротивлением движению пренебречь.
42. Какое наибольшее и наименьшее значение результирующей силы можно получить, имея в своем распоряжении две силы 7 Н и 9 Н? Сделайте чертеж.
43. Две силы 5 Н и 6 Н приложены к одному телу. Угол между направлениями сил 90°. Определите модуль равнодействующей этих сил.

44. Вес кирпича, лежащего на Земле, равен 50 Н. С какой силой Земля притягивается к кирпичу во время его свободного падения?
45. На поверхности озера плавают две лодки массой 200 кг каждая, в одной из них сидит человек массой 50 кг. Он подтягивает к себе с помощью веревки вторую лодку. Сила натяжения веревки 100 Н. Сила сопротивления воды мала. Какое по модулю ускорение будет у лодки с человеком?
46. Два тела, движущиеся по гладкой горизонтальной плоскости, столкнулись друг с другом. Первое тело массой 500 г после столкновения стало двигаться с ускорением 1 м/с^2 , а второе — 1 см/с^2 . Определите массу второго тела.
47. Два одинаковых шарика находятся на расстоянии 10 см друг от друга и притягиваются с силой $6,67 \cdot 10^{-15} \text{ Н}$. Какова масса каждого шарика?
48. Как изменится сила всемирного тяготения, если массу одного из взаимодействующих тел увеличить в 6 раз?
49. На некоторой планете сила тяжести, действующая на тело массой 2 кг, равна 8 Н. Определите по этим данным ускорение свободного падения на планете.
50. Камень неизвестной массой брошен вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. Модуль силы тяжести, действующей на камень в момент броска, равен 2,5 Н. Какую массу имеет камень?
51. Определите ускорение свободного падения на поверхности Марса, если его масса $6,43 \cdot 10^{23} \text{ кг}$, а радиус $3,38 \cdot 10^6 \text{ м}$.
52. Средний радиус планеты Меркурий 2420 км, а ускорение свободного падения $3,72 \text{ м/с}^2$. Найдите массу Меркурия.
53. В Днепре поймали сома массой 300 кг. На сколько удлинится капроновая нить, жесткость которой 10 кН/м, при равномерном поднятии этого сома?
54. К пружине длиной 12 см, жесткость которой 500 Н/м, подвесили груз массой 3 кг. Какой стала длина пружины?
55. Определите коэффициент трения между змеей и землёй, если змея массой 120 г движется равномерно со скоростью 1 м/с, при этом сила трения равна 0,15 Н.

56. К ободу колеса диаметром 60 см приложена касательная тормозящая сила 100 Н. Какой минимальный по величине вращательный момент может заставить колесо вращаться?
57. К маховику приложен вращательный момент 100 Н·м. Какое плечо должна иметь тормозящая сила в 500 Н, чтобы маховик не вращался?
58. На рычаг, находящийся в равновесии, действуют три силы F_1 , F_2 и F_3 . Плечи этих сил соответственно равны l_1 , l_2 и l_3 (см. рисунок). Запишите условие равновесия рычага.



59. На горизонтальную поверхность действует сила \vec{F} , образующая с вертикалью угол α (см. рисунок). При каком значении угла сила будет оказывать минимальное давление на поверхность?



60. На стол положили два кубика одинакового размера. Один изготовлен из стали ($\rho_{\text{стали}} = 7800 \text{ кг/м}^3$), а другой из алюминия ($\rho_{\text{алюминия}} = 2700 \text{ кг/м}^3$). Какой кубик оказывает на стол большее давление и во сколько раз?
61. Рыбка плавает в аквариуме. До поверхности ей плыть 20 см, а до дна 30 см. Какое давление воды испытывает рыбка? Плотность воды в аквариуме 1000 кг/м^3 .
62. Плотность воды в заливе Кара-Богаз-Гол 1200 кг/м^3 . Определите глубину, на которой давление воды составит 480 кПа.
63. К малому поршню гидравлического пресса приложена сила 10 Н, под действием которой за один ход он опускается на 25 см, вследствие чего большой поршень подни-

мается на 5 мм. Какая сила давления передается при этом на большой поршень?

64. При взвешивании груза в воздухе показание динамометра равно 2 Н. При опускании груза в воду показание динамометра уменьшается до 1,6 Н. Какая выталкивающая сила действует на груз?
65. Определите архимедову силу, действующую со стороны атмосферного воздуха на человека объемом 50 дм³? Плотность воздуха 1,3 кг/м³.
66. Железобетонная плита размером 4 м × 0,5 м × 0,25 м погружена в воду наполовину своего объема. Чему равна архимедова сила, действующая на нее? Плотность воды 1000 кг/м³.
67. В начале спуска лыжник имел скорость 2 м/с, а в конце 10 м/с. Во сколько раз изменился импульс лыжника?
68. Автомобиль массой 2 т начинает движение по дуге окружности радиусом 80 м. Определите импульс автомобиля, если его центростремительное ускорение равно 5 м/с².
69. Санки съехали с горки и продолжают движение по горизонтальной поверхности. На сколько изменится модуль импульса санок, если в течение 5 с на них действует сила трения, равная 20 Н?
70. Тело движется по прямой. Под действием постоянной силы за 4 с импульс тела увеличился с 20 кг · м/с до 32 кг · м/с. Чему равен модуль силы?
71. Два одинаковых бильярдных шара, каждый массой m , движутся один со скоростью v , а другой со скоростью $2v$ в перпендикулярных направлениях. Чему равен полный импульс системы?
72. Электровоз массой 180 т, движущейся со скоростью 0,5 м/с, сталкивается с неподвижным вагоном массой 45 т, после чего они движутся вместе. Определите скорость их совместного движения.
73. Два неупругих шара массами 6 кг и 4 кг движутся со скоростями 8 м/с и 2 м/с соответственно, направленными вдоль одной прямой. С какой скоростью они будут двигаться после абсолютно неупругого соударения? Шары движутся навстречу друг другу.

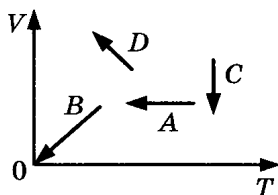
74. Установленная на очень гладком льду замерзшего озера, пушка массой 200 кг стреляет в горизонтальном направлении. Масса выстреливаемого ядра 5 кг, его скорость при вылете из ствола 80 м/с. Какова скорость пушки после выстрела?
75. Мальчик тянет санки за веревку с силой 50 Н. Пройдя с санками 100 м, он совершил работу 2500 Дж. Найдите угол между веревкой и дорогой.
76. С помощью динамометра, расположенного под углом 30° к горизонтальной поверхности, равномерно перемещают брусок массой 100 г на расстояние, равное 20 см. Определите работу равнодействующей всех сил.
77. Спортсмен поднял штангу массой 210 кг за 0,5 с на высоту 2 м. Какую мощность он при этом развил?
78. Под действием силы тяги 2000 Н автомобиль движется с постоянной скоростью 72 км/ч. Определите мощность двигателя автомобиля.
79. Заяц массой 5 кг может разогнаться до скорости 60 км/ч. Определите кинетическую энергию зайца.
80. Девочка, масса которой 42 кг, поднялась на второй этаж, который находился на высоте 6 м от поверхности Земли. Определите ее потенциальную энергию.
81. При растяжении пружины на 10 см в ней возникает сила упругости, равная 25 Н. Определите потенциальную энергию этой пружины при растяжении ее на 6 см.
82. Камень брошен вертикально вверх. В момент броска он имел кинетическую энергию 30 Дж. Какую кинетическую энергию будет иметь камень в верхней точке траектории полета?
83. Тело массой 500 г брошено с высоты 10 м над поверхностью земли со скоростью 10 м/с. Какой будет кинетическая энергия тела в момент приземления?
84. Двигатель игрушечного автомобиля потребляет мощность 400 Вт. Определите КПД двигателя, если машинка движется со скоростью 4 м/с, а сила сопротивления движению 25 Н.

2. Молекулярная физика. Газовые законы

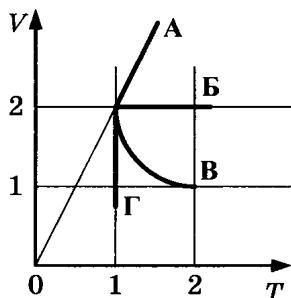
85. Как изменяется скорость движения броуновской частицы при понижении температуры?
86. В каком агрегатном состоянии молекулы участвуют в скачкообразном движении?
87. На поверхность воды поместили каплю масла массой 0,2 мг. Капля растеклась, образовав пятно, толщиной в одну молекулу. Рассчитайте диаметр молекулы масла, если её плотность 900 кг/м^3 . Радиус пятна 20 см.
88. Молярная масса азота 0,028 кг/моль. Определите массу одной молекулы азота.
89. Температуру воды увеличили на 5 К. На сколько градусов изменилась температура по шкале Цельсия?
90. Чему равна средняя кинетическая энергия хаотического поступательного движения молекул идеального газа при температуре $27 \text{ }^\circ\text{C}$?
91. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа в баллоне равна $4,14 \cdot 10^{-21}$ Дж. Чему равна температура газа в этом баллоне?
92. В результате нагревания газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул увеличилась в 4 раза. Как изменилась при этом абсолютная температура газа?
93. Кислород находится в сосуде вместимостью $0,4 \text{ м}^3$ под давлением $8,31 \cdot 10^5$ Па и при температуре 320 К. Чему равна масса кислорода? Молярная масса кислорода $0,032 \text{ кг/моль}$.
94. Азот массой 0,3 кг при температуре 280 К оказывает давление на стенки сосуда, равное $8,31 \cdot 10^4$ Па. Чему равен объём газа? Молярная масса азота $0,028 \text{ кг/моль}$.
95. Газ при давлении 0,2 МПа и температуре $15 \text{ }^\circ\text{C}$ имеет объём 5 л. Чему равен объём этого же газа при нормальных условиях?
96. В цилиндре дизельного двигателя автомобиля КамАЗ-5320 температура воздуха в начале такта сжатия была $50 \text{ }^\circ\text{C}$. Найдите температуру воздуха в конце такта, если его объём уменьшается в 17 раз, а давление возрастает в 50 раз.

97. Газ находится в цилиндре с подвижным поршнем и при температуре 300 К занимает объём 250 см³. Какой объём (в см³) займёт газ, если температура понизится до 270 К? Давление постоянно.
98. При изобарном нагревании газа его объём увеличился вдвое по сравнению с объёмом при 0 °С. На сколько градусов нагрели газ?
99. Некоторая масса идеального газа нагревается при постоянном давлении от 27 °С до температуры 127 °С. Объём газа при этом увеличился на 1 л. Определите первоначальный объём газа.

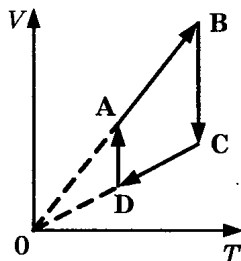
100. На рисунке показаны графики четырех процессов изменения состояния идеального газа. Какой процесс является изохорным охлаждением?



101. На VT-диаграмме приведены графики изменения состояния идеального газа. Какая линия графика соответствует изобарному процессу?



102. На рисунке показан цикл, осуществляемый с идеальным газом. Какой участок соответствует изотермическому сжатию?



103. С помощью психрометрической таблицы определите относительную влажность воздуха, если температура в помещении $22\text{ }^{\circ}\text{C}$, а влажный термометр показал $16\text{ }^{\circ}\text{C}$.

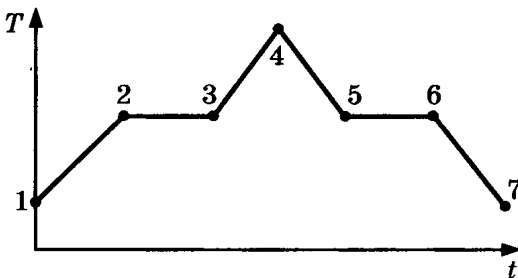
Психрометрическая таблица										
Показания сухого термометра, $^{\circ}\text{C}$	Разность показаний сухого и влажного термометра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Относительная влажность в %										
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34

104. С помощью психрометрической таблицы определите показания влажного термометра, если температура в помещении $16\text{ }^{\circ}\text{C}$, а относительная влажность воздуха 62% .
105. Парциальное давление водяного пара в комнате 2000 Па , а давление насыщенного водяного пара при такой же температуре 4000 Па . Определите относительную влажность воздуха в комнате.

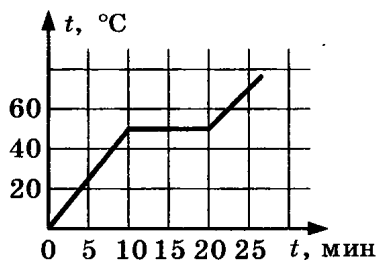
3. Термодинамика

106. Газ в сосуде, нагреваясь, поднимает поршень. Как изменится внутренняя энергия в начале и в конце эксперимента?
107. Одинаковый ли физический смысл имеют выражения: «передача телу теплоты» и «нагревание тела»?
108. Возможно ли такое явление: тело передает теплоту окружающей среде, но при этом не охлаждается?
109. Почему при варке ягодного варенья предпочитают пользоваться деревянной мешалкой?
110. Почему морозильные камеры в холодильниках раньше всегда располагали наверху?
111. Перед горячей штамповкой латунную болванку массой 3 кг нагрели от $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $75\text{ }^{\circ}\text{C}$. Какое количество теплоты получила болванка? Удельная теплоемкость латуни $380\text{ Дж / (кг} \cdot \text{K)}$.

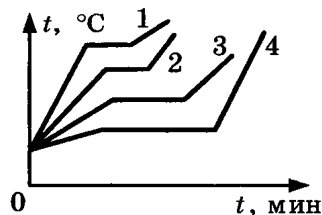
112. Для получения 1800 Дж теплоты 200 г железа нагрели на 20 °С. Какова удельная теплоемкость железа?
113. Какую массу воды можно нагреть от 20 °С до кипения, передав жидкости 672 кДж теплоты? Удельная теплоемкость воды 4200 Дж / (кг · К).
114. Воздух в комнате состоит из смеси газов: водорода, кислорода, азота, водяного пара, углекислого газа и др. Что одинаково у этих газов при тепловом равновесии?
115. Первое тело имеет температуру 400 К, а второе 45 °С. Какое тело будет отдавать энергию в процессе теплопередачи?
116. На графике (см. рисунок) представлено изменение температуры T вещества с течением времени t . В начальный момент вещество находилось в кристаллическом состоянии. Какой участок соответствует процессу отвердевания?



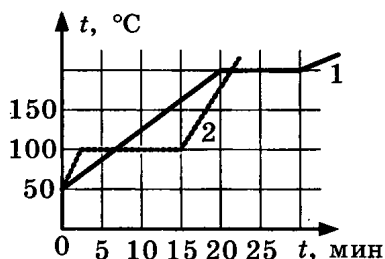
117. На рисунке показан график зависимости температуры кристаллического вещества от времени его нагревания. Какова температура плавления вещества?



118. На рисунке приведены графики изменения со временем температуры четырёх веществ. В начале нагревания все эти вещества находились в жидком состоянии. Какое из веществ имеет наибольшую температуру кипения?

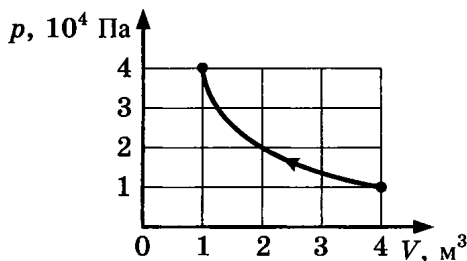


119. На графике показаны кривые нагревания двух жидкостей одинаковой массы при постоянной мощности подводимого тепла. Определите отношение температур кипения первого вещества к температуре кипения второго вещества.



120. Определите внутреннюю энергию 2 моль гелия при температуре 27 °C.
121. Определите внутреннюю энергию гелия, заполняющего аэростат объёмом 80 м³, при давлении 100 кПа.
122. Телу массой 10 кг передали количество теплоты 120 Дж и подняли его над поверхностью Земли на 5 м. Определите, на сколько увеличилась внутренняя энергия тела?
123. Объём газа, расширяющегося при постоянном давлении 100 кПа, увеличился на 2 л. Определите работу, совершенную газом в этом процессе.
124. Какая работа была совершена при изобарном сжатии 6 моль водорода, если его температура изменилась на 50 К?
125. Идеальный газ получил количество теплоты 100 Дж, и при этом внутренняя энергия газа уменьшилась на 100 Дж. Чему равна работа, совершенная внешними силами над газом?
126. В некотором процессе внутренняя энергия газа уменьшилась на 300 Дж, а газ совершил работу 500 Дж. Какое количество теплоты было сообщено газу?
127. Внешние силы совершили над газом работу 500 Дж, при этом внутренняя энергия уменьшилась на 200 Дж. Определите количество теплоты, отданное газом.
128. Давление идеального одноатомного газа уменьшилось на 50 кПа. Газ находится в закрытом сосуде при постоянном объёме 0,3 м³. Какое количество теплоты было отдано газом?

128. Одноатомный газ, находящийся в сосуде вместимостью 8 л, нагревают так, что его давление возрастает с 100 кПа до 200 кПа. Какое количество теплоты передано газу?
130. Чему равно изменение внутренней энергии газа, если ему передано количество теплоты 500 Дж, а газ при постоянном давлении 10^5 Па расширился на $3 \cdot 10^{-3}$ м³?
131. На рисунке показан процесс изменения состояния идеального газа. Внешние силы совершили над газом работу, равную $5 \cdot 10^4$ Дж. Какое количество теплоты отдает газ в этом процессе?

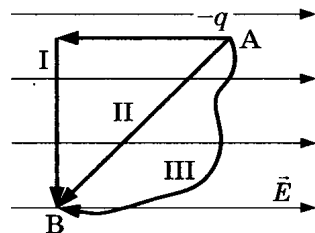


132. КПД идеальной тепловой машины, работающей по циклу Карно 40%. Какую полезную работу, совершает за цикл эта машина, если она отдаёт холодильнику 300 Дж количество теплоты?
133. Вычислите максимальное значение коэффициента полезного действия тепловой машины, если температура нагревателя 127 °С, а температура холодильника 27 °С.

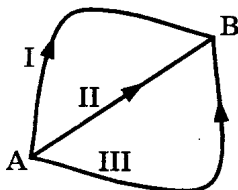
4. Электричество и магнетизм

134. Можно ли, наблюдая взаимное отталкивание двух шаров, однозначно утверждать, что они заряжены положительно?
135. Как заряжено тело, если в процессе электризации оно потеряло электроны?
136. Легкий незаряженный шарик из металлической фольги подвешен на тонкой шелковой нити. Что будет происходить с шариком, если к нему поднести стержень с положительным электрическим зарядом (без прикосновения)?
137. С какой силой взаимодействуют два маленьких заряженных шарика, находящиеся в вакууме на расстоянии 9 см друг от друга? Заряд каждого шарика равен $3 \cdot 10^{-6}$ Кл.

138. Как надо изменить расстояние между двумя точечными электрическими зарядами, чтобы сила их кулоновского взаимодействия осталась прежней, если значение одного из этих зарядов увеличить в два раза?
139. Сила, действующая в поле на заряд в 20 мкКл, равна 4 Н. Чему равна напряженность поля в этой точке?
140. Напряженность однородного электрического поля равна 100 В/м, расстояние между двумя точками, расположенными на одной силовой линии поля, равно 5 см. Чему равна разность потенциалов между этими точками?
141. При лечении электростатическим душем к электродам прикладывается разность потенциалов 100 кВ. Какой заряд проходит между электродами во время процедуры, если известно, что электрическое поле совершает при этом работу, равную 1800 Дж?
142. В электростатическом однородном поле потенциалы точек A и B соответственно равны: $\varphi_A = -700$ В, $\varphi_B = -1300$ В. При перемещении заряженной частицы из точки A в точку B силы электростатического поля совершают работу, равную 9 мкДж. Каким зарядом обладает частица?
143. Металлическая сфера радиусом 10 см равномерно заряжена до 50 нКл. Найдите напряженность электрического поля на расстоянии 15 см от центра сферы.
144. Проводящий шар радиусом 10 см заряжен положительным зарядом 3 нКл. Определите значение напряженности поля на расстоянии 2 см от поверхности шара.
145. Потенциал электрического поля на поверхности металлической заряженной сферы радиусом 20 см равен 4 В. Определите потенциал точки электрического поля на расстоянии 10 см от центра сферы.
146. Отрицательный заряд перемещается в однородном электростатическом поле из точки A в точку B по траекториям I, II, III. В каком случае работа сил электростатического поля наибольшая?

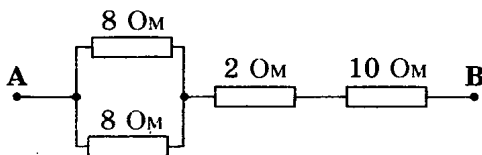


147. Положительная α -частица перемещается в однородном электростатическом поле из точки А в точку В по траекториям I, II, III (см. рисунок). Что можно сказать о работе сил электростатического поля?



148. Как изменится ёмкость плоского воздушного конденсатора, если площадь его обкладок и расстояние между ними уменьшить в 2 раза?
149. Как изменится электроёмкость конденсатора, если напряжение между его пластинами увеличить в 3 раза?
150. Конденсатору электроёмкостью 4 пФ сообщили заряд 32 мкКл. Какой энергией обладает конденсатор?
151. Как изменится энергия электрического поля конденсатора, если напряжение на его обкладках увеличить в 2 раза?
152. Через поперечное сечение спирали электролампы каждые 10 с проходит заряд, равный 15 Кл. Чему равна сила тока в лампе?
153. Через поперечное сечение контактного провода за 2 с проходит $6 \cdot 10^{21}$ электронов. Определите силу тока. Заряд электрона равен $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.
154. Время рабочего импульса ускорителя электронов равно 1 мкс. Средняя сила тока, создаваемого этим ускорителем, 48 кА. Определите число электронов, ускоряемых за один пуск ускорителя. Заряд электрона равен $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.
155. Чему равно напряжение на участке цепи, на котором была совершена работа 500 Дж при прохождении заряда 25 Кл?
156. Какую работу совершает электрическое поле при перемещении заряда 4 мКл, если напряжение равно 45 В?
157. Чему равно сопротивление проволоки длиной 15 м, площадью поперечного сечения 2 мм²? Удельное сопротивление материала $1,6 \cdot 10^{-8}$ Ом · м.

158. Определите напряжение на электролампе, если ее сопротивление 24 Ом , а сила тока $0,04 \text{ А}$.
159. На цоколе электрической лампы написано $0,35 \text{ В}$ и $0,2 \text{ А}$. Определите сопротивление спирали лампы.
160. Рассчитайте силу тока в замкнутой цепи, состоящей из источника тока, у которого ЭДС равна 12 В , а внутреннее сопротивление равно 1 Ом . Сопротивление резистора равно 3 Ом .
161. Определите сопротивление между точками А и В участка электрической цепи, представленной на рисунке.



162. При прохождении по проводнику электрического тока силой 5 А в течение 2 мин совершается работа 150 кДж . Чему равно сопротивление проводника?
163. Чему равно время прохождения тока по проводнику, если при напряжении на его концах 120 В совершается работа 540 кДж ? Сопротивление проводника 24 Ом .
164. В электронагревателе с неизменным сопротивлением спирали, через который течет постоянный ток, за время t выделяется количество теплоты Q . Как изменится количество теплоты, выделившееся в нагревателе, если силу тока и время t увеличить вдвое?
165. На штепсельных вилках некоторых бытовых электрических приборов имеется надпись: « 6 А , 250 В ». Определите максимально допустимую мощность электроприборов, которые можно включать, используя такие вилки.
166. К магнитной стрелке (северный полюс затемнен, см. рисунок), которая может поворачиваться вокруг вертикальной оси, перпендикулярной плоскости чертежа, поднесли постоянный магнит. Что произойдет со стрелкой?



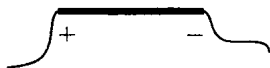
167. К магнитной стрелке (северный полюс затемнен, см. рисунок), которая может поворачиваться вокруг вертикальной оси, перпендикулярной плоскости чертежа, поднесли постоянный магнит. Что произойдет со стрелкой?



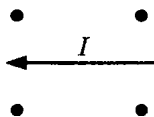
168. Ток по прямолинейному проводу идет на нас (см. рисунок). Постройте линии магнитной индукции для этого тока и определите их направление.



169. На рисунке изображен прямолинейный провод, подключенный к полюсам источника (см. рисунок). Постройте линии магнитной индукции для этого тока и определите их направление.

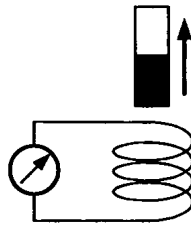


170. С какой силой действует однородное магнитное поле с индукцией $0,2 \text{ Тл}$ на проводник длиной 50 см , расположенный под углом 30° к вектору индукции, при силе тока в проводнике 6 А ?
171. Прямолинейный проводник длиной $l = 0,1 \text{ м}$, по которому течет ток, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,4 \text{ Тл}$ и расположен под углом 90° к вектору \vec{B} . Какова сила тока, если сила, действующая на проводник со стороны магнитного поля, равна $0,2 \text{ Н}$?
172. Прямолинейный проводник длины l с током I помещен в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции \vec{B} . Как изменится сила Ампера, действующая на проводник, если его длину уменьшить в 3 раза, а индукцию магнитного поля увеличить в 3 раза?
173. В однородное магнитное поле, линии индукции которого направлены на нас, поместили проводник с током. Определите направление, действующей на проводник силы.

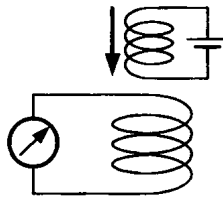


174. В магнитном поле индукцией $B = 4$ Тл движется электрон со скоростью 10^7 м/с, направленной перпендикулярно линиям индукции магнитного поля. Чему равен модуль силы F , действующей на электрон со стороны магнитного поля? Заряд электрона равен $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.
175. Протон и α -частица влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции с одинаковыми скоростями v . Заряд протона в 2 раза меньше заряда α -частицы. Определите отношение модулей сил, действующих на них со стороны магнитного поля в этот момент времени.
176. В металлическое кольцо в течение первых двух секунд вдвигают магнит, в течение следующих двух секунд магнит оставляют неподвижным внутри кольца, в течение последующих двух секунд его вынимают из кольца. В какие промежутки времени в катушке течет ток?
177. В металлическое кольцо в течение первых двух секунд вдвигают магнит, в течение следующих двух секунд магнит оставляют неподвижным внутри кольца, в течение последующих двух секунд его вынимают из кольца. В какие промежутки времени в катушке не течет ток?
178. Угол между вектором магнитной индукции и плоскостью контура 30° . Определите угол между вектором магнитной индукции и положительной нормалью к контуру.
179. Как должна располагаться плоскость витка по отношению к линиям магнитной индукции, чтобы магнитный поток был минимальным?
180. Плоскость замкнутого контура расположена под углом 45° к силовым линиям однородного магнитного поля. Что происходит с магнитным потоком при увеличении магнитной индукции в 3 раза, если площадь контура и его ориентация не меняются?
181. За 0,3 с магнитный поток, пронизывающий проволочную рамку, изменился на 0,06 Вб. Какова скорость изменения магнитного потока?
182. Магнитный поток, пронизывающий контур проводника равномерно, изменился на 0,6 Вб так, что ЭДС индукции оказалась равной 1,2 В. Найдите время изменения магнитного потока.

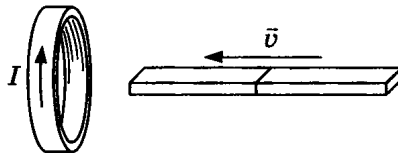
183. Плоский виток, площадь которого 20 см^2 , расположен перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля. Найдите абсолютную величину ЭДС, возникающую в витке, если индукция поля равномерно убывает от $0,05$ до $0,01 \text{ Тл}$ за $0,005 \text{ с}$.
184. В однородном магнитном поле находится плоский виток площадью 200 см^2 , расположенный перпендикулярно линиям поля. Чему равна сила тока в витке, если индукция поля убывает с постоянной скоростью $0,8 \text{ Тл/с}$. Сопротивление витка $0,5 \text{ Ом}$.
185. Катушка соединена с микроамперметром. Из нее вынимают постоянный магнит (северный полюс заштрихован). Определите направление индукционного тока, возникающего в катушке.



186. Катушка соединена с микроамперметром. Сверху к ней приближают электромагнит. Определите направление индукционного тока, возникающего в катушке.



187. Магнит вводят в кольцо, в результате чего появляется ток, направление которого показано на рисунке. Какой полюс магнита ближе к кольцу?



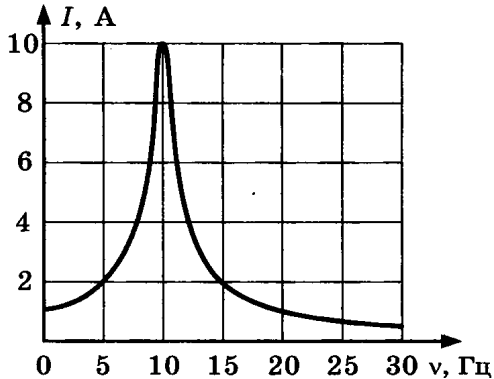
188. Определите индуктивность проводника, в котором равномерное изменение силы тока на 2 А в течение 0,25 с возбуждает ЭДС самоиндукции 20 мВ.
189. В проводнике индуктивностью 5 мГн сила тока в течение 0,2 с равномерно возрастает с 2 А до какого-то конечного значения. При этом в проводнике возбуждается ЭДС самоиндукции, равная 0,2 В. Определите конечное значение силы тока в проводнике.
190. Определите энергию магнитного поля соленоида индуктивностью 0,5 Гн при силе тока 4 А.
191. Энергия магнитного поля в дросселе при силе тока 3 А равна 2,7 Дж. Какую индуктивность имеет дроссель?

5. Колебания и волны

192. При измерении пульса человека было зафиксировано 75 пульсаций крови за 1 мин. Определите частоту сокращения сердечной мышцы.
193. Каков период колебаний поршня двигателя автомобиля, если за 30 с поршень совершает 600 колебаний?
194. Сколько полных колебаний совершит материальная точка за 5 с, если частота колебаний 440 Гц?
195. Тело совершает гармонические колебания по закону $x = 0,2 \sin(4\pi t)$. Определите амплитуду колебаний.
196. Математический маятник совершил 100 колебаний за 628 с. Чему равна длина нити маятника?
197. Амплитуду колебаний математического маятника уменьшили в 2 раза. Как при этом изменился период колебаний маятника?
198. К пружине жесткостью 200 Н/м подвешен груз массой 0,4 кг. Определите частоту свободных колебаний этого пружинного маятника.
199. Груз, подвешенный на пружине жесткостью 250 Н/м, совершает свободные колебания с циклической частотой 50 с^{-1} . Найдите массу груза.

200. Груз, подвешенный на лёгкой пружине жесткостью 100 Н/м, совершает свободные гармонические колебания. Какой должна быть жесткость пружины, чтобы частота колебаний этого же груза увеличилась в 4 раза?
201. Во сколько раз период колебания потенциальной энергии пружины меньше периода колебаний маятника?
202. На поверхности воды в озере волна распространяется со скоростью 5 м/с. Определите период колебаний бакена, если длина волны 3 м.
203. Расстояние между ближайшими гребнями волн в море 4 м. Лодка качается на волнах, распространяющихся со скоростью 3 м/с. С какой частотой волны ударяют о корпус лодки?
204. Какие изменения отмечает человек в звуке при увеличении частоты колебаний в звуковой волне?
205. Источник колебаний с периодом 5 мс вызывает в воде звуковую волну с длиной волны 7,175 м. Определите скорость звука в воде.
206. Звуковая волна частотой 1 кГц распространяется в стальном стержне со скоростью 5 км/с. Определите длину этой волны.
207. Скорость звука в воздухе 340 м/с. Длина звуковой волны в воздухе для самого низкого мужского голоса достигает 4,3 м. Определите частоту колебаний этого голоса.
208. Колебания напряжения на конденсаторе в цепи переменного тока описываются уравнением: $u = 50 \cos(100\pi t)$, где все величины выражены в единицах СИ. Чему равна циклическая частота колебаний напряжения?
209. Чему равен период колебаний в колебательном контуре, состоящем из конденсатора емкостью 4 мкФ и катушки индуктивности 1 Гн? Ответ выразите в миллисекундах, округлив его до целых.
210. Колебательный контур состоит из конденсатора электроёмкостью C и катушки индуктивности L . Как изменится период электромагнитных колебаний в этом контуре, если электроёмкость конденсатора увеличить в 4 раза?

211. На рисунке представлен график зависимости амплитуды силы тока вынужденных колебаний от частоты ν вынуждающей ЭДС. При какой частоте происходит резонанс?



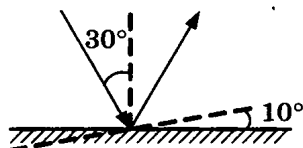
212. Амплитуда колебаний напряжения на участке цепи переменного тока равна 50 В. Чему равно действующее значение напряжения на этом участке цепи?
213. Действующее значение силы тока в цепи переменного тока равно 5 А. Чему равна амплитуда колебаний силы тока в цепи?
214. Сила тока через резистор меняется по закону $i = 36 \sin(128t)$. Определите действующее значение силы тока в цепи.
215. Емкость конденсатора, включенного в цепь переменного тока, равна 2 мкФ. Уравнение колебаний напряжения на конденсаторе имеет вид: $u = 75 \cos(2 \cdot 10^3 t)$, где все величины выражены в СИ. Определите амплитуду силы тока.
216. Чему равна длина электромагнитной волны, распространяющейся в воздухе, если период колебаний 0,01 мкс? Скорость распространения электромагнитных волн $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.
217. На какую длину волны нужно настроить радиоприёмник, чтобы слушать радиостанцию «Наше радио», которая вещает на частоте 101,7 МГц? Скорость распространения электромагнитных волн $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.
218. Длина электромагнитной волны в воздухе равна 0,6 мкм. Чему равна частота колебаний вектора напряженности

электрического поля в этой волне? Скорость распространения электромагнитных волн $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

219. У какого света больше длина волны — у красного или синего?
220. Земля удалена от Солнца на расстояние 150 млн км. Сколько времени идет свет от Солнца к Земле? Скорость распространения электромагнитных волн $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

6. Оптика

221. Предмет, освещенный маленькой лампочкой, отбрасывает тень на стену. Высота предмета 0,03 м, высота его тени 0,15 м. Во сколько раз расстояние от лампочки до предмета меньше, чем от лампочки до стены?
222. Маленькая лампочка освещает экран через непрозрачную перегородку с круглым отверстием радиуса 0,2 м. Расстояние от лампочки до экрана в 5 раз больше расстояния от лампочки до перегородки. Каков радиус освещенного пятна на экране?
223. Тень на экране от предмета, освещенного точечным источником света, имеет размеры в 3 раза больше, чем сам предмет. Расстояние от источника света до предмета равно 1 м. Определите расстояние от предмета до экрана.
224. Луч света падает на плоское зеркало. Угол отражения равен 30° . Определите угол между падающим и отраженным лучами.
225. Луч света падает на плоское зеркало. Угол падения уменьшили на 5° . Что произойдет с углом между отраженным лучом и зеркалом?
226. Угол падения света на горизонтально расположенное плоское зеркало равен 30° . Каким будет угол между падающим и отраженным лучами, если повернуть зеркало на 10° так, как показано на рисунке?

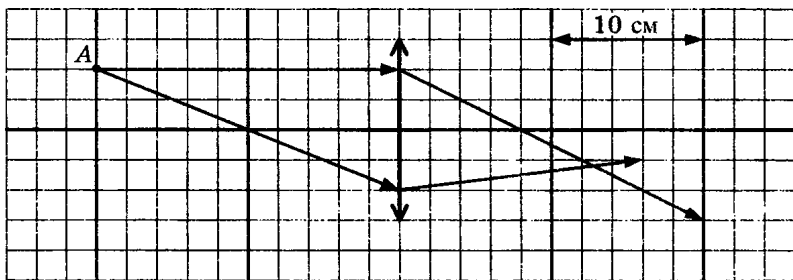


227. Человек, находится на расстоянии 2 м от плоского зеркала. На каком расстоянии от человека находится его изображение?
228. Человек, находившийся на расстоянии 3 м от плоского зеркала, удалился от него на 50 см. На сколько увеличилось расстояние между человеком и его изображением?
229. Во сколько раз увеличится расстояние между предметом и его изображением в плоском зеркале, если зеркало переместить в то место, где было изображение предмета? Предмет остался неподвижен.
230. На горизонтальном столе лежит книга. Под каким углом к поверхности стола должно быть расположено зеркало, чтобы изображение книги в плоском зеркале находилось в вертикальной плоскости?
231. Под каким углом к горизонту следует расположить плоское зеркало, чтобы осветить дно вертикального колодца отраженными от зеркала лучами, падающими под углом 30° к горизонту?
232. Луч света выходит из алмаза в воздух. Сравните угол падения и угол преломления. Абсолютный показатель преломления алмаза 2,42, а воздуха 1.
233. Во сколько раз уменьшается скорость света при переходе луча из воздуха в алмаз? Абсолютный показатель преломления воды 1, а алмаза 2,42.
234. Во сколько раз увеличивается длина волны при переходе луча из воды в воздух? Абсолютный показатель преломления воды 1,33, а воздуха 1.
235. При переходе луча света из одной среды в другую угол падения равен 30° , а угол преломления 60° . Определите относительный показатель преломления первой среды относительно второй.
236. Абсолютный показатель преломления для воды 1,33, а для алмаза — 2,42. В каком направлении свет должен пересекать границу этих двух прозрачных сред, чтобы стало возможным явление полного отражения?
237. Показатели преломления относительно воздуха для воды, стекла и алмаза соответственно равны 1,33; 1,5; 2,42.

В каком из этих веществ предельный угол полного отражения при выходе в воздух имеет максимальное значение?

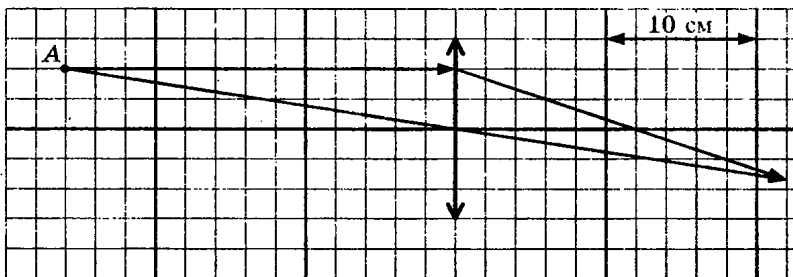
238. Синус предельного угла полного внутреннего отражения на границе стекло-воздух равен $8/13$. Определите, чему равен абсолютный показатель преломления стекла.
239. Определите предельный угол полного внутреннего отражения на границе жидкого азота и алмаза, если показатель преломления алмаза 2,42, а азота 1,21.
240. В некотором прозрачном веществе свет распространяется со скоростью, вдвое меньшей скорости света в вакууме. Чему будет равен предельный угол полного отражения для поверхности раздела этого вещества с вакуумом?
241. Луч света выходит из скипидара в воздух. Предельный угол полного внутреннего отражения для этого луча 42° . Чему равна скорость распространения света в скипидаре?
242. Двояковогнутую стеклянную линзу поместили в жидкость, абсолютный показатель преломления которой равен показателю преломления стекла. На линзу направили пучок света параллельный главной оптической оси. Какие изменения произойдут с пучком света после прохождения линзы?
243. Двояковыпуклую стеклянную линзу поместили в жидкость, абсолютный показатель преломления которой меньше, чем у стекла. Какой будет линза в этой жидкости — собирающей или рассеивающей?
244. Определите оптическую силу рассеивающей линзы, фокусное расстояние которой 50 см.
245. Человек носит очки, оптическая сила которых (-2) дптр. Определите фокусное расстояние линз.
246. При проведении эксперимента ученик использовал две линзы. Фокусное расстояние первой линзы 50 см, фокусное расстояние второй линзы 100 см. Во сколько раз отличаются оптические силы этих линз?

247. На рисунке показан ход лучей от точечного источника света A через тонкую линзу.

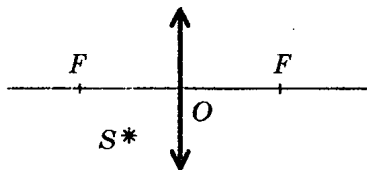


Определите оптическую силу линзы.

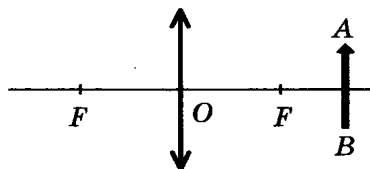
248. На рисунке показан ход лучей от точечного источника света A через тонкую линзу. Какова оптическая сила линзы?



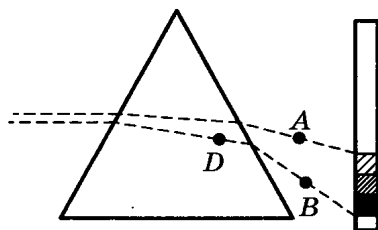
249. Предмет находится на расстоянии 10 см от линзы, а экран, на котором получено четкое изображение предмета, удален от линзы на расстояние 40 см. Определите фокусное расстояние линзы.
250. Расстояние между предметом и экраном равно 80 см. На каком расстоянии от предмета нужно расположить линзу с фокусным расстоянием 20 см, чтобы получить четкое изображение на экране?
251. Постройте изображение светящейся точки, находящейся перед фокусом собирающей линзы.



252. Постройте изображение предмета, полученное с помощью собирающей линзы. Предмет находится за фокусом. Каким получилось изображение?



253. Лучи, какого цвета больше всего преломляются треугольной стеклянной призмой?
254. Лучи, какого цвета меньше всего преломляются треугольной стеклянной призмой?
255. Лучи, какого цвета распространяются в стекле с максимальной скоростью?
256. Лучи, какого цвета распространяются в стекле с минимальной скоростью?
257. Забор покрасили зеленой краской. Лучи, какого цвета теперь отражает забор?
258. Раму покрасили в белый цвет. Лучи, какого цвета теперь отражает рама?
259. На стеклянную призму, направляют пучок солнечного света и на экране наблюдают спектр (см. рисунок). Обозначим: v_D , v_A , v_B — скорости света в точках D, A и B соответственно. Сравните скорости в этих точках.



7. Специальная теория относительности

260. Найдите энергию покоя пылинки массой 1 мг.
261. Скорость частицы равна 0,6 с. Найдите её кинетическую энергию.

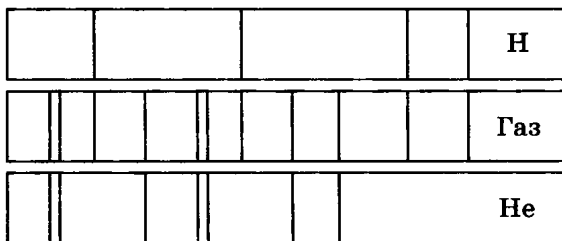
262. Во сколько раз уменьшается продольный размер тела при движении со скоростью $0,6 c$?
263. Какую скорость должно иметь движущееся тело, чтобы его продольные размеры уменьшились в 2 раза?
264. Мимо неподвижного наблюдателя движется стержень со скоростью $0,6 c$. Наблюдатель регистрирует длину стержня 2 м. Какова длина стержня в системе координат, относительно которой стержень покоится?

8. Квантовая физика

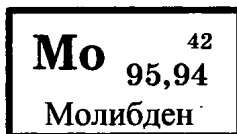
265. Незаряженный, изолированный от других тел металлический шар освещается ультрафиолетовым светом. Заряд какого знака будет иметь этот шар в результате фотоэффекта?
266. Как изменяется максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов при увеличении частоты падающего света?
267. Металлическую пластину освещали монохроматическим светом одинаковой интенсивности: сначала красным, потом зеленым и затем синим. В каком случае максимальная кинетическая энергия вылетающих фотоэлектронов была наибольшей?
268. Работа выхода для материала пластины равна 4 эВ. Пластина освещается монохроматическим светом. Какова энергия фотонов падающего света, если максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна 2,5 эВ?
269. На пластину из никеля попадает электромагнитное излучение, энергия фотонов которого равна 8 эВ. При этом в результате фотоэффекта из пластины вылетают электроны с максимальной энергией 3 эВ. Какова работа выхода электронов из никеля?
270. Металлическую пластину освещают светом с энергией фотонов 6,2 эВ. Работа выхода для металла пластины равна 2,5 эВ. Какова максимальная кинетическая энергия образовавшихся фотоэлектронов?
271. Найдите длину волны света, которым освещается поверхность металла, если фотоэлектроны имеют кинетическую энергию $4,5 \cdot 10^{-20}$ Дж, а работа выхода электрона из металла $7,5 \cdot 10^{-19}$ Дж.

272. Определите красную границу ($\lambda_{кр}$) фотоэффекта для металла, если при облучении его светом с длиной волны 450 нм максимальная кинетическая энергия электронов равна $3,5 \cdot 10^{-19}$ Дж.
273. Какой заряд имеет свет с частотой $4 \cdot 10^{15}$ Гц?
274. Какой энергией обладает свет с частотой $5,1 \cdot 10^{14}$ Гц?
275. Какова энергия фотона, соответствующая длине световой волны $\lambda = 6$ мкм?
276. Определите импульс фотона, обладающего энергией $4,2 \cdot 10^{-19}$ Дж.
277. Определите длину волны излучения, если импульс фотона 10^{-27} кг · м/с.
278. Два источника света излучают волны, длины которых $\lambda_1 = 3,75 \cdot 10^{-7}$ м и $\lambda_2 = 7,5 \cdot 10^{-7}$ м. Чему равно отношение импульсов p_1/p_2 фотонов, излучаемых первым и вторым источниками?
279. Какова энергия фотона, излучаемого при переходе атома из возбужденного состояния с энергией E_1 в основное с энергией E_0 ?
280. Какова энергия фотона, поглощаемого при переходе атома из основного состояния с энергией E_0 в возбужденное с энергией E_1 ?
281. Как изменился заряд атома при испускании фотона энергией 6 эВ?
282. Найдите изменение энергии атома водорода при испускании им волн с частотой $4,57 \cdot 10^{14}$ Гц.
283. На сколько уменьшилась энергия атома при излучении им фотона длиной волны $6,6 \cdot 10^{-7}$ м?
284. Известно, что криптон имеет в видимой части спектра излучения линии, соответствующие длинам волн 557 нм и 587 нм. В спектре излучения неизвестного газа обнаружены линии, соответствующие длинам волн 419 нм, 441 нм, 470 нм, 557 нм и 587 нм. Что можно сказать о неизвестном газе?

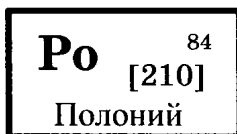
285. На рисунке приведены спектр поглощения неизвестного газа (в середине), спектры поглощения атомов водорода (вверху) и гелия (внизу). Что можно сказать о химическом составе газа?



286. Элемент A_ZX испытал α -распад. Какой заряд и массовое число будет у нового элемента Y?
287. Элемент A_ZX испытал β -распад. Какой заряд и массовое число будет у нового элемента Y?
288. Элемент A_ZX испытал γ -распад. Какой заряд и массовое число будет у нового элемента Y?
289. В начальный момент времени было 2400 атомных ядер изотопа с периодом полураспада 5 мин. Сколько ядер этого изотопа останется нераспавшимися через 10 мин?
290. Количество радиоактивных атомов за 36 суток уменьшилось в 4 раза. Определите период полураспада этого химического элемента.
291. Период полураспада нептуния 2,3 сут. Через какое время количество радиоактивных атомов уменьшится в 32 раза?
292. Чему равно число нейтронов в ядре урана ${}^{238}_{92}\text{U}$?
293. По данным таблицы химических элементов Д.И. Менделеева определите число протонов в ядре молибдена.



294. По данным таблицы химических элементов Д.И. Менделеева определите число нейтронов в ядре полония.

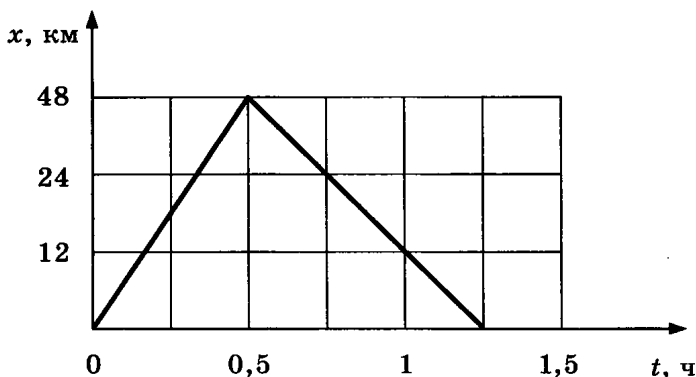


295. В результате реакции синтеза дейтерия с ядром X_Z образуется ядро бора и нейтрон в соответствии с реакцией: ${}^2_1\text{H} + {}^X_Z \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0n$. Каковы массовое число X и заряд Y (в единицах элементарного заряда) ядра, вступившего в реакцию с дейтерием?
296. Какая частица X получается в результате ядерной реакции ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + X$?
297. Какая бомбардирующая частица X участвует в ядерной реакции $X + {}^{11}_5\text{B} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^1_0n$?
298. Какая частица X участвует в реакции ${}^{25}_{12}\text{Mg} + X \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{22}_{11}\text{Na}$?

ЧАСТЬ 2
(ЗАДАНИЯ УРОВНЯ В)

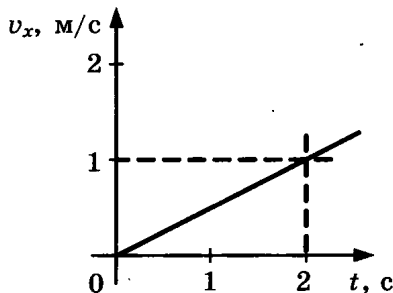
1. Механика

- 299.** На рисунке представлен график движения автобуса из пункта A в пункт B и обратно. Пункт A находится в точке $x = 0$, а пункт B — в точке $x = 48$ км. Чему равна скорость автобуса на пути из A в B ?

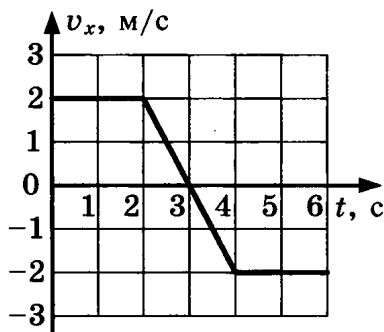


- 300.** Пловец пересекает реку шириной 225 м. Скорость течения реки 1,2 м/с. Скорость пловца относительно воды 1,5 м/с и направлена перпендикулярно к вектору скорости течения. На сколько будет снесен течением пловец к тому моменту, когда он достигнет противоположного берега?
- 301.** Наблюдатель с берега видит, что пловец пересекает реку шириной 180 м перпендикулярно берегу. При этом скорость течения реки 1,2 м/с, а скорость пловца относительно воды 1,5 м/с. За какое время пловец пересечет реку?
- 302.** Самолет летит из Москвы в Мурманск. Во время полета дует западный ветер со скоростью 30 м/с относительно Земли, при этом самолет перемещается точно на север со скоростью 250 м/с относительно Земли. Определите скорость самолета относительно воздуха.

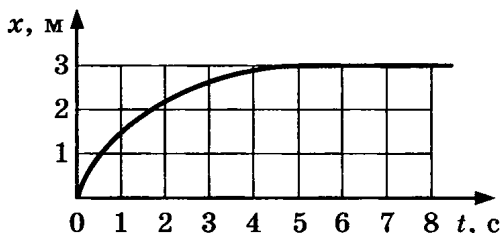
303. Пассажир поезда, идущего со скоростью 72 км/ч, видит в окне грузовой поезд, который движется в том же направлении, в течение 26 с. С какой скоростью едет грузовой поезд, если его длина 130 м? Скорость грузового поезда меньше скорости пассажирского.
304. В течение какого времени скорой поезд длиной 300 м, идущий со скоростью 54 км/ч, будет проходить мимо встречного товарного поезда длиной 600 м, идущего со скоростью 36 км/ч?
305. Координата тела изменяется с течением времени согласно формуле $x = 6 - 4t + t^2$. Составьте соответствующее уравнение проекции перемещения тела.
306. Чему равна проекция перемещения материальной точки за 2 с, движение которой вдоль оси OX описывается уравнением $x = 12 - 3t + t^2$?
307. Координата тела изменяется с течением времени согласно формуле $x = 32 - 8t + 2t^2$. Определите модуль перемещения тела через 3 с.
307. Движение тела описывается уравнением $x = 8 - 6t + 0,5t^2$. Определите проекцию скорости тела через 3 с после начала движения.
309. Тело движется по оси OX . Проекция его скорости $v_x(t)$ меняется по закону, приведенному на графике. Определите путь, пройденный телом за 2 с.



310. На графике изображена зависимость проекции скорости тела, движущегося вдоль оси OX , от времени. Какое перемещение совершило тело к моменту времени $t = 5$ с?



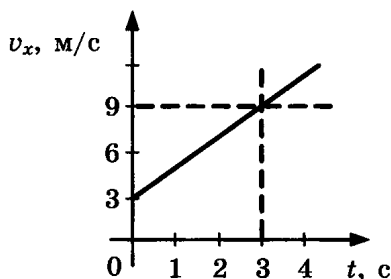
311. На рисунке изображен график изменения координаты тела с течением времени. Как изменялась скорость тела в промежуток времени от 0 до 5 с?



312. Какой путь пройдет свободно падающее тело за пятую секунду? Начальная скорость тела равна нулю.
313. За какую секунду свободного падения тело проходит путь 65 м? Начальная скорость тела равна нулю.
314. Определите, на сколько метров путь, пройденный свободно падающим телом за десятую секунду, больше пути, пройденного в предыдущую секунду. Начальная скорости тела равна нулю.
315. Камень свободно падает без начальной скорости. За какое время он пролетит третий метр своего пути?
316. Известно, что Земля вращается вокруг своей оси. Определите линейную скорость точки экватора, если радиус Земли 6400 км.

317. Линейная скорость конца минутной стрелки Кремлёвских курантов равна 6 мм/с. Определите длину минутной стрелки.
318. Точка равномерно движется по окружности радиусом 1,5 м с угловой скоростью 3 рад/с. Определите линейную скорость точки.
319. Как изменится центростремительное ускорение точек обода колеса, если угловая скорость увеличится в 5 раз?
320. Во сколько раз увеличится центростремительное ускорение точек обода колеса, если период обращения колеса уменьшится в 2 раза?
321. С башни высотой 80 м горизонтально брошен камень. Через какое время он упадет на землю?
322. Глыбу льда сбрасывают с крыши с высоты 45 м горизонтально со скоростью 3 м/с. На каком расстоянии от дома упадёт глыба?
323. Пуля вылетает из ствола в горизонтальном направлении со скоростью 800 м/с. На сколько снизится пуля во время полёта, если щит с мишенью находится на расстоянии 400 м?
324. Тело брошено со скоростью 10 м/с под углом 60° к горизонту. Определите скорость тела в верхней точке траектории.
325. Спортсмен толкает ядро с начальной скоростью 15 м/с под углом 45° к горизонту. Определите время подъема ядра.
326. Диск, брошенный под углом 45° к горизонту, достиг наибольшей высоты 15 м. Определите дальность полета диска.
327. Найдите высоту подъема сигнальной ракеты, выпущенной со скоростью 20 м/с под углом 60° к горизонту.
328. Камень, брошенный под углом к горизонту, достиг наибольшей высоты 45 м. Найдите время полета камня.

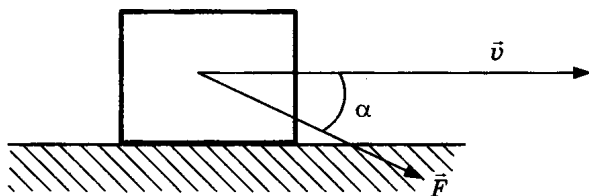
329. Масса бетонного блока, имеющего форму прямоугольного параллелепипеда, равна 6 кг. Какой будет масса блока, если первую его сторону увеличить в 2 раза, вторую — в 1,5 раза, а третью уменьшить в 3 раза?
330. Два кубика изготовлены из одинакового материала. Сторона первого кубика в 2 раза больше, чем второго. Сравните массы кубиков.
331. Лыжник массой 60 кг, имеющий в конце спуска скорость 10 м/с, останавливается через 20 с после окончания спуска. Определите величину силы трения.
332. Автомобиль массой 1800 кг, двигаясь из состояния покоя по горизонтальному пути, через 10 с достигает скорости 30 м/с. Определите силу тяги двигателя. Сопротивлением движению пренебречь.
333. Тело массой 100 г движется вдоль оси Ox , причем проекция скорости v_x меняется с течением времени по закону приведенному на графике. Определите значение силы, действующей на это тело в момент времени 2 с.



334. Определите равнодействующую двух равных сил по 5 Н, направленных под углом 120° друг к другу.
335. Силы 6 Н и 8 Н приложены к одному телу. Угол между направлениями сил 90° . Масса тела 2 кг. Определите ускорение, с которым движется тело.
336. Брусок спускается с наклонной плоскости, длиной 15 см в течение 0,26 с. Определите равнодействующую всех сил, действующих на брусок во время движения, если его масса 0,1 кг и движение начинается из состояния покоя.

337. Снаряд массой 2 кг вылетает из ствола орудия в горизонтальном направлении со скоростью 400 м/с. Определите значение равнодействующей силы, считая её постоянной, если длина ствола 2,5 м.
338. Два шара радиусами 20 см и 30 см соприкасаются друг с другом. Во сколько раз уменьшится сила тяготения между шарами, если один из шаров отодвинуть на расстояние 100 см?
339. Расстояние между планетой Нептун и Солнцем в 30 раз больше, чем расстояние между Землей и Солнцем, а масса Нептуна в 15 раз больше массы Земли. Во сколько раз сила притяжения Солнца к Земле больше, чем Солнца к Нептуну?
340. Как изменится сила тяжести, действующая на ракету, если она поднимется на высоту, равную двум радиусам?
341. Как изменится сила тяжести, действующая на космический корабль, если сначала он был на расстоянии трех земных радиусов от поверхности планеты, а потом только одного радиуса?
342. Определите ускорение свободного падения на планете, масса которой больше массы Земли на 200%, а радиус на 100% больше земного. Ускорение свободного падения на Земле считайте 10 м/с^2 .
343. Предположим, что радиус Земли уменьшился в 3 раза. Как должна измениться её масса, чтобы ускорение свободного падения на поверхности осталось прежним?
344. Космический корабль движется вокруг Земли по круговой орбите радиусом 30000 км. Масса Земли $6 \cdot 10^{24}$ кг. Определите его скорость.
345. Первая космическая скорость для спутника Марса, летающего на небольшой высоте, равна 3,5 км/с. Определите массу Марса, если радиус планеты $3,38 \cdot 10^6$ м.
346. Как бы изменилась первая космическая скорость, если бы радиус планеты увеличился в 9 раз?

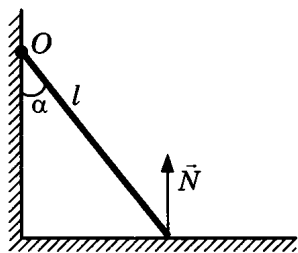
347. Массу спутника увеличили в 4 раза. Как изменится его первая космическая скорость?
348. Рассчитайте период обращения спутника Меркурия, летающего на небольшой высоте, если масса планеты $3,26 \cdot 10^{23}$ кг, а радиус $2,42 \cdot 10^6$ м.
349. Определите жесткость системы пружин при их последовательном соединении. Жесткость первой пружины 600 Н/м, а второй 400 Н/м.
350. Определите жесткость системы пружин при их параллельном соединении. Жесткость первой пружины 200 Н/м, а второй — 400 Н/м.
351. К двум последовательно соединенным пружинам параллельно присоединена третья. Какова жесткость этой системы, если все пружины имеют одинаковую жесткость, равную 600 Н/м?
352. Под действием груза проволока удлинилась на 1 см. Этот же груз подвесили к проволоке такой же длины из того же материала, но имеющей в 2 раза большую площадь сечения. Каким будет удлинение проволоки?
353. На шероховатой горизонтальной поверхности лежит тело массой 1 кг. Коэффициент трения скольжения тела о поверхность равен 0,1. Определите силу трения между телом и поверхностью, которая возникает при действии на тело горизонтальной силы 0,5 Н.
354. Тело массой 1 кг движется по горизонтальной плоскости. На тело действует сила 10 Н под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, как показано на рисунке. Коэффициент трения скольжения равен 0,4. Определите модуль силы трения.



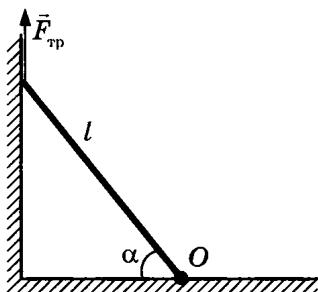
355. Груз поднимают на веревке: один раз равномерно, второй раз с ускорением, равным 20 м/с^2 . Во сколько раз натяжение веревки будет больше во втором случае, чем в первом?

356. Парашютист массой 80 кг спускается на парашюте с установившейся скоростью 5 м/с. Какой будет установившаяся скорость, если на том же парашюте будет спускаться мальчик массой 40 кг? Считать, что сила сопротивления воздуха пропорциональна скорости парашюта.
357. Автобус, масса которого с полной нагрузкой 15 т, трогается с места с ускорением $0,7 \text{ м/с}^2$. Найдите силу тяги, если коэффициент сопротивления движению равен 0,03.
358. Брусок массой 0,5 кг прижат к вертикальной стене с силой 10 Н. Коэффициент трения скольжения между бруском и стеной равен 0,4. Какой величины силу надо приложить к бруску, чтобы поднимать его вертикально вверх с ускорением 2 м/с^2 ?
359. Лыжник в начале спуска с горы имел скорость 2 м/с. Спустившись по склону горы, образующей угол 30° с горизонтом, лыжник увеличил свою скорость до 12 м/с. Какое расстояние проехал лыжник под уклон? Трением пренебречь.
360. Тело соскальзывает с наклонной плоскости высотой 3 м и длиной 5 м. Чему равно его ускорение, если коэффициент трения 0,5?
361. Автомобиль массой 4 т движется в гору с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$. Найдите силу тяги, если синус угла наклона горы равен 0,02, коэффициент трения 0,04.
362. Человек массой 70 кг находится в лифте, скорость которого направлена вниз и равна 1,2 м/с. Ускорение лифта направлено вверх и равно 2 м/с^2 . Определите вес человека.
363. Мюнхгаузен говорил: «Я принадлежу к числу тех людей, которые умеют изменять свой вес почти мгновенно: для этого мне достаточно войти в кабину лифта и нажать кнопку. Каков мой вес в тот момент, когда скорость лифта направлена вверх и равна 1 м/с, а ускорение направлено вниз и равно $1,8 \text{ м/с}^2$? Моя масса 80 кг».
364. Автомобиль массой 5 т движется с постоянной по модулю скоростью 36 км/ч по выпуклому мосту радиуса 100 м. Определите вес автомобиля в его верхней точке.

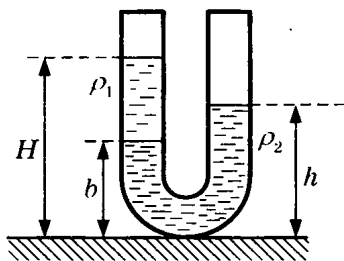
365. Два груза массами 2 кг и 4 кг, лежащие на гладкой горизонтальной поверхности, связаны нерастяжимой и невесомой нитью. Первый груз начинают тянуть с помощью равномерно возрастающей силы. Когда сила достигает значения 12 Н, нить обрывается. Чему равно в этот момент значение силы натяжения?
366. На шнуре, перекинутом через неподвижный блок, помещены грузы массами 0,3 кг и 0,2 кг. Какова сила натяжения шнура во время движения?
367. Диск вращается в горизонтальной плоскости с угловой скоростью 3 рад/с. На расстоянии 30 см от оси вращения на диске лежит небольшое тело массой 50 г. Определите силу трения, которая удерживает тело на диске.
368. На горизонтальной дороге автомобиль массой 1 т делает разворот радиусом 9 м. Определите силу трения, действующую на автомобиль, если он движется со скоростью 6 м/с.
369. Однородная лестница массой m и длиной l опирается на стену, образуя с ней угол α (см. рисунок). Найдите плечо силы реакции опоры N , относительно точки O .



370. Однородная лестница массой m и длиной l опирается на стену, образуя с полом угол α (см. рисунок). Найдите момент силы трения $F_{\text{тр}}$, относительно точки O .

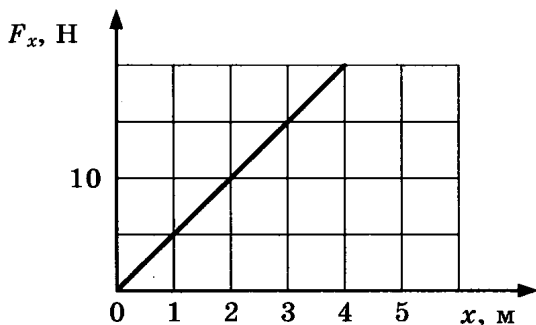


371. Два малых по размеру груза массами 4 кг и 2 кг скреплены невесомым стержнем длиной 60 см. Определите, на каком расстоянии от центра стержня находится центр тяжести такой системы.
372. Вода массой 100 кг в водопаде скользит вдоль отвесной скалы, соприкасаясь с поверхностью площадью 3 м². Какое давление оказывает вода?
373. Масса столика на четырёх ножках 4 кг. Какое давление оказывает столик на пол, если площадь каждой ножки 4 см²?
374. В цистерне имеется на дне квадратная пробка со стороной 4 см. С какой силой будет действовать нефть на пробку, если уровень нефти в цистерне равен 2 м? Плотность нефти 800 кг/м³.
375. Аквариум 20 см × 40 см и высотой 50 см заполнили полностью водой. Определите силу давления воды на дно аквариума. Плотность воды 1000 кг/м³.
376. При подъёме груза массой 2 т с помощью гидравлического пресса была совершена работа 40 Дж, при этом малый поршень сделал 10 ходов, перемещаясь за один ход на 10 см. Во сколько раз площадь большего поршня больше площади малого?
377. В широкую U-образную трубку с вертикальными прямыми коленами налиты керосин плотностью $\rho_1 = 800 \text{ кг/м}^3$ и вода плотностью $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$ (см. рисунок). На рисунке $b = 10 \text{ см}$, $H = 30 \text{ см}$. Определите расстояние h .



378. Кубик массой 40 г и объёмом 250 см³ плавает на поверхности воды. Определите выталкивающую силу, действующую на кубик.

379. Плотность воды равна 1000 кг/м^3 , а плотность льда 900 кг/м^3 . Определите объём всей льдины, если она плавает, выдаваясь на 50 м^3 над поверхностью воды.
380. Моторная лодка массой m и катер массой $2m$ движутся с одинаковыми скоростями v навстречу друг другу. Определите импульс катера в системе отсчета, связанной с моторной лодкой.
381. Два одинаковых бильярдных шара массой m движутся с одинаковыми по модулю скоростями v в перпендикулярном направлении. Чему равен импульс первого шара в системе отсчета, связанной со вторым шаром?
382. На подножку вагонетки, которая движется по рельсам со скоростью 5 м/с , прыгает человек массой 60 кг в направлении перпендикулярном ходу вагонетки. Масса вагонетки 240 кг . Определите скорость вагонетки вместе с человеком.
383. Конькобежец массой 63 кг , стоя на коньках на льду, бросает камень массой 2 кг со скоростью 3 м/с под углом 30° к горизонту. Определите скорость конькобежца после броска.
384. Какую работу совершает человек, поднимая груз массой 2 кг на высоту $1,5 \text{ м}$ с ускорением 3 м/с^2 ?
385. Автомобиль массой 1000 кг , двигаясь равноускоренно из состояния покоя, за 10 с отъезжает на 200 м . Определите работу силы тяги, если коэффициент трения равен $0,05$.
386. Тело движется вдоль оси Ox под действием силы, зависимость проекции которой от координаты представлена на рисунке. Чему равна работа силы на пути 4 м ?



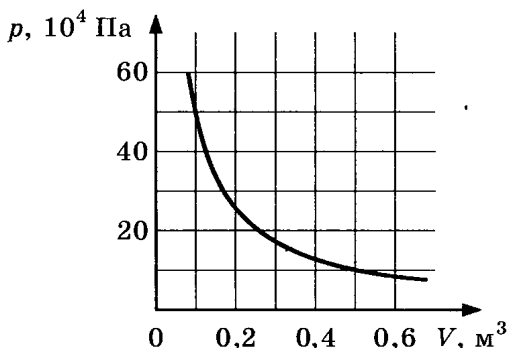
387. Время разгона автомобиля до 90 км/ч составляет 5 с. Определите мощность двигателя к концу 5-й секунды. Масса автомобиля 1200 кг.
388. Определите мощность трамвая к концу 8-й секунды после начала движения, если он развил к этому моменту скорость 36 км/ч. Масса трамвая 10 т.
389. Мяч брошен под углом 60° к горизонту. Во сколько раз начальная кинетическая энергия мяча больше той, которую он имеет в верхней точке траектории.
390. Скорость свободно падающего тела массой 20 кг на некотором пути увеличилась с 2 м/с до 14 м/с. Найдите работу силы тяжести на этом пути.
391. Автомобиль массой 2 т при торможении уменьшил свою скорость с 90 км/ч до 36 км/ч. Какую работу совершила при этом сила трения?
392. Тело массой 2 кг брошено с поверхности земли со скоростью 20 м/с под углом 45° к горизонту. Какую работу совершила сила тяжести за время полёта тела от броска до падения на поверхность земли?
393. Шарик массой 100 г скатился с горки длиной 3 м, составляющей с горизонталью угол 30° . Определите работу силы тяжести.
394. Какую работу необходимо совершить, чтобы лежащий на полу однородный стержень, длина которого 1 м и масса 10 кг, поставить вертикально вверх?
395. Для сжатия на 2 см буферной пружины железнодорожного вагона требуется сила 60 кН. Какую работу следует совершить для ее дальнейшего сжатия на 5 см?
396. Две невесомые пружины, одинаковой длины, имеющие жесткости 10 Н/см и 20 Н/см, соединены между собой параллельно. Какую работу следует совершить, чтобы растянуть пружины на 3 см?

397. Тело брошено вертикально вниз со скоростью 10 м/с с высоты 30 м . На какой высоте от поверхности земли кинетическая энергия увеличится вдвое по сравнению с начальной?
398. Груз массой 200 г привязан к нити длиной 1 м . Нить с грузом отвели от вертикали на угол 60° . Чему равна кинетическая энергия груза при прохождении им положения равновесия?
399. Угол наклона плоскости к горизонту равен 30° . Вверх по этой плоскости тащат ящик массой 90 кг , прилагая к нему силу, направленную параллельно плоскости и равную 600 Н . Определите коэффициент полезного действия наклонной плоскости.
400. С помощью рычага длиной 150 см подняли груз массой 100 кг на высоту 5 см . Какую работу совершили при этом, если КПД устройства 95% ?

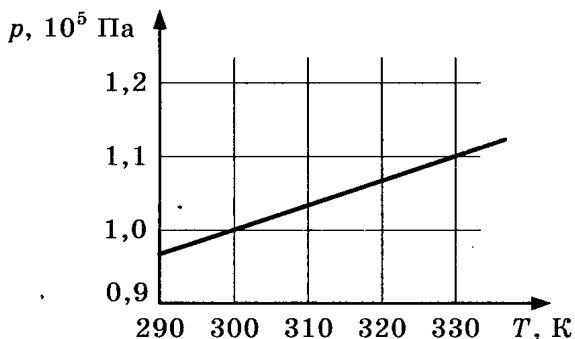
2. Молекулярная физика. Газовые законы

401. В озеро, имеющее глубину 10 м и площадь поверхности 20 км^2 , бросили кристаллик поваренной соли массой $0,01 \text{ г}$. Сколько молекул этой соли оказалось бы в наперстке воды вместимостью 2 см^3 , зачерпнутой из озера, если полагать, что соль, растворившись, равномерно распределилась во всем объёме воды? Молярная масса поваренной соли $0,0585 \text{ кг/моль}$.
402. В баллоне содержится 80 г газа при температуре 240 К . Какую массу газа нужно удалить из баллона, чтобы при нагревании оставшегося газа до температуры 360 К , давление в баллоне осталось прежним?
403. Некоторое количество водорода находится при температуре 200 К и давлении 400 Па . Газ нагревают до температуры $10\,000 \text{ К}$, при которой молекулы водорода практически полностью распадаются на атомы. Определите давление газа, если его объём и масса остались без изменения. Молярная масса водорода $0,002 \text{ кг/моль}$.

404. На рисунке показан график изотермического сжатия газа при температуре 150 К. Какое количество газообразного вещества (в молях) содержится в этом сосуде? Ответ округлите до целого числа.



405. На рисунке показан график зависимости давления газа в запаянном сосуде от его температуры. Объем сосуда равен $0,4 \text{ м}^3$. Сколько моль газа содержится в этом сосуде? Ответ округлите до целого числа.

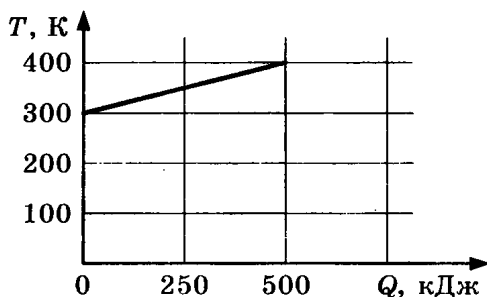


406. При уменьшении объема газа в 2 раза давление изменилось на 120 кПа, а абсолютная температура возросла на 10%. Каково первоначальное давление газа?
407. Когда объём, занимаемый газом, уменьшили на 40%, а температуру понизили на $84 \text{ }^\circ\text{C}$, давление газа возросло на 20%. Какова начальная температура газа?
408. В изохорном процессе давление идеального газа увеличивается на 50 кПа. На сколько кельвин увеличится при этом температура газа, если первоначальное давление было 200 кПа, а первоначальная температура 300 К? Масса газа остаётся неизменной.

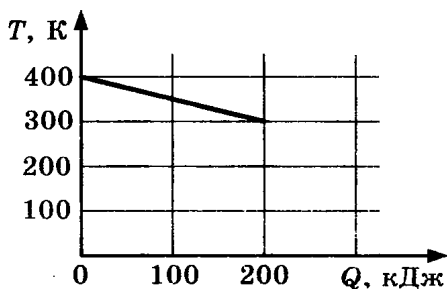
409. При постоянной температуре давление идеального газа уменьшилось в 9 раз. Что произошло с объёмом газа?
410. Два сосуда соединены тонкой трубкой с краном. В первом сосуде объёмом 15 дм^3 находится газ под давлением 2 атм., во втором — такой же газ под давлением 10 атм. Если открыть кран, то в обоих сосудах устанавливается давление 4 атм. Найдите объём (в дм^3) второго сосуда. Температура постоянна.
411. Под каким давлением (в кПа) надо наполнить воздухом баллон ёмкостью 10 л, чтобы при соединении его с баллоном ёмкостью 30 л, содержащим воздух при давлении 100 кПа, установилось общее давление 200 кПа? Температура постоянна.
412. В воздухе класса при относительной влажности 60% парциальное давление пара 2400 Па. Определите давление насыщенного пара при данной температуре.
413. Определите абсолютную влажность воздуха, если температура 15°C , а относительная влажность 80%. Плотность насыщенного водяного пара при данной температуре $12,8 \text{ г/м}^3$.

3. Термодинамика

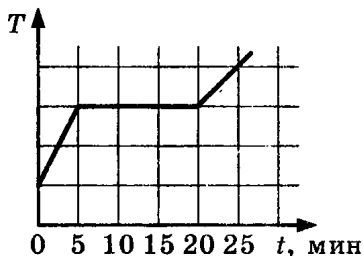
414. На рисунке приведен график зависимости температуры твердого тела от полученного им количества теплоты. Масса тела 8 кг. Какова удельная теплоёмкость вещества этого тела?



415. На рисунке приведен график зависимости температуры твердого тела от отданного им количества теплоты. Масса тела 4 кг. Какова удельная теплоёмкость вещества этого тела?

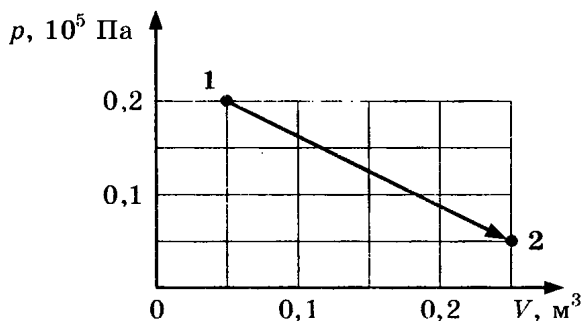


416. В кастрюлю, где находится вода объёмом 2 л при температуре $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, долили 3 л кипятка. Какая температура воды установится? Потерями энергии пренебречь.
417. Удельная теплоемкость воды равна $4200\text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$. Для измерения температуры воды массой 10 г используют термометр, который показывал температуру воздуха в помещении $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, а после погружения в воду показал $41\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определите действительную температуру воды, если теплоёмкость термометра 2 Дж/К.
418. В фарфоровую чашку массой 100 г при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ влили 200 г кипятка. Окончательная температура оказалась $93\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определите удельную теплоёмкость фарфора. Удельная теплоёмкость воды $4200\text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$. Ответ округлите до десятых.
419. В печь поместили некоторое количество алюминия. Диаграмма изменения температуры алюминия с течением времени показана на рисунке. Печь при постоянном нагреве передаёт алюминию 2 кДж энергии в минуту. Какое количество теплоты потребовало плавление алюминия?

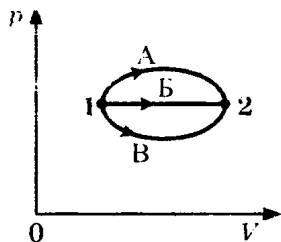


420. Сосуд, содержащий некоторую массу азота, при нормальных условиях движется со скоростью 100 м/с. Какой будет максимальная температура азота при внезапной остановке сосуда? Удельная теплоемкость азота при постоянном объеме равна 745 кДж/(кг · К).
421. На сколько градусов температура воды у основания водопада с высотой 20 м больше, чем у вершины? Считайте, что вся механическая энергия идет на нагревание воды. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг · К).
422. Свинцовый шар, падая с некоторой высоты, после удара о землю нагрелся на 4,5 К. Удельная теплоемкость свинца 130 Дж/(кг · К). Считайте, что при ударе на нагрев шара пошла половина его механической энергии. Чему равна скорость шара перед ударом?
423. С какой наименьшей высоты должны были бы свободно падать дождевые капли, чтобы при ударе о землю от них не осталось бы «мокрого места»? В момент падения на землю температура капель 20 °С. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг · К), а удельная теплота парообразования 2,26 МДж/кг. Сопротивлением воздуха пренебрегите. Ускорение свободного падения считайте постоянным.
424. Какое количество дров потребуется, чтобы вскипятить 50 кг воды, имеющей температуру 10 °С, если КПД нагревателя 25%? Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг · К), удельная теплота сгорания дров 10 МДж/кг.
425. Какое количество каменного угля необходимо для нагревания от 10 °С до 50 °С кирпичной печи массой 1,2 т, если КПД печи 30%? Удельная теплоемкость кирпича 750 Дж/(кг · К), удельная теплота сгорания каменного угля 30 МДж/кг.
426. В электрический кофейник налили воду объемом 0,16 л при температуре 30 °С и включили нагреватель. Через какое время после включения выкипит вся вода, если мощность нагревателя 1 кВт, КПД нагревателя 0,8? Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг · К). Удельная теплота парообразования воды 2256 кДж/кг.

427. Идеальный одноатомный газ переводят из первого состояния (220 кПа, 1 л) во второе (40 кПа, 2 л). Найдите работу, совершаемую газом.
428. Какую работу совершил одноатомный газ в процессе, изображенном на pV -диаграмме?



429. В каком из процессов перехода идеального газа из состояния 1 в состояние 2, изображенном на pV -диаграмме (см. рисунок), газ совершает наибольшую работу?

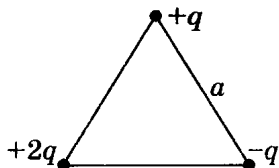


430. Одноатомный идеальный газ в количестве 4 моль поглощает количество теплоты 3 кДж. При этом температура газа повышается на 20 К. Какая работа совершается газом в этом процессе?
431. Один моль инертного газа сжали, совершив работу 600 Дж. В результате сжатия температура газа повысилась на 40 °С. Какое количество теплоты отдал газ?
432. Тепловая машина имеет КПД 25%. Средняя мощность передачи теплоты холодильнику в ходе её работы составляет 3 кВт. Какое количество теплоты получает рабочее тело машины от нагревателя за 10 с?

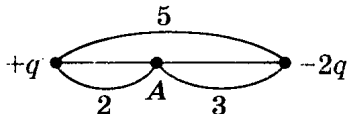
433. КПД идеальной тепловой машины, работающей по циклу Карно, 20%. Во сколько раз абсолютная температура нагревателя больше абсолютной температуры холодильника?

4. Электричество и магнетизм

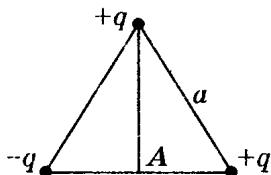
434. Во сколько раз уменьшится сила кулоновского отталкивания двух маленьких бусинок с одинаковыми зарядами, если, не изменяя расстояния между ними, перенести $2/3$ заряда с первой бусинки на вторую?
435. Потенциал поля точечного заряда на расстоянии r_1 от заряда равен $\varphi_1 = 16$ В, а на расстоянии r_2 равен $\varphi_2 = 100$ В. Каков потенциал поля этого заряда на расстоянии, равном среднему геометрическому r_1 и r_2 ($r = \sqrt{r_1 r_2}$)?
436. Потенциал поля точечного заряда на расстоянии 10 см от заряда равен 300 В. Какой будет напряженность в этой точке?
437. Определите результирующую силу, действующую на выделенный заряд q .



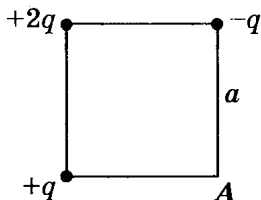
438. Определите результирующую напряженность в точке А.



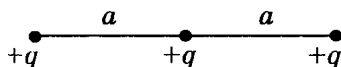
439. Определите результирующую напряженность в точке А.



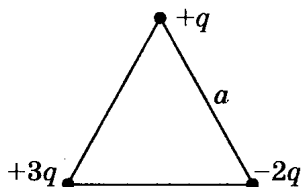
440. Определите результирующий потенциал в точке А.



441. Определите полную потенциальную энергию системы зарядов.



442. Определите полную потенциальную энергию системы зарядов.

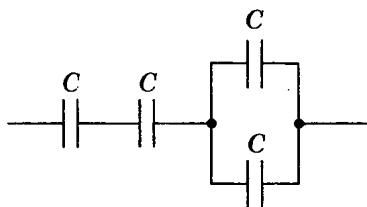


443. В горизонтальное однородное электрическое поле помещен шарик массой 1 г, подвешенный на тонкой шелковой нити. Шарику сообщен заряд 1 мкКл. Определите значение напряженности поля, если нить отклонилась от вертикали на угол 60° .

444. Заряженный шарик, подвешенный на невесомой шелковой нити, находится во внешнем электрическом поле, силовые линии которого горизонтальны. Нить образует угол 45° с вертикалью. На сколько изменится угол отклонения нити при уменьшении заряда шарика на 30%?

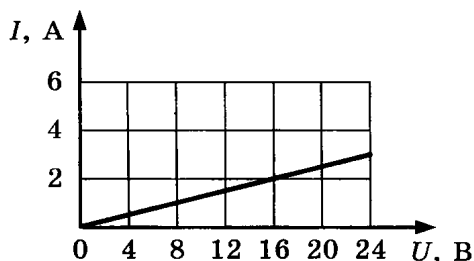
445. Заряженная пылинка движется вертикально между двумя одинаковыми горизонтальными пластинами размером 5 см \times 5 см, расположенными напротив друг друга на расстоянии 0,5 см, разность потенциалов между которыми 300 В. Кинетическая энергия пылинки при перемещении от одной пластины до другой изменяется на 1,5 мкДж. Каков заряд пылинки? Ответ выразите в нКл и округлите до целых. Действием силы тяжести пренебечь.

446. Рассчитайте электрический потенциал поверхности Земли, если радиус планеты 6400 км, а напряженность на поверхности Земли 130 В/м.
447. Сфера с центром в точке O равномерно заряжена. В центре сферы потенциал равен 100 В, а в некоторой точке A 50 В. Расстояние от центра сферы до точки A равно 30 см. Определите напряженность поля в точке A ?
448. Проводящий шар радиусом 5 см заряжен до потенциала 40 В. Определите значение напряженности поля на расстоянии 3 см от поверхности шара.
449. Определите электроёмкость батареи, состоящей из четырех одинаковых конденсаторов; электроёмкость каждого конденсатора C .

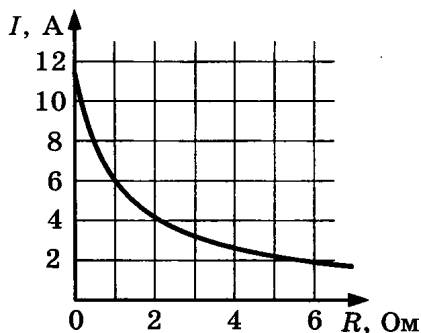


450. Плоский конденсатор зарядили и отключили от источника тока. Как изменится энергия электрического поля внутри конденсатора, если увеличить в 2 раза расстояние между обкладками конденсатора? Расстояние между обкладками конденсатора мало как до, так и после увеличения расстояния между ними.
451. Первый конденсатор емкостью C подключен к источнику с ЭДС E , а второй — тоже емкостью C — подключен к источнику с ЭДС $3E$. Определите отношение энергии электрического поля второго конденсатора к энергии электрического поля первого.
452. Определите величину заряда, проходящего через поперечное сечение проводника в течение 14 с, если сила тока в проводнике за это время равномерно возрастает от 0 до 75 А.
453. Скорость направленного дрейфа электронов в электрической цепи уменьшилась в 2 раза. Как изменилась сила тока в этой цепи?

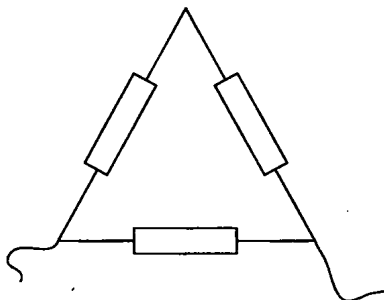
454. Стальная проволока имеет электрическое сопротивление 4 Ом. Каким станет сопротивление этой проволоки, если ее протянуть через специальный станок, увеличивающий длину в 2 раза?
455. Сопротивление резистора увеличили в 2 раза, а приложенное к нему напряжение уменьшили в 2 раза. Как изменилась сила электрического тока, протекающего через резистор?
456. Как изменится сила тока, протекающего по проводнику, если напряжение на его концах и площадь поперечного сечения проводника увеличить в 2,5 раза?
457. На рисунке изображен график зависимости силы тока в проводнике от напряжения на его концах. Чему равно сопротивление проводника?



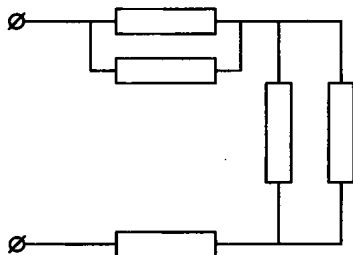
458. К источнику тока с внутренним сопротивлением 2 Ом подключили реостат. На рисунке показан график зависимости силы тока в реостате от его сопротивления. Чему равна ЭДС источника тока?



459. При замыкании элемента на резистор сопротивлением $1,8 \text{ Ом}$ в цепи возникает сила тока $0,7 \text{ А}$, а при замыкании на резистор сопротивлением $2,3 \text{ Ом}$ — сила тока $0,56 \text{ А}$. Определите внутреннее сопротивление источника.
460. Рассчитайте общее сопротивление цепи, если сопротивление одного резистора R .

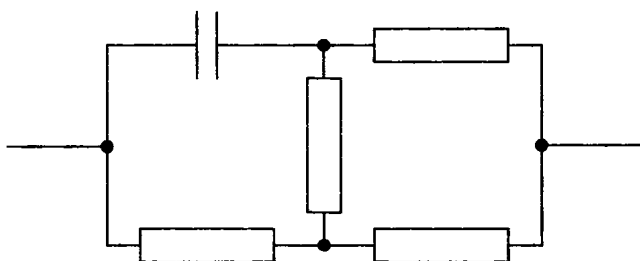


461. Рассчитайте общее сопротивление цепи, если сопротивление одного резистора R .

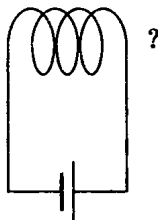


462. Кипятильник нагревает $1,2 \text{ л}$ воды от 12 °C до кипения за 10 мин . Определите ток, потребляемый кипятильником, если он рассчитан на напряжение 220 В . КПД кипятильника 90% . Удельная теплоёмкость воды $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$.
463. Какой силы ток потребляет электрический кипятильник емкостью 10 л , если при КПД, равном 80% , в нем нагревается вода от 20 °C до кипения за 30 мин ? Напряжение равно 220 В . Удельная теплоёмкость воды $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$.
464. Рассчитайте массу воды, которая должна пройти через плотину гидроэлектростанции высотой 20 м , чтобы обеспечить электроэнергией в течение одного часа дом, рассчитанный на 220 В при силе тока 120 А . КПД электростанции примите равным 30% .

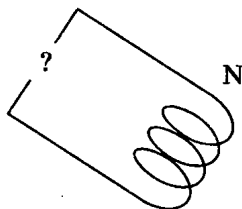
465. ЭДС источника равна 2 В, внутреннее сопротивление 1 Ом. Определите силу тока, если КПД равен 0,75.
466. Чему равен КПД источника при силе тока в цепи 2 А, если известно, что ток короткого замыкания данного источника 10 А?
467. Определите силу тока короткого замыкания батареи, если при силе тока 1 А, она отдаёт во внешнюю цепь мощность 10 Вт, а при силе тока 2 А — отдаёт во внешнюю цепь мощность 15 Вт.
468. Рассчитайте общее сопротивление цепи, если сопротивление одного резистора R .



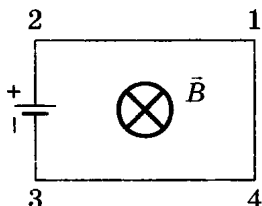
469. На рисунке изображена электрическая цепь электромагнита. Какой магнитный полюс будет справа?



470. На рисунке изображена электрическая цепь электромагнита. Указано положение северного полюса. Определите заряд верхней клеммы источника тока.



471. Электрическая цепь, состоящая из четырёх прямолинейных горизонтальных проводников (1–2, 2–3, 3–4, 4–1) и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции которого \vec{B} направлен вертикально вниз (см. рисунок, вид сверху) Куда направлена вызванная этим полем сила Ампера, действующая на проводник 3–4?



472. В пространство между полюсами постоянного магнита помещен прямой проводник, по которому идет ток на нас (см. рисунок). Определите направление силы Ампера, действующей на проводник.



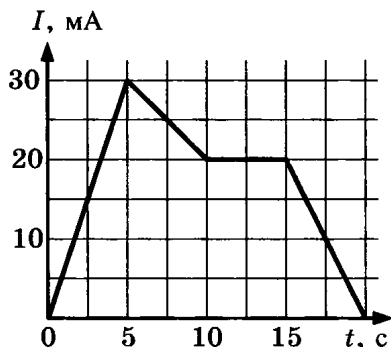
473. Прямой проводник длиной 50 см и массой 100 г, расположенный перпендикулярно линиям магнитной индукции, при пропускании по нему тока 4 А приобрел ускорение 5 м/с^2 . Чему равна индукция магнитного поля? Силой тяжести пренебречь.
474. Горизонтальные рельсы находятся на расстоянии 40 см друг от друга. На них лежит стержень перпендикулярно рельсам. Какой должна быть индукция магнитного поля B для того, чтобы стержень начал двигаться, если по нему пропустить ток силой 50 А? Коэффициент трения о рельсы стержня 0,2. Масса стержня 500 г.
475. Участок проводника длиной 20 см находится в магнитном поле величиной 25 мТл . Сила Ампера при перемещении проводника на 6 см в направлении своего действия совершает работу 0,004 Дж. Чему равна сила тока, проте-

кающего по проводнику? Проводник расположен перпендикулярно линиям магнитной индукции.

476. Участок проводника длиной 10 см находится в магнитном поле. Сила электрического тока, протекающего по проводнику, 10 А. При перемещении проводника на 8 см в направлении действия силы Ампера она совершила работу 0,004 Дж. Чему равна индукция магнитного поля? Проводник расположен перпендикулярно линиям магнитной индукции.
477. С какой скоростью вылетает α -частица из радиоактивного ядра, если она, попадая в однородное магнитное поле индукцией $B = 2$ Тл перпендикулярно его силовым линиям, движется по дуге окружности радиусом $R = 1$ м? Масса α -частицы $6,7 \cdot 10^{-27}$ кг, ее заряд равен $3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл.
478. Заряженная частица, двигаясь в магнитном поле по дуге окружности 2 см, прошла через свинцовую пластину, расположенную на пути частицы. Вследствие потери энергии частицей радиус кривизны траектории стал равен 1 см. Во сколько раз уменьшилась кинетическая энергия частицы?
479. Протон движется по окружности в однородном магнитном поле с индукцией 1 мТл. Определите период обращения протона. Заряд протона $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, его масса $1,67 \cdot 10^{-27}$ кг.
480. Как меняется радиус траектории электрона, движущегося в однородном магнитном поле перпендикулярно вектору индукции, при уменьшении его кинетической энергии в 4 раза?
481. Проволочная рамка сопротивлением 2 кОм помещена в магнитное поле. Магнитный поток через площадь рамки равномерно изменяется на $\delta \Phi$ за Δt мс. Чему равна при этом сила тока в рамке?
482. В витке, выполненном из алюминиевого провода длиной 10 см и площадью поперечного сечения $1,4 \text{ мм}^2$, скорость изменения магнитного потока 10 мВб/с. Определите силу индукционного тока. Удельное сопротивление алюминия $2,8 \cdot 10^{-8}$ Ом \cdot м.

483. Квадратная рамка со стороной 6,8 см, сделанная из медной проволоки с площадью поперечного сечения 1 мм^2 , помещена в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Индукция магнитного поля равномерно изменяется на $0,002 \text{ Тл}$ за $0,1 \text{ с}$. Чему равна при этом сила тока в рамке? Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.
484. Замкнутая катушка из 100 витков площадью 10 см^2 помещена в однородное магнитное поле, перпендикулярное ее оси. При изменении магнитного поля на $0,1 \text{ Тл}$ за $0,1 \text{ с}$ в катушке выделяется $0,002 \text{ Дж}$ тепла. Чему равно сопротивление катушки?
485. Из провода длиной 2 м сделан квадрат, который расположен горизонтально. Какой электрический заряд пройдет по проводу, если его потянуть за две диагонально противоположные вершины так, чтобы он сложился? Сопротивление провода $0,1 \text{ Ом}$. Вертикальная составляющая магнитного поля Земли 50 мкТл .
486. Проводник длиной 50 см движется в однородном магнитном поле со скоростью 4 м/с перпендикулярно силовым линиям. Найдите разность потенциалов, возникающую на концах проводника, если вектор магнитной индукции 8 мТл .
487. Самолет с размахом крыльев 15 м и мощностью двигателя 10 МВт летит горизонтально с постоянной скоростью. Определите силу тяги двигателей, если между концами крыльев наводится ЭДС $0,3 \text{ В}$. Вертикальная составляющая вектора индукции магнитного поля Земли $0,1 \text{ мТл}$.
488. Круговой контур площадью $0,1 \text{ м}^2$ помещен в однородное магнитное поле индукцией $0,1 \text{ Тл}$. Плоскость контура перпендикулярна направлению магнитного поля, сопротивление контура 2 Ом . Какой заряд протечет по контуру при повороте его на 120° ?
489. Определите максимальный магнитный поток через рамку, вращающуюся в однородном магнитном поле с частотой 10 Гц . Максимальная ЭДС возникающая в рамке 3 В .

490. Круглая рамка вращается в однородном магнитном поле вокруг оси, проходящей через ее диаметр и перпендикулярной вектору индукции. Найдите максимальную величину ЭДС индукции, возникающей в рамке, если ее площадь $0,2 \text{ м}^2$, угловая скорость вращения 50 рад/с , а индукция магнитного поля $0,1 \text{ Тл}$.
491. На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в электрической цепи, индуктивность которой 2 мГн . Определите модуль среднего значения ЭДС самоиндукции в интервале времени от 10 до 15 с .

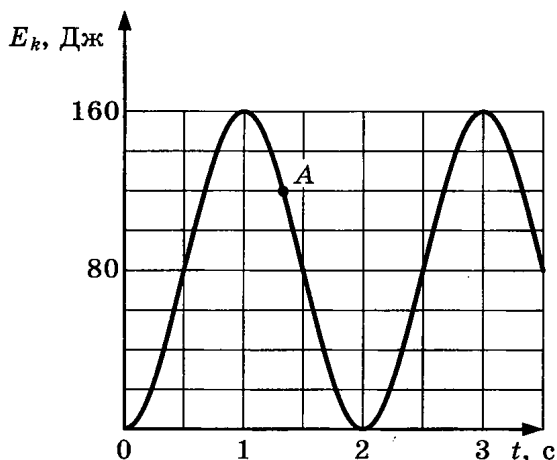


492. Как изменился магнитный поток через катушку, если при увеличении индуктивности энергия магнитного поля катушки увеличилась в 3 раза?
493. В катушке сила тока равномерно увеличивается со скоростью 2 А/с . При этом в ней возникает ЭДС самоиндукции 20 В . Какова энергия магнитного поля катушки при силе тока в ней 5 А ?

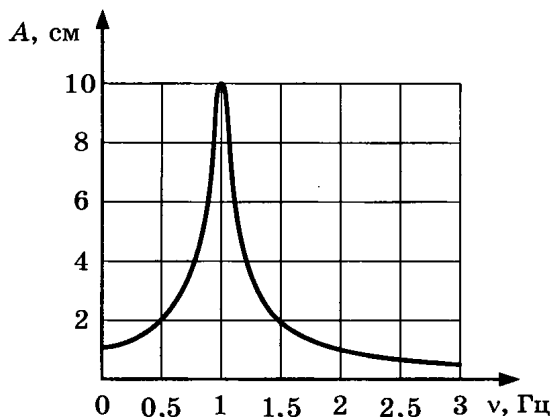
5. Колебания и волны

494. Первый математический маятник совершает колебания с частотой 6 Гц . Длина нити второго маятника больше длины первого в $3,24$ раза. Чему равен период колебаний второго маятника?
495. Тело массой 300 г подвешено к цепочке из двух параллельных пружин с коэффициентами жесткости 500 Н/м и 250 Н/м . Определите период собственных колебаний системы.

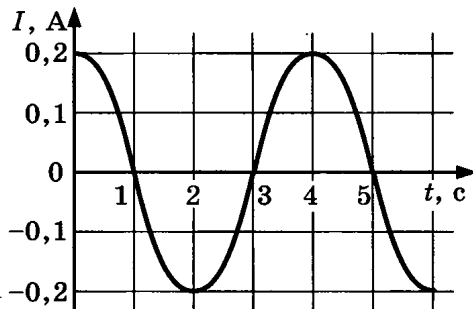
496. Пружинный маятник жесткостью 2000 Н/м совершает гармонические колебания. Масса груза 50 г. Максимальная скорость груза 20 м/с. Определите амплитуду колебаний.
497. На рисунке представлен график изменения со временем кинетической энергии ребенка, качающегося на качелях. Чему равна его полная механическая энергия в момент, соответствующий точке А на графике?



498. На рисунке изображена зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). Определите отношение амплитуды установившихся колебаний маятника на резонансной частоте к амплитуде колебаний на частоте 0,5 Гц.

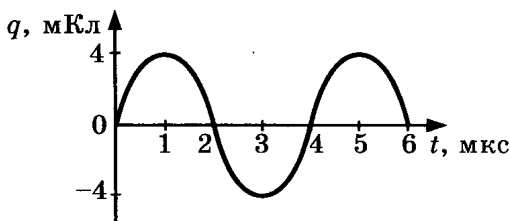


499. Через 3 с после вспышки молнии наблюдатель услышал гром. На каком расстоянии от него ударила молния? Скорость звука в воздухе 330 м/с.
500. На расстоянии 400 м от наблюдателя рабочие вбивают сваи с помощью копра. Каково время между видимым ударом молота о сваю и звуком удара, услышанным наблюдателем? Скорость звука в воздухе 340 м/с.
501. На каком расстоянии от корабля находится айсберг, если посланный гидролокатором ультразвуковой сигнал, имеющий скорость 1500 м/с, вернулся назад через 0,4 с?
502. Амплитудное значение заряда на конденсаторе равно 2 мкКл. Чему равно значение заряда на конденсаторе через $\frac{1}{6}$ часть периода колебаний после достижения этого значения? Колебания происходят по закону синуса. Начальная фаза колебаний равна нулю.
503. Колебания напряжения на конденсаторе в цепи переменного тока описываются уравнением: $u = 50 \cos(100\pi t)$, где все величины выражены в СИ. Определите напряжение на конденсаторе через $\frac{T}{6}$ после начала колебаний.
504. На рисунке показан график зависимости силы тока в металлическом проводнике от времени. Определите частоту колебаний тока.

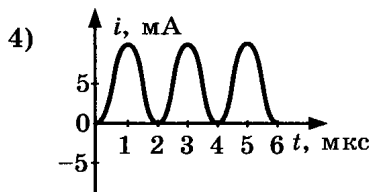
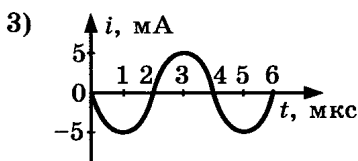
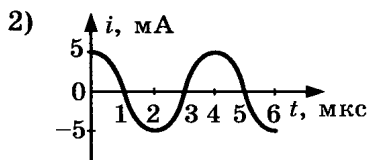
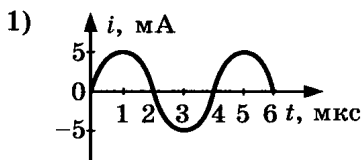


505. Во сколько раз изменится частота колебаний в колебательном контуре, если расстояние между пластинами воздушного конденсатора заполнить жидкостью, диэлектрическая проницаемость которой 9?

506. Во сколько раз изменится собственная частота колебаний в колебательном контуре, если зазор между пластинами конденсатора увеличить в 4 раза?
507. Во сколько раз изменится собственная частота колебаний в колебательном контуре, если параллельно конденсатору подключить ещё три таких же конденсатора?
508. Заряд на пластинах конденсатора колебательного контура изменяется с течением времени в соответствии с уравнением $q = 0,01 \cos(40\pi t)$. Запишите уравнение зависимости силы тока от времени.
509. Изменения электрического тока в контуре происходят по закону $i = 0,01 \cos(20\pi t)$. Чему равна частота колебаний заряда на конденсаторе контура?
510. На рисунке представлен график изменения заряда конденсатора в колебательном контуре с течением времени.



На каком из графиков правильно показан процесс изменения силы тока с течением времени в этом колебательном контуре?

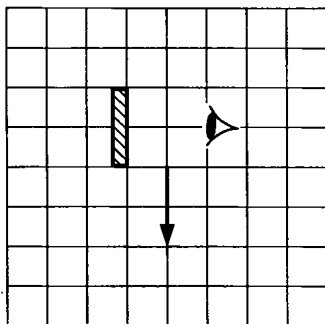


511. В идеальном электрическом колебательном контуре емкость конденсатора 2 мкФ , а амплитуда напряжения на нем 10 В . Определите максимальное значение энергии магнитного поля катушки.
512. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью 8 пФ и катушку, индуктивность которой $0,2 \text{ мГн}$. Чему равно максимальное напряжение на обкладках конденсатора, если максимальная сила тока 40 мА ?
513. Емкость конденсатора, включенного в цепь переменного тока, равна 6 мкФ . Уравнение колебаний напряжения на конденсаторе имеет вид: $u = 50 \cos(1 \cdot 10^3 t)$, где все величины выражены в СИ. Определите амплитуду силы тока.
514. Индуктивность катушки равна $0,125 \text{ Гн}$. Уравнение колебаний силы тока в ней имеет вид: $i = 0,4 \cos(2 \cdot 10^3 t)$, где все величины выражены в СИ. Определите амплитуду напряжения на катушке.
515. Трансформатор понижает напряжение с 240 В до 120 В . Определите число витков во вторичной катушке трансформатора, если первичная катушка содержит 80 витков.
516. Трансформатор понижает напряжение с 240 В до 12 В . Во сколько раз действующее значение силы тока в первичной катушке отличается от действующего значения силы тока во вторичной?
517. Колебательный контур радиоприемника настроен на радиостанцию, работающую на волне 100 м . Как нужно изменить емкость конденсатора колебательного контура, чтобы он был настроен на волну 25 м ? Индуктивность катушки считать неизменной.
518. Контур радиоприемника настроен на длину волны 15 м . Как нужно изменить индуктивность катушки колебательного контура приемника, чтобы он был настроен на волну длиной 30 м при неизменной емкости конденсатора в контуре?
519. Колебательный контур радиоприемника содержит конденсатор, емкость которого 10 нФ . Какой должна быть

индуктивность контура, чтобы обеспечить прием волны длиной 300 м? Скорость распространения электромагнитных волн $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

6. Оптика

520. К потолку комнаты высотой 4 м прикреплено светящееся панно-лампа в виде круга диаметром 2 м. На высоте 2 м от пола параллельно ему расположен непрозрачный квадрат со стороной 2 м. Центр панно и центр квадрата лежат на одной вертикали. Найдите минимальный линейный размер тени на полу.
521. К потолку комнаты высотой 4 м прикреплена люминесцентная лампа длиной 2 м. На высоте 2 м от пола параллельно ему расположен непрозрачный диск диаметром 2 м. Центр лампы и центр диска лежат на одной вертикали. Найдите минимальный линейный размер тени.
522. Человек стоит перед плоским зеркалом, укрепленным на вертикальной стене. Какова должна быть минимальная высота зеркала, чтобы человек мог видеть себя в полный рост? Рост человека 1,8 м.
523. Плоское зеркало движется по направлению к точечному источнику света со скоростью 10 см/с. С какой скоростью движется изображение? Направление скорости перпендикулярно плоскости зеркала.
524. Какая часть изображения стрелки в зеркале видна глазу?

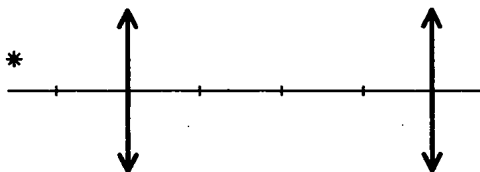


525. Луч света падает на плоскопараллельную стеклянную пластину. На границе раздела воздух-стекло луч испытывает

преломление и частичное отражение. Угол между преломленным и отраженным лучами равен 105° . Определите угол падения, если угол преломления составляет 25° .

526. Расстояние от предмета до экрана 90 см. На каком расстоянии от предмета следует расположить линзу, оптическая сила которой 5 дптр, чтобы на экране получилось четкое изображение предмета?
527. Предмет расположен на расстоянии 40 см от линзы с оптической силой 2 дптр. Определите расстояние от линзы до изображения.
528. Собирающая линза с фокусным расстоянием 10 см формирует мнимое изображение на расстоянии 15 см от линзы. На каком расстоянии от этого изображения находится предмет?
529. Главное фокусное расстояние рассеивающей линзы равно 12 см. Изображение предмета находится на расстоянии 9 см от линзы. Чему равно расстояние от предмета до линзы?
530. Мнимое изображение предмета в рассеивающей линзе находится от нее на расстоянии в 2 раза меньшем, чем расстояние от линзы до предмета. Найдите расстояние от линзы до изображения, если фокусное расстояние линзы равно 50 см.
531. Расстояние от предмета до экрана, где получается четкое изображение предмета, 4 м. Изображение в 3 раза больше самого предмета. Найдите фокусное расстояние линзы.
532. На экране с помощью тонкой линзы с фокусным расстоянием 40 см получено четкое изображение предмета с пятикратным увеличением. На каком расстоянии от линзы находится предмет?
533. Высота изображения человека ростом 160 см на фотопленке 2 см. Найдите оптическую силу объектива фотоаппарата, если человек сфотографирован с расстояния 9 м.
534. Расстояние от собирающей линзы до изображения больше расстояния от предмета до линзы на 0,5 м. Увеличение линзы 3. Определите фокусное расстояние линзы.

535. Постройте изображение светящейся точки после прохождения системы линз.



536. Дифракционная решетка имеет 120 штрихов на 1 мм. Найдите длину волны монохроматического света, падающего на решетку, если первый максимум наблюдается под углом, синус которого 0,06.
537. На дифракционную решетку, имеющую 100 штрихов на 1 мм, нормально падает свет с длиной волны 600 нм. Определите синус угла, под которым наблюдается максимум третьего порядка.
538. Какой наибольший порядок спектра можно наблюдать с помощью дифракционной решетки, имеющей 500 штрихов на 1 мм, при освещении её светом с длиной волны 720 нм?

7. Специальная теория относительности

539. В результате аннигиляции электрона массой m и позитрона массой m образуется квант электромагнитного излучения. Какова максимальная энергия этого кванта?
540. При проведении опытов ученые обнаружили явление образования пар «электрон и позитрон». Чему равна минимальная суммарная энергия пар? Ответ выразите в МэВ и округлите до целых. Энергия покоя электрона равна 0,5 МэВ.
541. Звезда каждую секунду испускает излучение с суммарной энергией около $18 \cdot 10^{26}$ Дж. В результате этого масса звезды каждую секунду уменьшается на $\Delta m = X \cdot 10^{10}$ кг. Определите значение X .
542. Куб, ребро которого 1 м, движется по отношению к земному наблюдателю со скоростью 0,75 c . Вектор скорости перпендикулярен двум противоположащим граням куба. Определите объём куба относительно земного наблюдателя.

543. При какой скорости электрона его релятивистская масса больше массы покоя в 2 раза?
544. Во сколько раз увеличивается масса частицы, которая движется со скоростью $0,8 c$?
545. С какой скоростью должно двигаться тело, чтобы для неподвижного наблюдателя его масса покоя была равна 3 кг, а релятивистская 5 кг?
546. С какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его масса увеличилась на 200%?
547. Время жизни нестабильного мюона, входящего в состав космических лучей, измеренное земным наблюдателем, относительно которого мюон двигался со скоростью, составляющей 95% скорости света в вакууме, оказалось равным 6,4 мкс. Определите время жизни мюона, покоящегося относительно наблюдателя?
548. Во сколько раз увеличивается время жизни нестабильной частицы, если она движется со скоростью, составляющей 99% скорости света?

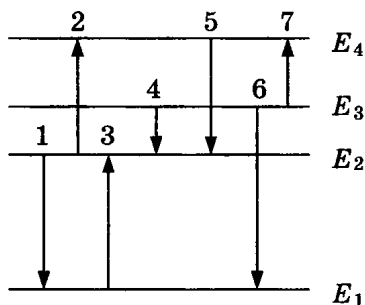
8. Квантовая физика

549. Поверхность золотой пластины освещают ультрафиолетовым излучением с длиной волны 270 нм. Красная граница фотоэффекта составляет 285 нм. Какова максимальная скорость выбиваемых электронов? Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.
550. Красная граница фотоэффекта для цезия 660 нм. Найдите скорость фотоэлектронов, выбитых при облучении цезия светом с длиной волны 400 нм. Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.
551. Найдите максимальную скорость фотоэлектронов при освещении металла с работой выхода 4 эВ ультрафиолетовым излучением с частотой $1,2 \cdot 10^{15}$ Гц. Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг. Учтите: $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

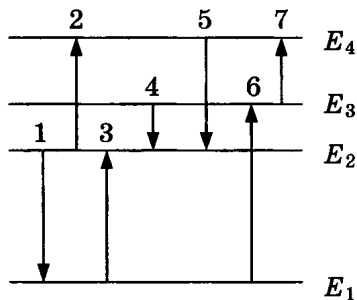
552. Детектор полностью поглощает падающий на него свет частотой $\nu = 6 \cdot 10^{14}$ Гц. За время $t = 5$ с на детектор падает $N = 3 \cdot 10^5$ фотонов. Какова поглощаемая детектором мощность?

553. Ртутная лампа имеет мощность 125 Вт. Сколько квантов света испускается каждую секунду при излучении с длиной волны $5,79 \cdot 10^{-7}$ м?

554. На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Какой из отмеченных стрелками переходов между энергетическими уровнями сопровождается испусканием кванта минимальной частоты?

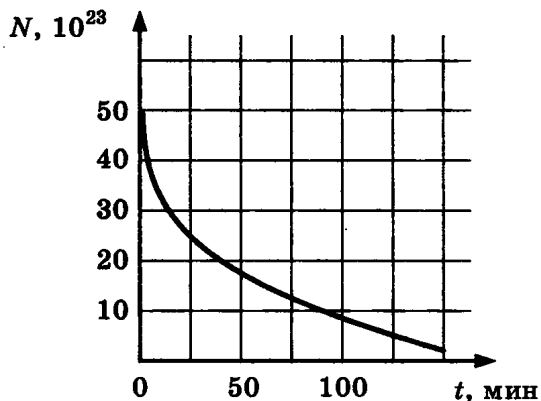


555. На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Какой из отмеченных стрелками переходов между энергетическими уровнями сопровождается поглощением кванта минимальной длины волны?

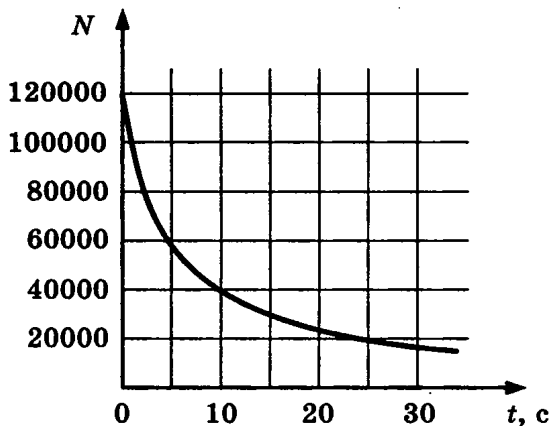


556. Какая часть исходных радиоактивных ядер распадается за время, равное двум периодам полураспада?

557. Дан график зависимости числа не распавшихся ядер ртути $^{190}_{80}\text{Hg}$ от времени. Чему равен период полураспада этого изотопа ртути (в минутах)?



558. На рисунке дан график зависимости числа N не распавшихся ядер радиоактивного изотопа от времени. Через какой промежуток времени (в секундах) останется половина первоначального числа ядер?



559. Определите дефект масс ядра гелия ^3_2He . Масса протона приблизительно равна 1,0073 а.е.м., нейтрона 1,0087 а.е.м., ядра гелия 3,016 а.е.м., $1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.

560. Определите дефект масс ядра азота ${}^{14}_7\text{N}$. Масса протона приблизительно равна 1,0073 а.е.м., нейтрона 1,0087 а.е.м., ядра азота 14,0067 а.е.м., $1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.
561. Определите энергию связи ядра лития ${}^6_3\text{Li}$. Масса протона приблизительно равна 1,0073 а.е.м., нейтрона 1,0087 а.е.м., ядра лития 6,0151 а.е.м., $1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, а скорость света $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$.
562. Определите энергию связи ядра углерода ${}^{12}_6\text{C}$. Масса протона приблизительно равна 1,0073 а.е.м., нейтрона 1,0087 а.е.м., ядра углерода 12,0000 а.е.м., $1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, а скорость света $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$.

ЧАСТЬ 3 (ЗАДАНИЯ УРОВНЯ С)

1. Механика

563. Теплоход, имеющий длину 100 м, движется по прямому курсу в неподвижной воде со скоростью 10 м/с. Катер, имеющий скорость 15 м/с, проходит расстояние от кормы движущегося теплохода до его носа и обратно. Сколько времени потратит катер?
564. По наклонной доске пустили катиться снизу вверх шарик. На расстоянии 30 см от начального положения шарик побывал дважды: через 1 с и через 3 с после начала движения. Определите модуль ускорения шарика, считая движение прямолинейным и равноускоренным.
565. По гладкой наклонной плоскости пустили груз снизу вверх с начальной скоростью 0,6 м/с. Через 1 с груз переместился на 40 см от начала пути. Через какой промежуток времени после начала движения груз снова попадет в это положение?
566. По одному направлению из одной точки с интервалом в 6 с начали двигаться два тела: одно равномерно со скоростью 5 м/с, а другое равноускоренно без начальной скорости с ускорением 2 м/с². Через сколько секунд второе тело достигнет первое?
567. Мимо остановки по прямой улице проезжает грузовик со скоростью 10 м/с. Через 5 с от остановки вдогонку за грузовиком отъезжает мотоциклист, движущийся с ускорением 3 м/с². На каком расстоянии от остановки мотоциклист догонит грузовик?
568. Через 40 с после отхода теплохода вдогонку за ним от той же пристани отправился катер с постоянным ускорением 0,5 м/с². Определите, на каком расстоянии от пристани катер догонит теплоход, если теплоход двигался равномерно со скоростью 18 км/ч.
569. С какой высоты падало тело, если в последнюю секунду падения оно прошло путь 45 м?

570. В течение какого времени падало тело, если в последнюю секунду падения оно прошло $3/4$ всего пути? Начальная скорость тела равна нулю.
571. Аэростат поднимается с земли с ускорением 2 м/с^2 вертикально вверх без начальной скорости. Через 20 с после начала движения из него выпал предмет. Определите, на какой наибольшей высоте относительно Земли побывал предмет.
572. В течение 20 с ракета поднимается с постоянным ускорением 8 м/с^2 , после чего двигатели ракеты выключаются. На какой максимальной высоте побывала ракета?
573. Из брандспойта, расположенного около поверхности земли, вырывается струя воды со скоростью 10 м/с . Брандспойт медленно вращается вокруг вертикальной оси. Одновременно с этим меняется угол его наклона к земле. Определите максимальную площадь, которую можно полить этим брандспойтом.
574. Зная ускорение свободного падения на поверхности Земли (10 м/с^2) и радиус планеты (6400 км), рассчитайте ее среднюю плотность.
575. Ускорение свободного падения на поверхности Юпитера $24,9 \text{ м/с}^2$, а радиус планеты $7,13 \cdot 10^7 \text{ м}$. Вычислите по этим данным среднюю плотность планеты.
576. Как изменится ускорение свободного падения на поверхности планеты, если плотность планеты увеличится в 2 раза, а радиус планеты останется прежним?
577. Плотность Меркурия примерно равна плотности Земли, а радиус в $2,63$ раза меньше. Определите отношение первой космической скорости на Меркурии к первой космической скорости на Земле $v_M / v_З$.
578. Искусственный спутник обращается по круговой орбите на высоте 600 км от поверхности планеты. Радиус планеты равен 3400 км , ускорение свободного падения на поверхности планеты равно 4 м/с^2 . Какова скорость движения спутника по орбите?

579. На какую высоту надо запустить искусственный спутник Земли, чтобы для наблюдателя, находящегося на Земле, он казался неподвижным? Считайте орбиту спутника окружностью, концентричной с экватором. Радиус Земли 6400 км. Ускорение свободного падения на поверхности Земли 10 м/с^2 .
580. Масса планеты составляет 0,2 от массы Земли, радиус планеты втрое меньше, чем радиус Земли. Чему равно отношение периодов обращения искусственных спутников планеты и Земли T_n/T_3 , двигающихся по круговым орбитам на небольшой высоте?
581. Каков радиус кольца Сатурна, в котором частицы движутся с периодом, примерно равным периоду вращения Сатурна вокруг своей оси — 10 ч 40 мин? Масса Сатурна равна $5,7 \cdot 10^{26}$ кг.
582. Плотность Марса приблизительно равна плотности Земли, а масса в 10 раз меньше. Определите отношение периода обращения спутника, движущегося вокруг Марса по низкой круговой орбите, к периоду обращения аналогичного спутника Земли.
583. Определите массу груза, который нужно сбросить с аэростата, движущегося равномерно вниз, чтобы он стал двигаться с такой же по модулю скоростью вверх. Общая масса аэростата и груза 1100 кг. Архимедова сила, действующая на аэростат, равна 10 кН. Силу сопротивления воздуха при подъеме и спуске считайте одинаковой.
584. С вершины наклонной плоскости высотой 5 м и углом наклона к горизонту 45° начинает соскальзывать тело. Определите скорость тела в конце спуска, если коэффициент трения тела о плоскость равен 0,19.
585. Телу толчком сообщили скорость, направленную вверх вдоль наклонной плоскости. Найдите величину ускорения тела, если высота наклонной плоскости 4 м, ее длина 5 м, а коэффициент трения 0,5?
586. Автомобиль массой 5 т равномерно со скоростью 72 км/ч въезжает на вогнутый мост, по форме представляющий

собой дугу окружности радиуса 80 м. Определите, с какой силой автомобиль давит на мост в точке, радиус которой составляет с вертикалью 45° .

587. С какой скоростью едет автомобиль по выпуклому мосту, радиус кривизны которого 25 м, если давление автомобиля на мост в верхней точке моста в два раза больше, чем в точке, направление на которую из центра кривизны моста составляет 45° с вертикалью?
588. Два тела массами M при помощи первой нити подвешены на невесомом блоке и находятся в равновесии. К одному из них с помощью второй нити подвесили груз массой $2M$, и система пришла в движение. С какой силой груз массой $2M$ действует на вторую нить?



589. На вершине наклонной плоскости с углом наклона 30° установлен неподвижный блок, через который переброшена нить, к концам нити прикреплены грузы. Груз массой 5 кг скользит по гладкой наклонной плоскости, а другой груз массой 3 кг опускается по вертикали. Определите ускорение, с которым движутся тела.
590. Найдите угловую скорость вращения конического маятника на невесомой нерастяжимой нити длиной 5 см, совершающего круговые движения в горизонтальной плоскости. Нить образует с вертикалью угол 60° .
591. Гирька массой 100 г, привязанная к резиновому шнуру, вращается с угловой скоростью 10 рад/с по окружности в горизонтальной плоскости так, что шнур составляет угол 60° с вертикалью. Найдите длину нерастянутого шнура, если его жесткость 40 Н/м.

592. К стене прислонена лестница массой 15 кг. Центр тяжести лестницы находится на расстоянии $1/3$ длины от верхнего ее конца. Какую силу, направленную горизонтально, надо приложить к середине лестницы, чтобы верхний её конец не оказывал давления на стену? Угол между лестницей и стеной 45° .
593. Определите силу давления жидкости плотностью 800 кг/м^3 на боковую стенку закрытого кубического сосуда объёмом 8 м^3 , полностью заполненного жидкостью.
594. Сосуд квадратного сечения (сторона квадрата 20 см) заполнен водой до высоты 40 см. Определите силу давления на боковую стенку сосуда. Плотность воды 1000 кг/м^3 .
595. Чему равна плотность керосина, если плавающей в нем сплошной деревянный куб, плотностью 700 кг/м^3 , с длиной ребра 8 см выступает над поверхностью жидкости на 1 см?
596. Какой наибольший груз может перевозить бамбуковый плот площадью 10 м^2 и толщиной 50 см, если плотность бамбука 400 кг/м^3 ? Плотность воды 1000 кг/м^3 .
597. Космический корабль $M = 3000 \text{ кг}$ начал разгон в межпланетном пространстве, включив ракетный двигатель. Из сопла двигателя каждую секунду выбрасывается 3 кг $\left(\frac{\Delta m}{\Delta t} = 3 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \right)$ горючего газа со скоростью $v = 600 \text{ м/с}$. Какой будет скорость v корабля через 20 с после начала разгона? Изменением массы корабля за время движения пренебречь. Принять, что поле тяготения в пространстве, в котором движется корабль, пренебрежимо мало.
598. Начальная скорость снаряда, выпущенного из пушки вертикально вверх, равна 10 м/с . В точке максимального подъёма снаряд разорвался на два осколка, массы которых относятся как 2 : 1. Осколок большей массы упал на Землю первым со скоростью 20 м/с . До какой максимальной высоты может подняться осколок меньшей массы? Считать поверхность Земли плоской и горизонтальной.
599. В точке максимального подъёма снаряд выпущенный из орудия вертикально вверх разорвался на два осколка.

Первый осколок массой m_1 двигаясь вертикально вниз упал на землю, имея скорость в 1,25 раз больше начальной скорости снаряда v_0 , а второй осколок массой m_2 при касании поверхности земли имел скорость в 1,8 раз большую v_0 . Чему равно отношение масс m_1/m_2 этих осколков? Сопротивлением воздуха пренебречь.

600. Груз массой 100 г привязан к нити длиной 1 м. Нить с грузом отвели от вертикали на угол 90° . Каково центростремительное ускорение груза в момент, когда нить образует с вертикалью угол 60° ?
601. Шарик соскальзывает без трения с верхнего конца наклонного жёлоба, переходящего в «мертвую петлю» радиусом R . Чему равна сила давления шарика на жёлоб в верхней точке петли, если масса шарика равна 100 г, а верхний конец жёлоба поднят на высоту $3R$ по отношению к нижней точке «мертвой петли»?

2. Молекулярная физика. Газовые законы

602. Воздушный шар имеет газонепроницаемую оболочку массой 400 кг и содержит 100 кг гелия. Какой груз он может удерживать в воздухе на высоте, где температура воздуха 17°C и давление 10^5 Па? Молярная масса воздуха 0,029 кг/моль, а гелия 0,004 кг/моль. Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объема шара.
603. Воздушный шар с газонепроницаемой оболочкой массой 400 кг заполнен гелием. На высоте, где температура воздуха 17°C и давление 10^5 Па, шар может удерживать груз массой 225 кг. Какова масса гелия в оболочке шара? Молярная масса воздуха 0,029 кг/моль, гелия 0,004 кг/моль. Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объема шара.
604. Воздушный шар объёмом 2500 м^3 с массой оболочки 400 кг имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. Рассчитайте максимальную мас-

су груза, который может поднять шар, если воздух в нем нагреть до температуры $77\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура окружающего воздуха $7\text{ }^{\circ}\text{C}$, его плотность $1,2\text{ кг/м}^3$. Оболочку шара считать нерастяжимой.

605. Воздушный шар объёмом 2500 м^3 имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. Если температура окружающего воздуха $7\text{ }^{\circ}\text{C}$, его плотность $1,2\text{ кг/м}^3$, то при нагревании воздуха в шаре до температуры $77\text{ }^{\circ}\text{C}$ шар поднимает груз с максимальной массой 200 кг . Какова масса оболочки шара? Оболочку шара считать нерастяжимой.
606. В цилиндре под поршнем площадью 100 см^2 находится 28 г азота при температуре 273 К . Цилиндр нагревается до температуры 373 К . На какую высоту поднимется поршень массой 100 кг ? Атмосферное давление 10^5 Па . Молярная масса азота $0,028\text{ кг/моль}$.
607. Температура воздуха в цилиндре $7\text{ }^{\circ}\text{C}$. На сколько переместится поршень при нагревании воздуха на 20 К , если вначале расстояние от дна цилиндра до поршня было равно 14 см ?
608. В цилиндре под поршнем находится газ. Чтобы поршень оставался в неизменном положении при увеличении абсолютной температуры газа в 2 раза, на него следует положить груз массой 10 кг . Площадь поршня 10 см^2 . Найдите первоначальное давление газа.
609. Газ находится в вертикальном цилиндре под поршнем массой 5 кг . Какой массы груз надо положить на поршень, чтобы он остался в прежнем положении, когда абсолютная температура газа будет увеличена вдвое? Атмосферное давление 10^5 Па . Площадь поршня $0,001\text{ м}^2$.
610. Посередине откаченной и запаянной с двух концов горизонтальной трубки длиной 1 м находится столбик ртути длиной 20 см . Если трубку поставить вертикально, то столбик ртути перемещается на расстояние 10 см . До какого давления была откачена трубка? Плотность ртути 13600 кг/м^3 .

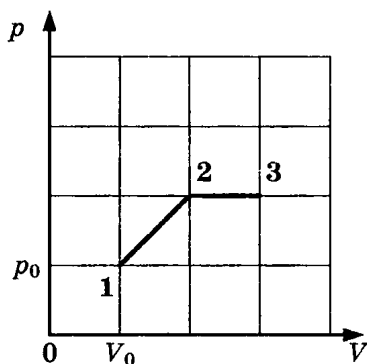
611. Поршень площадью 10 см^2 массой 5 кг может без трения перемещаться в вертикальном цилиндрическом сосуде, обеспечивая при этом его герметичность. Сосуд с поршнем, заполненный газом, покоится на полу неподвижного лифта при атмосферном давлении 100 кПа , при этом расстояние от нижнего края поршня до дна сосуда 20 см . Каким станет это расстояние, когда лифт поедет вверх с ускорением равным 2 м/с^2 ? Изменение температуры газа не учитывать.

3. Термодинамика

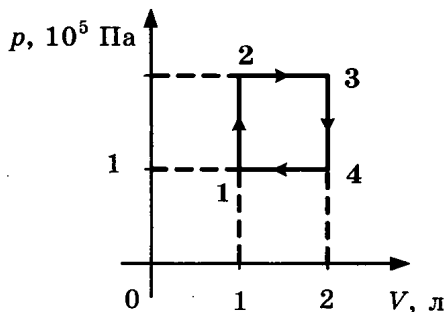
612. В сосуд, содержащий 8 кг воды при температуре $15 \text{ }^\circ\text{C}$, положили лед, имеющий температуру $-40 \text{ }^\circ\text{C}$. В результате теплообмена установилась температура $-3 \text{ }^\circ\text{C}$. Определите массу льда. Удельная теплоёмкость воды $4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$, удельная теплота плавления льда $3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$, а его удельная теплоёмкость $2100 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$.
613. Ванну вместимостью 85 л необходимо заполнить водой, имеющей температуру $30 \text{ }^\circ\text{C}$, используя воду при $80 \text{ }^\circ\text{C}$ и лед при температуре $-20 \text{ }^\circ\text{C}$. Определите массу льда, который следует положить в ванну. Удельная теплоёмкость воды $4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$, удельная теплота плавления льда 336 кДж/кг , а его удельная теплоемкость $2100 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$.
614. В воду массой 500 г , находящуюся при температуре $16 \text{ }^\circ\text{C}$, впустили 75 г водяного пара, имеющего температуру $100 \text{ }^\circ\text{C}$. Определите установившуюся температуру воды. Удельная теплоёмкость воды $4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$, удельная теплота парообразования $2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$.
615. В калориметр налили 2 кг воды, имеющей температуру $5 \text{ }^\circ\text{C}$, и положили кусок льда массой 5 кг при температуре $-40 \text{ }^\circ\text{C}$. Определите установившуюся температуру. Удельная теплоёмкость воды $4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$, удельная теплоёмкость льда $2100 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$, а его удельная теплота плавления $3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$.
616. Из сосуда с небольшим количеством воды при $0 \text{ }^\circ\text{C}$ откачивают воздух, при этом испаряется $6,6 \text{ г}$ воды, а остав-

шаяся часть замерзает. Найдите массу образовавшегося льда. Удельная теплота парообразования воды при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ $2,5 \cdot 10^6$ Дж/кг, удельная теплота плавления льда 330 кДж/кг.

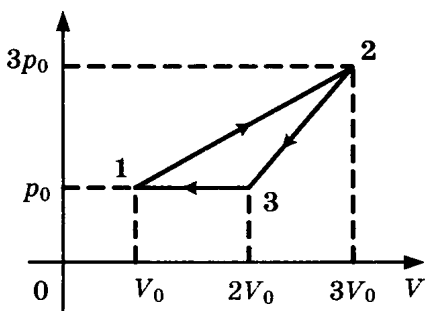
617. В колбе находилось $5,66$ кг воды при температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Когда из колбы откачали воздух, вода превратилась в лед. Сколько воды при этом испарилось, если притока тепла извне не было? Удельная теплота испарения воды при этой температуре $2,5 \cdot 10^6$ Дж/кг, а удельная теплота плавления льда $3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг.
618. В сосуде с небольшой трещиной находится воздух, который может просачиваться сквозь трещину. Во время опыта давление воздуха в сосуде возросло в 2 раза, а его абсолютная температура уменьшилась в 4 раза при неизменном объёме. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия воздуха в цилиндре? (Воздух считать идеальным газом).
619. В цилиндре, закрытом подвижным поршнем, находится газ, который может просачиваться сквозь зазор вокруг поршня. В опыте по сжатию его объём уменьшился в 6 раз, а абсолютная температура уменьшилась вдвое при неизменном давлении. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия газа в цилиндре? (Газ считать идеальным газом).
620. Какое количество теплоты подведено к двум молям одноатомного идеального газа при осуществлении процесса 1–2–3, если начальная температура его была равна 300 K ?



621. Рассчитайте КПД тепловой машины, использующей в качестве рабочего тела одноатомный идеальный газ и работающей по циклу, изображенному на рисунке.



622. Рассчитайте КПД тепловой машины, использующей в качестве рабочего тела одноатомный идеальный газ и работающей по циклу, изображенному на рисунке.

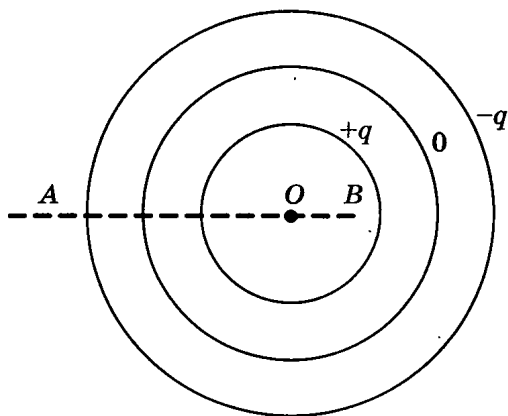


4. Электричество и магнетизм

623. На какое расстояние по горизонтали переместится частица, имеющая массу 1 мг и заряд 2 нКл, за время 3 с в однородном горизонтальном электрическом поле напряженностью 50 В/м, если начальная скорость частицы равна нулю? Ответ выразите в сантиметрах. Действием силы тяжести пренебречь.
624. Пылинка, имеющая положительный заряд 10^{-11} Кл, влетела в горизонтальное однородное электрическое поле

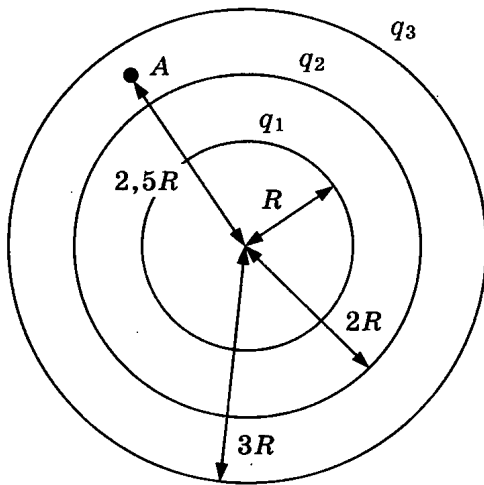
вдоль его силовых линий с начальной скоростью $0,1$ м/с и переместилась на расстояние 4 см. Чему равна масса пылинки, если её скорость увеличилась на $0,2$ м/с при напряженности поля 10^5 В/м? Ответ выразите в миллиграммах (мг). Действием силы тяжести пренебречь.

625. Горизонтально расположенная, положительно заряженная пластина создает вертикально направленное однородное электрическое поле напряженностью 100 кВ/м. С высоты 10 см на пластину падает шарик массой 40 г, имеющий отрицательный заряд (-10^{-6}) Кл и начальную скорость 2 м/с, направленную вертикально вниз. Какую энергию шарик передаст пластине при абсолютно неупругом ударе?
626. Три концентрические равномерно заряженные сферы радиусом $10, 20, 30$ см несут заряды $+q, 0$ и $-q$ соответственно. В каждой из них имеется по одному малому отверстию, причем они расположены на одной прямой, проходящей через центр сфер O , перпендикулярно их поверхностям. Вдоль этой линии из точки A , расположенной на расстоянии 40 см от центра сферы, летит электрон, пролетает сквозь отверстия и оседает на стенке в точке B . Укажите в сантиметрах суммарную длину отрезка, на котором меняется скорость электрона при полете от A до B .

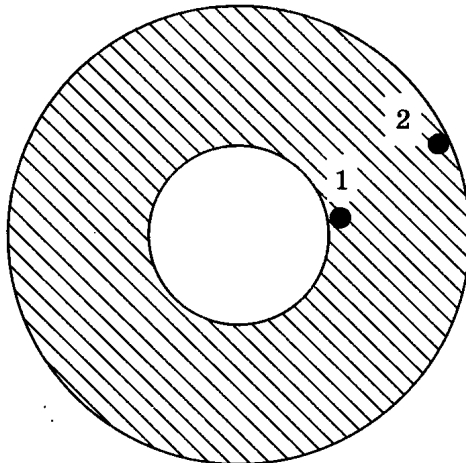


627. Точечный заряд q создаёт на расстоянии R электрическое поле напряженностью $E_1 = 62,5$ В/м. Три концентрические

ские сферы радиусами R , $2R$ и $3R$ несут равномерно распределенные по их поверхностям заряды $q_1 = +2q$, $q_2 = -q$ и $q_3 = +q$ соответственно. Чему равна напряженность поля в точке A , отстоящей от центра сфер на расстоянии $R_A = 2,5R$?



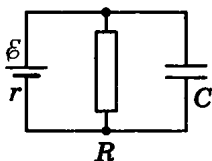
628. Проводящий шар радиусом 5 см с зарядом 4 нКл окружен сферической оболочкой из диэлектрика радиусом 10 см. Диэлектрическая проницаемость вещества оболочки равна 2. Найдите напряженность поля вблизи внутренней (1) и внешней (2) поверхностей диэлектрика.



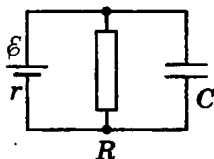
629. Конденсатор, заряженный до напряжения 200 В, соединяют разноименными обкладками с конденсатором такой же ёмкости, но заряженным до напряжения 400 В. Определите установившееся напряжение батареи.
630. Конденсатор, электрическая ёмкость которого $C_1 = 5$ мкФ, заряжен так, что разность потенциалов между его пластинами $U_1 = 80$ В. Второй конденсатор, электрическая ёмкость которого $C_2 = 10$ мкФ, имеет разность потенциалов между пластинами $U_2 = 50$ В. Разноименно заряженные пластины конденсаторов попарно соединили проводниками. Чему равен модуль разности потенциалов U между пластинами каждого конденсатора?
631. Между двумя параллельными, вертикально расположенными диэлектрическими пластинами создано однородное электрическое поле, напряженность которого равна $E = 2 \cdot 10^5$ В/м, направленное слева направо. Между пластинами помещен шарик на расстоянии $d = 1,5$ см от левой пластины и $b = 2,5$ см от правой. Заряд шарика $q = -0,2$ нКл, масса $m = 20$ мг. Шарик освобождают, и он начинает двигаться. На сколько успеет сместиться шарик по вертикали до удара об одну из пластин? Пластины имеют достаточно большой размер.
632. На сколько градусов нагреется вода, если через кипятильник пройдет заряд 100 Кл? Напряжение на нагревателе 210 В, масса воды 500 г, удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг·К). Тепловыми потерями пренебречь.
633. К однородному медному цилиндрическому проводнику длиной 10 м приложили разность потенциалов 1 В. Определите промежуток времени, в течение которого температура проводника повысится на 10 К. Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь. Плотность меди 8900 кг/м³, удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, удельная теплоёмкость меди 380 Дж/(кг·К).
634. При замыкании на сопротивление 5 Ом батарея даёт ток силой 1 А. Сила тока короткого замыкания батареи равна 6 А. Какую наибольшую полезную мощность может дать батарея?

635. Элемент замыкают один раз сопротивлением 4 Ом, другой — сопротивлением 9 Ом. В обоих случаях во внешней цепи выделяется одинаковая мощность. При каком внешнем сопротивлении она будет наибольшей?

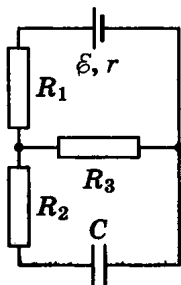
636. К источнику тока с ЭДС $\mathcal{E} = 9$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом подключили параллельно соединенные резистор с сопротивлением $R = 8$ Ом и плоский конденсатор, расстояние между пластинами которого $d = 0,002$ м. Какова напряженность электрического поля между пластинами конденсатора?



637. Найдите электрический заряд на конденсаторе емкостью $C = 1$ мФ (см. рисунок), если внутреннее сопротивление источника тока $r = 2$ Ом, его ЭДС равна 24 В, сопротивление резистора $R = 10$ Ом.



638. Конденсатор емкостью 2 мкФ присоединен к источнику постоянного тока с ЭДС 3,6 В и внутренним сопротивлением 1 Ом. Сопротивления резисторов $R_1 = 4$ Ом, $R_2 = 7$ Ом, $R_3 = 3$ Ом. Каков заряд на левой обкладке конденсатора?



639. Проволочный виток, имеющий площадь 10 см^2 , разрезан в некоторой точке, и в разрез включен конденсатор емкости 10 мкФ . Виток помещен в однородное магнитное поле, силовые линии которого перпендикулярны к плоскости витка. Индукция магнитного поля равномерно убывает за $0,2 \text{ с}$ на $0,01 \text{ Тл}$. Определите заряд на конденсаторе.

5. Колебания и волны

640. Период колебаний математического маятника в неподвижном лифте 1 с . С каким ускорением, направленным вниз, движется лифт, если период колебаний маятника стал $1,1 \text{ с}$?

641. При какой скорости поезда маятник с длиной нити 1 м , подвешенный в вагоне, раскачивается наиболее сильно? Длина рельса 30 м .

642. Максимальный заряд конденсатора в колебательном контуре 6 мкКл . Индуктивность катушки 3 мГн , электроёмкость конденсатора 2 мкФ . В некоторый момент времени сила тока в колебательном контуре равна $0,024 \text{ А}$. Определите заряд на конденсаторе в этот момент времени.

643. В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивности 5 мА , а амплитуда напряжения на конденсаторе 2 В . Определите напряжение на конденсаторе в тот момент, когда сила тока будет 3 мА .

644. Заряд конденсатора идеального колебательного контура, состоящего из катушки индуктивности 25 мкГн и конденсатора, при свободных колебаниях меняется по закону $q = 10^{-4} \sin(2 \cdot 10^3 t)$, где все величины выражены в СИ. Определите максимальную энергию конденсатора.

645. Определите период электромагнитных колебаний в колебательном контуре, если амплитуда силы тока равна I_m , а амплитуда электрического заряда на пластинах конденсатора q_m .

646. Пружинный маятник совершает гармонические колебания с амплитудой 2 см. Полная энергия колебаний 0,3 Дж. При каком смещении от положения равновесия на шарик действует возвращающая сила 22,5 Н?
647. Максимальная сила тока в колебательном контуре радиоприёмника 24 мА. При этом максимальный заряд конденсатора контура 6 нКл. На какую частоту настроен радиоприёмник?

6. Оптика

648. Дифракционная решетка, имеющая 500 штрихов на 1 мм, расположена параллельно экрану на расстоянии 1,2 м от него. Какого порядка максимум в спектре будет наблюдаться на экране на расстоянии 70 см от центра дифракционной картины при освещении решетки нормально падающим пучком света длиной волны 500 нм? Учтите, что $\sin \alpha \neq \operatorname{tg} \alpha$.
649. Дифракционная решетка, имеющая 400 штрихов на 1 мм, расположена параллельно экрану на расстоянии 1,5 м от него. На решетку перпендикулярно ее плоскости направлен пучок света. Определите длину волны света, если расстояние на экране между вторыми максимумами слева и справа от центрального (нулевого) равно 60 см. Ответ выразите в микрометрах (мкм) и округлите до сотых. Учтите, что $\sin \alpha \neq \operatorname{tg} \alpha$.
650. Чему равен угол полного внутреннего отражения при падении луча на границу двух сред, относительный показатель преломления которых 2?
651. На дне ручья лежит камешек. Мальчик хочет попасть в него палкой. Прицеливаясь, он держит палку в воздухе под углом 45° . На каком расстоянии от камешка воткнется в дно ручья палка, если его глубина 32 см? Показатель преломления воды $4/3$.
652. В дно водоёма глубиной 2 м вбита свая, на 50 см выступающая из воды. Найдите длину тени сваи на дне водоёма, если угол падения лучей 30° , показатель преломления воды 1,33.

653. Солнце составляет с горизонтом угол, синус которого 0,6. Шест высотой 170 см вбит в дно водоёма глубиной 80 см. Найдите длину тени на дне водоёма, если показатель преломления воды $4/3$.
654. На дне водоёма глубиной 2 м лежит зеркало. Луч света, пройдя через воду, отражается от зеркала и выходит из воды. Найдите расстояние между точкой входа луча в воду и точкой выхода луча из воды, если показатель преломления воды 1,33, а угол падения входящего луча 30° .

7. Специальная теория относительности

655. Космический корабль, стартовав с Земли, вышел в открытый космос, при этом темп хода часов космического корабля замедлился в 2 раза для земного наблюдателя. Чему будет равна площадь квадрата со стороной 1 м для этого же наблюдателя, если вектор скорости корабля параллелен одной из сторон квадрата.
656. Собственное время жизни некоторой нестабильной частицы 10 нс. Какой путь пролетит эта частица до распада в лабораторной системе отсчета, где время её жизни 20 нс?
657. Определите релятивистский импульс электрона, который имеет массу покоя m_0 и движется со скоростью $\frac{\sqrt{3}}{2}c$.
658. Электрон движется со скоростью 0,75 c . Определите, во сколько раз его релятивистский импульс больше импульса, рассчитанного по классической формуле?
659. При какой скорости кинетическая энергия электрона равна его энергии покоя?
660. Полная энергия частицы, вышедшей из ускорителя, равна $10,2 \cdot 10^{-14}$ Дж, а её импульс $2 \cdot 10^{-22}$ кг·м/с. Определите скорость частицы.
661. Какую работу нужно совершить, чтобы увеличить скорость частицы с массой покоя m_0 от 0,6 c до 0,8 c ?

8. Квантовая физика

662. Электромагнитное излучение с длиной волны 330 нм используется для нагревания воды массой 200 г. Сколько времени потребуется для нагревания воды на 10 °С, если источник за 1 с излучает 10^{20} фотонов? Считать, что излучение полностью поглощается водой. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг · °С).
663. Каплю черной жидкости массой 0,05 г освещают пучком лазерного света с длиной волны 600 нм. Интенсивность пучка $2 \cdot 10^{17}$ фотонов в секунду. С какой скоростью начнет увеличиваться температура капли, если удельная теплоемкость жидкости 2000 Дж/(кг·К)?
664. Каплю черной жидкости освещают пучком лазерного света с длиной волны 750 нм и интенсивностью пучка 10^{17} фотонов в секунду. При этом капля начинает нагреваться со скоростью 0,4 К/с. Какова масса капли? Удельная теплоемкость жидкости 2125 Дж/(кг · К).
665. Препарат активностью $3,9 \cdot 10^{11}$ частиц в секунду помещен в металлический контейнер массой 1 кг. За S ч температура контейнера повысилась на 4,6 К. Известно, что данный препарат испускает α -частицы энергией 5,3 МэВ, причем энергия всех α -частиц полностью переходит во внутреннюю энергию контейнера. Найдите удельную теплоемкость металла. Теплоемкостью препарата и теплообменом с окружающей средой пренебречь.
666. Препарат активностью $1,7 \cdot 10^{11}$ частиц в секунду помещен в медный контейнер массой 500 г. За 30 мин температура контейнера повысилась на 1,3 К. Найдите энергию α -частицы, считая, что энергия всех α -частиц полностью переходит во внутреннюю энергию контейнера. Теплоемкостью препарата и теплообменом с окружающей средой пренебречь. Удельная теплоёмкость меди 380 Дж/(кг·К). Ответ выразите в МэВ.
667. Период полураспада радона 3,8 дня. Через какое время масса радона уменьшится в 64 раза?
668. Период полураспада радия 1600 лет. Через какое время масса радиоактивного радия уменьшится в 4 раза?

669. Период полураспада изотопа ртути 20 мин. Если изначально масса этого изотопа равна 40 г, то сколько примерно его будет через 1 ч?
670. Какая часть исходных радиоактивных ядер распадается за время, равное двум периодам полураспада?
671. Какая доля (в процентах) радиоактивных атомов остаётся нераспавшейся через интервал времени, равный двум периодам полураспада?

ОТВЕТЫ К СБОРНИКУ ЗАДАНИЙ

Часть 1(А)

1. Механика

4. Окружность. 5. Две длины самолета. 6. 942 м. 7. 20 км.
8. 5 м. 9. 2 м. 10. 2,5 с. 11. 10 м/с. 12. 8,4 м³. 13. 2 м/с.
14. 5 см/мин. 15. 15 м/с или 54 км/ч. 16. 21 м/с. 17. 1,5 м/с².
18. 0,4 м/с². 19. 25 с. 20. 10 м/с. 21. 8,8 м/с. 22. 5,5 м/с.
23. 70 м. 24. 50 м. 25. 90 м/с. 26. 3 с. 27. 1 м/с². 28. 2 м/с².
29. 8 м/с. 30. 5 м/с. 31. 6 с. 32. 0,628 м/с. 33. 3,6 м/с².
34. 38,33 м/с². 35. Уменьшится в 9 раз. 36. При равномерном
прямолинейном движении. 37. При равномерном прямолинейном
движении. 38. 1,5 кг. 39. 6 кг. 40. 100 Н. 41. 2,5 т.
42. 2 Н; 16 Н. 43. 7,81 Н. 44. 50 Н. 45. 0,4 м/с². 46. 50 кг.
47. 0,001 кг. 48. Увеличится в 6 раз. 49. 4 м/с². 50. 0,25 кг.
51. 3,75 м/с². 52. $3,27 \cdot 10^{23}$ кг. 53. 0,3 м. 54. 18 см. 55. 0,125.
56. 30 Н · м. 57. 0,2 м. 58. $F_1 l_1 = F_2 l_2 + F_3 l_3$ или $F_2 l_2 + F_3 l_3 - F_1 l_1 = 0$.
59. 90°. 60. Стальной, в 2,9 раза. 61. 2 кПа. 62. 40 м.
63. 500 Н. 64. 0,4 Н. 65. 0,65 Н. 66. 2500 Н. 67. в 5 раз.
68. 40000 км · м/с. 69. Уменьшится на 100 км · м/с. 70. 3 Н.
71. $\sqrt{5}tv$. 72. 0,4 м/с. 73. 4 м/с. 74. 2 м/с. 75. 60°. 76. 0 Дж.
77. 8,4 к Вт. 78. 40 кВт. 79. 694,4 Дж. 80. 2520 Дж.
81. 0,45 Дж. 82. 0 Дж. 83. 75 Дж. 84. 25%.

2. Молекулярная физика. Газовые законы

85. Уменьшается. 86. В жидком. 87. $1,77 \cdot 10^{-9}$ м.
88. $4,7 \cdot 10^{-26}$ кг. 89. на 5 °С. 90. $6,2 \cdot 10^{-21}$ Дж. 91. 200 К.
92. Увеличилась в 4 раза. 93. 4 кг. 94. 0,3 м³. 95. 9,5 л.
96. 950 К. 97. 225 см³. 98. на 273 К. 99. 3 л. 100. А. 101. А.
102. ВС. 103. 54%. 104. 12 °С. 105. 50%.

3. Термодинамика

106. В начале увеличивается, а в конце уменьшается.
109. У дерева плохая теплопроводность, мешалка не так сильно
нагревается от варенья. 110. Воздух, охлажденный моро-
зильной камерой, за счет конвекции опускается, постепенно
понижая температуру всего содержимого холодильника..
111. 68,4 кДж. 112. 450 Дж/(кг · К). 113. 2 кг. 114. Темпера-
тура. 115. Первое. 116. 5–6. 117. 50 °С. 118. 1. 119. 2.

120. 7479 Дж. 121. $12 \cdot 10^6$ Дж. 122. на 120 Дж. 123. 200 Дж.
124. 2493 Дж. 125. -200 Дж. 126. 200 Дж. 127. 700 Дж.
128. 22,5 кДж. 129. 1200 Дж. 130. 200 Дж. 131. 50 кДж.
132. 200 Дж. 133. 25%.

4. Электричество и магнетизм

134. Нет, они также могут быть отрицательно заряжены.
135. Положительно. 136. Притянется к стержню. 137. 10 Н.
138. Увеличится в 1,41 раза. 139. 200 кН/Кл. 140. 5 В.
141. 18 мКл. 142. 15 нКл. 143. 20 кВ/м. 144. 1875 В/м.
145. 4 В. 146. Работа сил электростатического поля по траекториям I, II, III одинакова. 147. Работа одинакова на траекториях I, II и III. 148. Не изменится. 149. Не изменится.
150. 128 Дж. 151. Увеличится в 4 раза. 152. 1,5 А. 153. 480 А.
154. $3 \cdot 10^{17}$. 155. 20 В. 156. 0,18 Дж. 157. 0,12 Ом.
158. 0,96 В. 159. 1,75 Ом. 160. 3 А. 161. 16 Ом. 162. 50 Ом.
163. 900 с. 164. Увеличится в 8 раз. 165. 1500 Вт. 166. Повернется на 180° . 167. Повернется на 90° по часовой стрелке.
168. Против часовой стрелки. 170. 0,3 Н. 171. 5 А. 172. Не изменится. 173. Вверх. 174. $6,4 \cdot 10^{-12}$ Н. 175. 1 : 2. 176. 0-2 с и 5-6 с. 177. 3-4 с. 178. 60° . 179. Параллельно линиям магнитной индукции. 180. Увеличивается в 3 раза. 181. 0,2 Вб/с.
182. 0,5 с. 183. 0,016 В. 184. 0,032 А. 185. По часовой стрелке.
186. По часовой стрелке. 187. Южный. 188. 2,5 мГн.
189. 10 А. 190. 4 Дж. 191. 0,6 Гн.

5. Колебания и волны

192. 1,25 Гц. 193. 0,05 с. 194. 2200. 195. 0,2 м. 196. 10 м.
197. Не изменился. 198. 3,56 Гц. 199. 0,1 кг. 200. 1600 Н/м.
201. В 2 раза. 202. 0,6 с. 203. 0,75 Гц. 204. Повышение тона.
205. 1435 м/с. 206. 5 м. 207. 79 Гц. 208. 100л рад/с. 209. 13 мс.
210. Увеличится в 2 раза. 211. 10 Гц. 212. 35,4 В. 213. 7,07 А.
214. 25,5 А. 215. 0,3 А. 216. 3 м. 217. 2,950 м. 218. $5 \cdot 10^{14}$ Гц.
219. У красного. 220. 500 с.

6. Оптика

221. В 5 раз. 222. 1 м. 223. 2 м. 224. 60° . 225. Увеличится на 5° . 226. 40° . 227. 4 м. 228. На 1 м. 229. В 2 раза. 230. 45° .
231. 60° . 232. Угол падения меньше угла преломления.
233. В 2,42 раза. 234. В 1,33 раза. 235. 1,73. 236. Из алмаза в воду. 237. В воде. 238. 1,625. 239. 30° . 240. 30° . 241. $2 \cdot 10^8$ м/с.

242. Изменений не будет. 243. Собирающей. 244. -2 дптр. 245. $-0,5$ м. 246. Оптическая сила первой линзы в 2 раза больше. 247. $12,5$ дптр. 248. $8,3$ дптр. 249. 8 см. 250. 40 см. 253. Фиолетового. 254. Красного. 255. Красного. 256. Фиолетового. 257. Зеленого. 258. Лучи всех цветов. 259. $v_A = v_B > v_D$.

7. Специальная теория относительности

260. $9 \cdot 10^{10}$ Дж. 261. $0,25mc^2$. 262. В 1,25 раза. 263. $2,6 \cdot 10^8$ м/с. 264. $2,5$ м/с.

8. Квантовая физика

265. Положительный. 266. Возрастает. 267. При освещении синим цветом. 268. $6,5$ эВ. 269. 5 эВ. 270. $3,7$ эВ. 271. $2,6 \cdot 10^{-7}$ м. 272. $2,2 \cdot 10^{-6}$ м. 273. 0 Кл. 274. $3,37 \cdot 10^{-19}$ Дж. 275. $3,3 \cdot 10^{-20}$ Дж. 276. $1,4 \cdot 10^{-27}$ кг · м/с. 277. $6,6 \cdot 10^{-7}$ м. 278. 2 . 279. $E_1 - E_0$. 280. $E_1 - E_0$. 281. Не изменится. 282. $3 \cdot 10^{-19}$ Дж. 283. $3 \cdot 10^{-19}$ Дж. 284. В его состав кроме криптона входят другие газы. 285. Газ содержит только атомы водорода и гелия. 286. ${}_{z-2}^{A-4}Y$. 287. ${}_{z+1}^AY$. 288. ${}_z^AY$. 289. Около 600 . 290. 18 сут. 291. Через $11,5$ сут. 292. 146 . 293. 42 . 294. 126 . 295. $X = 9$; $Y = 4$. 296. ${}_0^1n$. 297. α -частица. 298. Протон.

Часть 2 (В)

1. Механика

299. 96 км/ч. 300. 180 м. 201. 200 с. 302. 251,8 м/с.
303. 15 м/с. 304. 36 с. 305. $s_x = -4t + t^2$. 306. -2 м. 307. 6 м.
308. -3 м/с. 309. 1 м. 310. 2 м. 311. Уменьшалась. 312. 45 м.
313. За седьмую секунду. 314. 50 м. 315. 0,106 с. 316. 465 м/с.
317. 3,44 м. 318. 4,5 м/с. 319. Увеличится в 25 раз.
320. В 4 раза. 321. 4 с. 322. 9 м. 323. 1,25 м. 324. 5 м/с.
325. 1,06 с. 326. 60 м. 327. 15 м. 328. 6 с. 329. 6 кг.
330. У первого масса в 8 раз больше. 331. 30 Н. 332. 5400 Н.
333. 0,2 Н. 334. 5 Н. 335. 5 м/с². 336. 0,4 Н. 337. 64 кН.
338. В 9 раз. 339. В 60 раз. 340. Уменьшится в 9 раз. 341. Увеличится в 4 раза. 342. 7,5 м/с². 343. Должна уменьшится в 9 раз. 344. 3652 м/с. 345. $6,2 \cdot 10^{23}$ кг. 346. Уменьшилась бы в 3 раза. 347. Не изменится. 348. 5070 с. 349. 240 Н/м. 350. 600 Н/м. 351. 900 Н/м. 352. 0,5 см. 353. 0,5 Н. 354. 6 Н. 355. В 3 раза. 356. 2,5 м/с. 357. 15 кН. 358. 10 Н. 359. 14 м. 360. 2 м/с². 361. 3200 Н. 362. 840 Н. 363. 656 Н. 364. 45 кН. 365. 8 Н. 366. 2,4 Н. 367. 0,135 Н. 368. 4000 Н. 369. $l \sin \alpha$. 370. $F_{mp} l \cos \alpha$. 371. 10 см. 372. 0 Па. 373. 25 кПа. 374. 25,6 Н. 375. 400 Н. 376. В 500 раз. 377. 26 см. 378. 0,4 Н. 379. 500 м³. 380. $4mv$. 381. $\sqrt{2}mv$. 382. 4 м/с. 383. 0,055 м/с. 384. 39 Дж. 385. 900 кДж. 386. 40 Дж. 387. 150 кВт. 388. 125 кВт. 389. В 4 раза. 390. 1920 Дж. 391. -525 кДж. 392. 0 Дж. 393. 1,5 Дж. 394. 50 Дж. 395. 3150 Дж. 396. 1,35 Дж. 397. 25 м. 398. 1 Дж. 399. 75%. 400. 52,63 Дж.

2. Молекулярная физика. Газовые законы

401. 10^6 . 402. 26,7 г. 403. 40 кПа. 404. 40 моль.
405. 16 моль. 406. 100 кПа. 407. 300 К. 408. 75 К. 409. Увеличился в 9 раз. 410. 5 дм³. 411. 500 кПа. 412. 4000 Па. 413. 0,0102 кг/м³.

3. Термодинамика

414. 625 Дж / (кг · К). 415. 500 Дж / (кг · К). 416. 70 °С.
417. 42 °С. 418. 805,5 Дж / (кг · К). 419. 30 кДж. 420. 279,7 К.
421. 0,048 К. 422. 48,37 м/с. 423. 259,6 км. 424. 7,56 кг.
425. 4 кг. 426. 510 с. 427. 130 Дж. 428. 2,5 кДж. 429. А.
430. 2002, 8 Дж. 431. 101,4 Дж. 432. 40 кДж. 433. 1,25.

4. Электричество и магнетизм

434. Уменьшится в 1,8 раза. 435. 40 В. 436. 3 кВ/м.
437. $\frac{\sqrt{3kq^2}}{a^2}$. 438. $0,47kq$. 439. $\frac{8,1kq}{a^2}$. 440. $\frac{\sqrt{2kq}}{a}$. 441. $\frac{2,5kq^2}{a}$.
442. $-\frac{5kq^2}{a}$. 443. 17,32 кВ/м. 444. 10° . 445. 5 нКл.
446. 832 МВ. 447. 166,7 В/м. 448. 312,5 В/м. 449. $\frac{2C}{5}$.
450. Увеличится в 2 раза. 451. 9. 452. 525 Кл. 453. Уменьшится в 2 раза. 454. 16 Ом. 455. Уменьшится в 4 раза. 456. Увеличится в 6,25 раза. 457. 8 Ом. 458. 16 В. 459. 0,2 Ом. 460. $\frac{2R}{3}$.
461. $2R$. 462. 3,73 А. 463. 10,6 А. 464. 1584 т. 465. 0,5 А.
466. 80%. 467. 5 А. 468. $\frac{5R}{3}$. 469. Южный полюс. 470. Отрицательный. 471. Вертикально вниз. 472. Вверх. 473. 0,25 Тл. 474. 0,05 Тл. 475. 10 А. 476. 0,05 Тл. 477. $9,55 \cdot 10^7$ м/с. 478. В 4 раза. 479. 65,5 мкс. 480. Уменьшается в 2 раза. 481. 2 А. 482. 5 А. 483. 0,02 А. 484. 2 Ом. 485. 125 мкКл. 486. 0,016 В. 487. 50 кН. 488. 7,5 мКл. 489. 48 мВб. 490. 1 В. 491. 0 мВ. 492. Увеличился в 3 раза. 493. 125 Дж.

5. Колебания и волны

494. 0,3 с. 495. 0,1256 с. 496. 0,1 м. 497. 160 Дж. 498. 5. 499. 990 м. 500. 1,18 с. 501. 300 м. 502. 1,7 мкКл. 503. 25 В. 504. 0,25 Гц. 505. Уменьшится в 3 раза. 506. Увеличится в 2 раза. 507. Уменьшится в 2 раза. 508. $i = -0,4\pi \sin(40\pi)$. 509. 10 Гц. 510. На 1. 511. 10^{-4} Дж. 512. 200 В. 513. 0,3 А. 514. 100 В. 515. 40. 516. В первичной катушке действующее значение силы тока в 20 раз меньше. 517. Уменьшить в 16 раз. 518. Увеличить в 4 раза. 519. 2,54 мкГн.

6. Оптика

520. 2 м. 521. 2 м. 522. 0,9 м. 523. 0,2 м/с. 524. 1/4. 525. 50° . 526. 0,3 м; 0,6 м. 527. 2 м. 528. 9 см. 529. 36 см. 530. 25 см. 531. 75 см. 532. 48 см. 533. 9. 534. 18,75 см. 536. 500 нм. 537. 0,18. 538. 2.

7. Специальная теория относительности

539. $2mc^2$. 540. 1 МэВ. 541. 2. 542. $0,66 \text{ м}^3$. 543. $0,87 \text{ с}$.
544. В 1,67 раза. 545. $0,8 \text{ с}$. 546. $\frac{2\sqrt{2}}{3} \text{ с}$. 547. 2 мкс.
548. В 7,1 раза.

8. Квантовая физика

549. 291 км/с . 550. $6,5 \cdot 10^5 \text{ м/с}$. 551. $5,8 \cdot 10^5 \text{ м/с}$.
552. $2,38 \cdot 10^{-14}$. 553. $3,66 \cdot 10^{20}$. 554. 4. 555. 6. 556. $3/4$.
557. 25 мин. 558. 5 с. 559. $1,21 \cdot 10^{-29} \text{ кг}$. 560. $1,75 \cdot 10^{-28} \text{ кг}$.
561. $4,92 \cdot 10^{-12} \text{ Дж}$. 562. $1,43 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$.

Часть 3 (С)

1. Механика

563. 24 с. 564. 0,2 м/с². 565. 2 с. 566. 14,52 с. 567. 150 м.
568. 400 м. 569. 125 м. 570. 2 с. 571. 480 м. 572. 2880 м.
573. 314 м². 574. 5595,3 кг/м³. 575. 1250,6 кг/м³. 576. Увели-
чится в 2 раза. 577. 0,38. 578. 3,4 км/с. 579. 36240 км.
580. 0,43. 581. $1,12 \cdot 10^8$ м. 582. 1. 583. 200 кг. 584. 9 м/с.
585. 11 м/с². 586. 60355 Н. 587. 10,2 м/с. 588. $T = Mg$.
589. 0,625 м/с². 590. 20 рад/с. 591. 0,15 м. 592. 200 Н.
593. 32 кН. 594. 160 Н. 595. 800 кг/м³. 596. 3000 кг.
597. 12 м/с. 598. 65 м. 599. 2. 600. 10 м/с². 601. 1 Н.

2. Молекулярная физика. Газовые законы

602. 225 кг. 603. 100 кг. 604. 200 кг. 605. 400 кг.
606. 41,55 см. 607. 1 см. 608. 10^5 Па. 609. 15 кг. 610. 51 кПа.
611. 18,75 см.

3. Термодинамика

612. 41,11 кг. 613. 25 кг. 614. 98,39 °С. 615. 0 °С.
616. 0,05 кг. 617. 0,66 кг. 618. $\frac{U_2}{U_1} = 2$. 619. $\frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{6}$.
620. 54846 Дж. 621. 15,38%. 622. 3,25%.

4. Электричество и магнетизм

623. 45 см. 624. 1 мг. 625. 0,13 Дж. 626. 20 см. 627. 10 В/м.
628. $E_1 = 7,2$ кВ/м; $E_2 = 1,8$ кВ/м. 629. 100 В. 630. 6,67 В.
631. 7,5 см. 632. На 10 К. 633. 57,5 с. 634. 9 Вт. 635. 6 Ом.
636. 4 кВ/м. 637. 0,02 Кл. 638. 2,7 мкКл. 639. $5 \cdot 10^{-10}$ Кл.

5. Колебания и волны

640. 1,74 м/с². 641. 15,1 м/с. 642. 5,7 мкКл. 643. 1,6 В.
644. 0,5 мкДж. 645. $T = \frac{2\pi q_m}{I_m}$. 646. 1,5 см. 647. 637 кГц.

6. Оптика

648. 2. 649. 0,25. 650. 30°. 651. 12 см. 652. 1,1 м.
653. 180 см. 654. 162 см.

7. Специальная теория относительности

655. $0,5 \text{ м}^2$. 656. $5,2 \text{ м}$. 657. $\sqrt{3}m_0c$. 658. В 1,5 раза.
659. $\frac{\sqrt{3}}{2}c$. 660. $1,76 \cdot 10^8 \text{ м/с}$. 661. $0,42m_0c^2$.

8. Квантовая физика

662. 140 с . 663. $0,66 \text{ К/с}$. 664. 31 мг . 665. $130 \text{ Дж/ (кг} \cdot \text{К)}$.
666. 5 МэВ . 667. $22,8 \text{ дня}$. 668. Через 3200 лет. 669. 5 г .
670. $3/4$. 671. 25% .

Учебно-методическое издание

Кабардин Олег Федорович
Кабардина Светлана Ильинична
Орлов Владимир Алексеевич
Громцева Ольга Ильинична
Бобошина Светлана Борисовна

ЕГЭ
ФИЗИКА
ПОДГОТОВКА К ЕГЭ
ВСТУПИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Издательство **«ЭКЗАМЕН»**

Гигиенический сертификат
№ 77.99.60.953.Д.000454.01.09 от 27.01.2009 г.

Редактор *Г.А. Лонцова*
Технический редактор *Т.В. Фатюхина*
Корректор *И.В. Русанова*
Дизайн обложки *М.Н. Ершова*
Компьютерная верстка *М.В. Дёмина*

105066, Москва, ул. Нижняя Красносельская, д. 35, стр. 1.
www.examen.biz

E-mail: по общим вопросам: info@examen.biz;
по вопросам реализации: sale@examen.biz
тел./факс 641-00-30 (многоканальный)

Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, том 2; 953005 — книги, брошюры, литература учебная

Отпечатано в типографии ООО «Самарский дом печати»
443052, г. Самара, пр. Кирова, 24.

По вопросам реализации обращаться по тел.:
641-00-30 (многоканальный).