

ЭКСПЕРТ

ЕГЭ 2020

ФИЗИКА

К **НОВОЙ** ОФИЦИАЛЬНОЙ
ДЕМОНСТРАЦИОННОЙ ВЕРСИИ ЕГЭ

- Основные понятия, законы, формулы
- 20 вариантов типовых экзаменационных заданий
- Сборник заданий
- Ответы



ЕГЭ

ЭКСПЕРТ В ЕГЭ

О. И. Громцева
С. Б. Бобошина

Физика

ЭКСПЕРТ В ЕГЭ

**ПОДГОТОВКА
К ЕГЭ**

*Основные понятия, законы, формулы
20 вариантов типовых экзаменационных заданий
Сборник заданий
Ответы*

*Издательство
«ЭКЗАМЕН»
МОСКВА, 2020*

УДК 372.8:53
ББК 74.262.22
Г87

Громцева О. И.

Г87 ЕГЭ 2020. Физика. Эксперт в ЕГЭ / О. И. Громцева, С. Б. Бобошина. — М. : Издательство «Экзамен», 2020. — 462, [2] с. (Серия «Эксперт в ЕГЭ»)

ISBN 978-5-377-15005-3

Предлагаемое пособие предназначено для подготовки к Единому государственному экзамену по физике.

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 20 вариантов реальных тестов ЕГЭ по физике. Третья глава — сборник заданий, подобранных по уровням сложности к каждой теме. Ко всем тестам и заданиям имеются ответы.

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

Приказом № 699 Министерства образования и науки Российской Федерации учебные пособия издательства «Экзамен» допущены к использованию в общеобразовательных организациях.

УДК 372.8:53
ББК 74.262.22

Формат 60x90/16. Гарнитура «Школьная».

Бумага газетная. Уч.-изд. л. 15,16. Усл. печ. л. 29. Тираж 6000 экз. Заказ №6376/19

ISBN 978-5-377-15005-3

© Громцева О. И., Бобошина С. Б., 2020
© Издательство «**ЭКЗАМЕН**», 2020

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

Глава II. Тренировочные тестовые задания для подготовки к ЕГЭ

Инструкция по выполнению работы	106
Вариант 1	112
Вариант 2	125
Вариант 3	137
Вариант 4	149
Вариант 5	161
Вариант 6	172
Вариант 7	184
Вариант 8	195
Вариант 9	207

Вариант 10.....	219
Вариант 11.....	229
Вариант 12.....	240
Вариант 13.....	251
Вариант 14.....	263
Вариант 15.....	275
Вариант 16.....	286
Вариант 17.....	298
Вариант 18.....	309
Вариант 19.....	320
Вариант 20.....	332
Разбор типового варианта	345
Ответы.....	362

Глава III. Сборник заданий

Часть 1 ЕГЭ	366
1. Механика.....	366
2. Молекулярная физика. Газовые законы	375
3. Термодинамика	377
4. Электричество и магнетизм.....	380
5. Колебания и волны	387
6. Оптика	390
7. Специальная теория относительности.....	394
8. Квантовая физика.....	395
Часть 2 ЕГЭ	399
1. Механика.....	399
2. Молекулярная физика. Газовые законы	411
3. Термодинамика	413
4. Электричество и магнетизм.....	416
5. Колебания и волны	426
6. Оптика	430
7. Специальная теория относительности.....	432
8. Квантовая физика.....	434
Задания 28–32 ЕГЭ.....	437
1. Механика.....	437

2. Молекулярная физика. Газовые законы	442
3. Термодинамика	444
4. Электричество и магнетизм.....	446
5. Колебания и волны	451
6. Оптика	452
7. Специальная теория относительности.....	453
8. Квантовая физика.....	453
Ответы к сборнику заданий	455
Часть 1 ЕГЭ	455
Часть 2 ЕГЭ	458
Задания 28–32 ЕГЭ.....	461

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, 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.

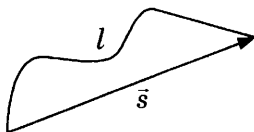
Систему отсчета вводят для того, чтобы задать положение материальной точки в пространстве. В нее входят: тело отсчета (любое тело), система координат (одномерная, двухмерная или трехмерная) и часы (начало отсчета времени совпадает с началом движения тела).

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

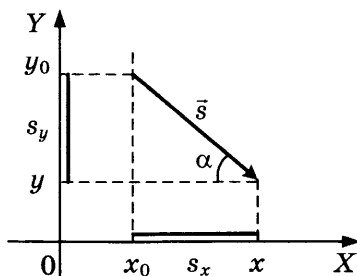
Проекция вектора перемещения на ось OX :

$$s_x = x - x_0.$$

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:

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

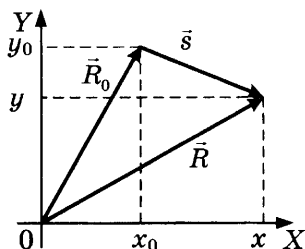
Проекции перемещения и угол наклона

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

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

Уравнение координаты (в общем виде):

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



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:

$$\begin{array}{c} \vec{v}_1 = 2 \text{ м/с} \quad \vec{v}_2 = 3 \text{ м/с} \\ \xrightarrow{\hspace{10em}} \xleftarrow{\hspace{10em}} \xrightarrow{\hspace{10em}} \\ v_{1x} = 2 \text{ м/с}; v_{2x} = -3 \text{ м/с} \quad X \end{array}$$

График проекции скорости представляет собой зависимость проекции скорости от времени.

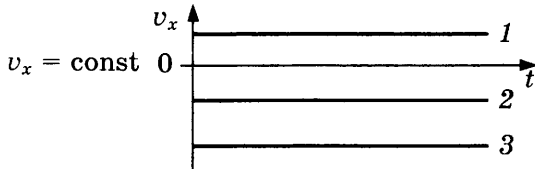
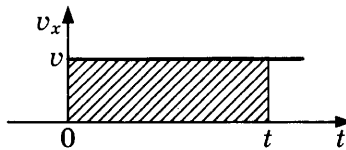


График скорости при равномерном прямолинейном движении — прямая, параллельная оси времени (1, 2, 3).

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.

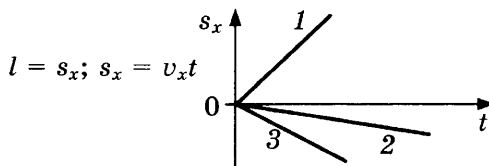


График проекции перемещения при равномерном прямолинейном движении — прямая, выходящая из начала координат (1, 2, 3).

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:

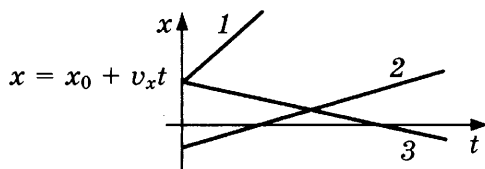


График координаты при равномерном прямолинейном движении — прямые (1, 2, 3).

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. Это время и координата встречи этих тел.

Относительность механического движения

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

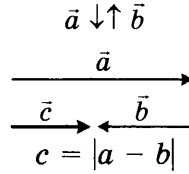
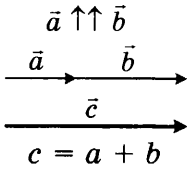
Правило сложения перемещений. Векторная сумма перемещений

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

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

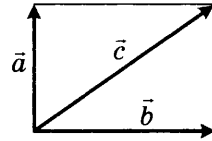
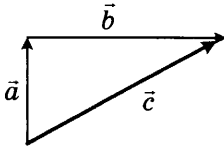
Сложение векторов, направленных вдоль одной прямой:



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

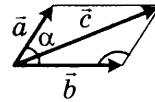
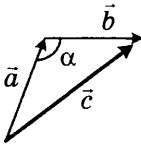
Правило треугольника

Правило параллелограмма



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

Сложение векторов, расположенных под углом α друг к другу:



По теореме косинусов

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

По теореме косинусов

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

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).

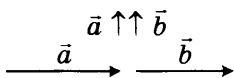
Относительная скорость. Векторная разность скоростей:

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

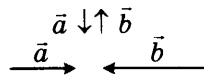
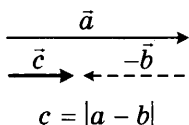
где $\vec{v}_{\text{отн}}$ — скорость первого тела относительно второго (относительная скорость); \vec{v}_1 — скорость первого тела; \vec{v}_2 — скорость второго тела.

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

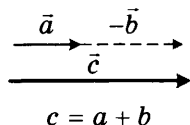
Вычитание векторов, направленных по одной прямой:



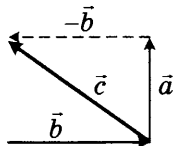
Построение:



Построение:

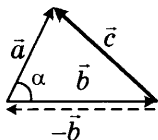


Вычитание векторов, перпендикулярных друг другу ($\vec{a} \perp \vec{b}$):



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:

$$v_{\text{сп}} = \frac{l}{t},$$

где l — весь путь; t — все время.

Средняя векторная скорость:

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

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

Средняя скалярная скорость и модуль средней векторной скорости:

$$v_{\text{сп}} \geq |\vec{v}_{\text{сп}}|.$$

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:

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

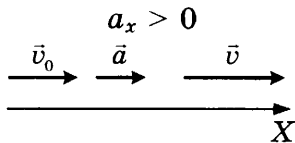
В проекциях на ось OX :

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

Измерительный прибор — *акселерометр*.

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

при разгоне



при торможении

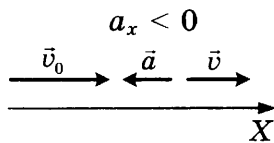


График ускорения — зависимость проекции ускорения от времени:

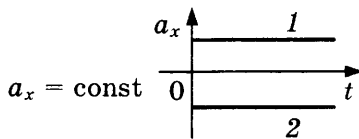


График ускорения при *равноускоренном прямолинейном движении* — прямая, параллельная оси времени (1, 2).

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.

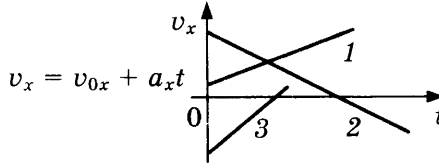


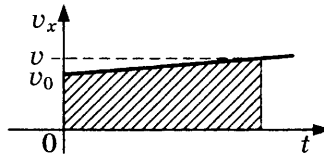
График скорости при *равноускоренном прямолинейном движении* — прямая (1, 2, 3).

Если график располагается над осью времени (1), 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 -ю 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:

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

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 -ю 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:

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

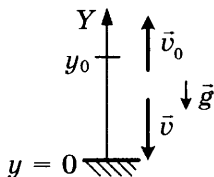
Модуль перемещения тела:

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

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

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

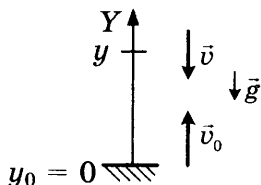
Уравнение скорости: $-v = v_0 - gt_{\text{пад}}$.



Тело подбросили от земли и поймали на некоторой высоте.

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

Уравнение скорости: $-v = v_0 - gt$.



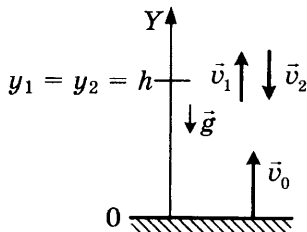
Тело подбросили от земли, на одной и той же высоте оно побывало дважды.

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

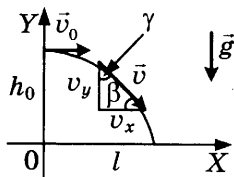
Уравнение координаты при спуске: $y_2 = v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2}$.

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

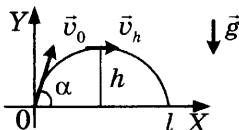
Мгновенная высота: $y = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2}$, $y = h_0 - \frac{gt^2}{2}$.

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

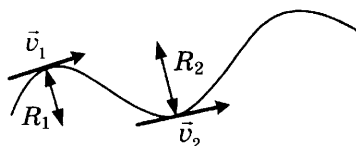
Наибольшая высота подъема: $h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$.

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

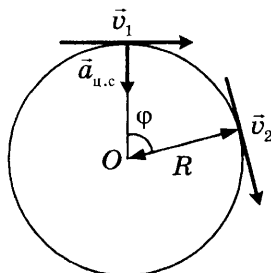
Уравнение траектории: $y(x) = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$.

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:

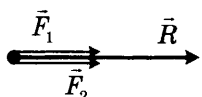
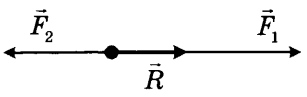
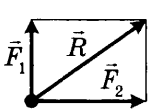
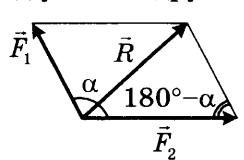
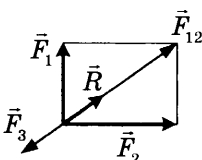
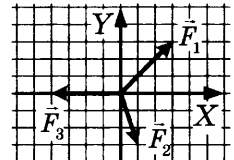
$$1 \text{ т} = 1000 \text{ кг}, 1 \text{ ц} = 100 \text{ кг}, 1 \text{ г} = 0,001 \text{ кг}.$$

Сила \vec{F} (Н) — количественная характеристика действия одного тела на другое. Сила — *векторная величина*, которая имеет числовое значение; направление в пространстве; точку приложения. Точка приложения равнодействующей всех сил тяжести, приложенных ко всем точкам тела, называется *центром 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	$\Sigma \vec{F}_i = \vec{0}$
Второй закон Ньютона		
Тело движется с ускорением <i>Всегда</i> $\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{F}$ или $\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{R}$	<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 $\vec{R} = \Sigma \vec{F}_i$
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).

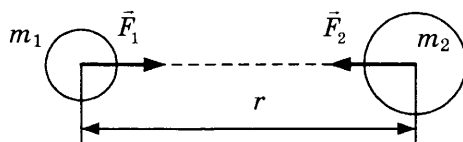
Закон всемирного тяготения выполняется для материальных точек и сферических тел.

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:

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

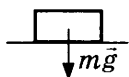
где $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$ — гравитационная постоянная, численно равная силе гравитационного притяжения двух тел массой по 1 кг каждое, находящихся на расстоянии 1 м одно от другого; r — расстояние между центрами тел.

Сила всемирного тяготения направлена по линии, соединяющей центры тел.

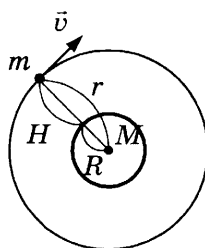


Сила тяжести

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, когда орбита находится над поверхностью планеты, 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, при $H = 0$.

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		$a_{ц.с.} = g$ $\frac{GMm}{(R+H)^2} = mg$	$a_{ц.с.} = \frac{v^2}{R}$ $\frac{GM}{R^2} = \frac{v_1^2}{R}$	$a_{ц.с.} = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$ $\frac{GMm}{(R+H)^2} = \frac{m4\pi^2(R+H)}{T^2}$	$a_{ц.с.} = \omega^2 r$ $\frac{GMm}{(R+H)^2} = m\omega^2(R+H)$	$a_{ц.с.} = 4\pi^2 \nu^2 r$ $\frac{GMm}{(R+H)^2} = m4\pi^2 \nu^2 (R+H)$
На высоте $H \neq 0$; $r = R + H$	$F_{тяж} = \frac{GMm}{(R+H)^2} = \frac{GMm}{r^2}$	$g = \frac{GM}{(R+H)^2} = \frac{GM}{r^2}$	$v = \sqrt{\frac{GM}{R+H}} = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ $v_1 = \sqrt{\frac{2\pi GM}{T}}$	$T = 2\pi \sqrt{\frac{(R+H)^3}{GM}}$ $= 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$	$\omega = \sqrt{\frac{GM}{(R+H)^3}} = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$	$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{GM}{(R+H)^3}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$
На поверхности планеты $H=0$	$F_{тяж} = mg_0 = \frac{GMm}{R^2}$	$g_0 = \frac{GM}{R^2}$	$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}}$	$T = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}}$	$\omega = \sqrt{\frac{GM}{R^3}}$	$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{GM}{R^3}}$
С учетом плотности планеты $H=0$; $M = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$		$g_0 = \frac{4}{3}G\rho R$	$v_1 = 2R \sqrt{\frac{G\rho\pi}{3}}$	$T = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$	$\omega = 2 \sqrt{\frac{G\rho\pi}{3}}$	$\nu = \sqrt{\frac{G\rho}{3\pi}}$
Если не указана масса планеты, то $GM = g_0 R^2$			$v_1 = \sqrt{\frac{g_0 R^2}{R}} = \sqrt{g_0 R}$	$T = 2\pi \sqrt{\frac{(R+H)^3}{g_0 R^2}} = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{g_0 R^2}}$	$\omega = R \sqrt{\frac{g_0}{r^3}}$	$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g_0 R^2}{r^3}}$
Для Земли		$g_0 = 9,8 \text{ м/с}^2 \approx 10 \text{ м/с}^2$	$v_1 = 7,9 \text{ км/с}$	$T = 24 \text{ ч} = 86400 \text{ с}$ $T_{\text{спутника}} = T_{\text{планеты}}$		

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):

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

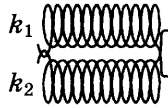
Экспериментальный факт: $\sigma = E\varepsilon$,

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

Жесткость пружины k (Н/м):

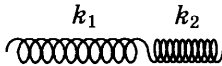
$$k = \frac{ES}{l_0}.$$

Параллельное соединение пружин:



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

Последовательное соединение пружин:



$$\frac{1}{k_{\text{посл}}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2},$$

$$x = x_1 + x_2, F = F_1 = F_2.$$

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.

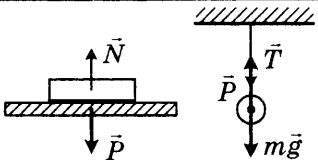
Жидкое трение (сила сопротивления) возникает при движении в жидкостях и газах. Направление жидкого трения противоположно скорости движения ($\vec{F}_{\text{сопр}} \uparrow \downarrow \vec{v}$). Особенности: жидкое трение зависит от формы тел.

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: $\vec{p} = \Sigma \vec{p}_i$.

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

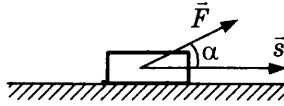
векторная сумма импульсов тел
после взаимодействия

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.

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

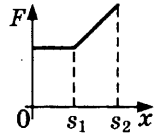
Условия совершения механической работы

- 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) :

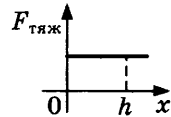
$$A = S_{\text{фиг}}.$$



Работа силы тяжести:

$$A = S_{\text{прям}},$$

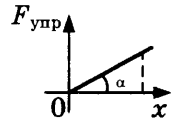
$$A = mgh.$$



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 тела, поднятого над Землей:

$$E = mgh.$$

Примеры потенциальной энергии в механике.

Тело поднято над землей: $E_{\text{п}} = mgh$,

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

Упруго деформированное тело: $E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2}$,

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).

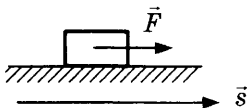
Обозначение: N (в механике) или P (в других разделах)

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

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:



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

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

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

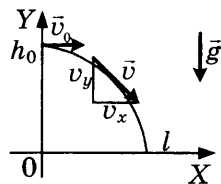
1. Свободное падение (движение по вертикали):

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

2. Горизонтальный бросок:

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

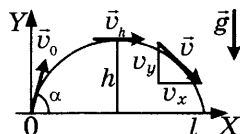
где $v_x = v_0$ и $v_y = -gt$.



3. Бросок под углом к горизонту:

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

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



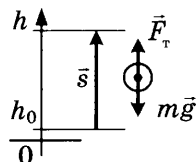
Работа и изменение потенциальной энергии тела, поднятого над землей. Вывод формулы из определения механической работы:

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

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

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

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



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

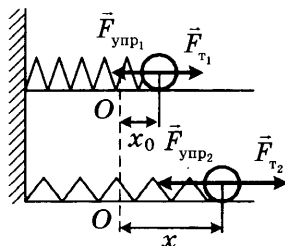
$$A = F s \cos \alpha,$$

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

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

$$s = x - x_0,$$

$$A = \frac{kx^2}{2} - \frac{kx_0^2}{2} = \Delta E_{\text{II}}.$$



Закон сохранения механической энергии

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

$$E = E_K + E_{\text{II}}.$$

Закон сохранения механической энергии: полная энергия замкнутой системы сохраняется.

$$E_{\text{кo}} + E_{\text{пo}} = E_{\text{к}} + E_{\text{п}}.$$

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:

$$\frac{m_1v_1^2}{2} = \frac{m_1v'^2_1}{2} + \frac{m_2v'^2_2}{2}.$$

Центральный удар. Если удар **центральный**, то направления 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:

$$\frac{m_1v_1^2}{2} = \frac{m_1v'^2_1}{2} + \frac{m_2v'^2_2}{2}.$$

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

$$E_0 - E = Q, \quad E_{\text{к.о}} + E_{\text{п.о}} = E_{\text{к}} + E_{\text{п}} + Q,$$

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

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

Изменение механической энергии внешними силами. Неупругий удар:

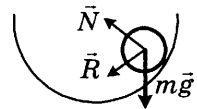
$$E - E_0 = A(F_{\text{внешн}}) + A(F_{\text{тр}}).$$

1.4. Статика

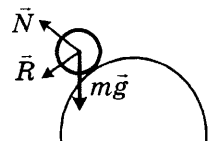
Статика изучает условия равновесия тел.

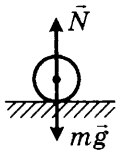
Виды равновесия

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



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



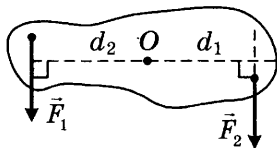


Безразличное равновесие. При выведении тела из состояния безразличного равновесия дополнительных сил не возникает.

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

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

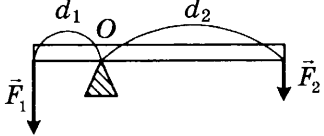
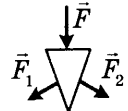
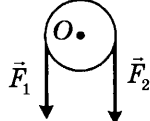
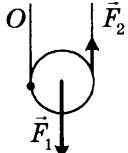
Тело не участвует во вращательном движении, если

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

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 тяготения 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:

$$p = \rho_{\text{ж}}gh,$$

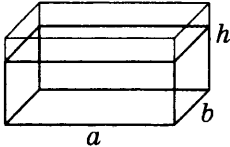
где h — высота столба жидкости (глубина).

Сила давления:

$$F = pS.$$

Сила давления на дно сосуда:

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

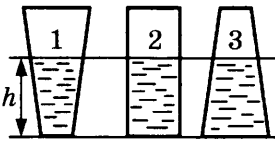


Сила давления на боковую грань аквариума:

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

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 ($F = pS$):

$$F_1 < F_2 < F_3.$$

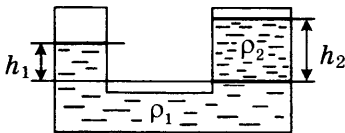
Сообщающиеся сосуды

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;
- ни один из сосудов не является капилляром;
- в жидкостях нет пузырьков с воздухом.

Давление столбов жидкости на одном уровне одинаково:



$$p_1 = p_2,$$

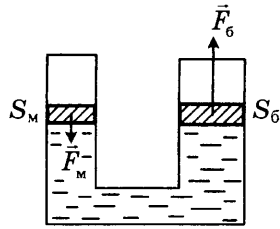
$$\rho_1 gh_1 = \rho_2 gh_2,$$

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

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):

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

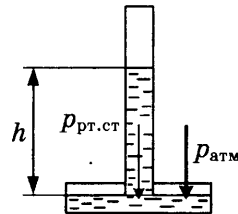
Атмосферное давление

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 также 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; $\rho_{\text{рт}} = 13\,600 \text{ кг/м}^3$ — плотность ртути; $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ — ускорение свободного падения; h (м) — высота ртутного столба.

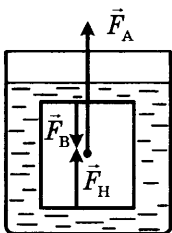
Единицы измерения давления:

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

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: $F_A = F_H - F_B$.

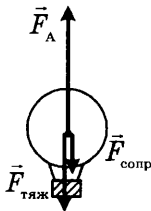
Архимедова сила равна разности веса тела в воздухе и веса тела в жидкости: $F_A = P_{\text{возд}} - P_{\text{ж}}$.

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

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

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, погруженное 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 — $mg > F_A$; $\rho_t > \rho_{ж}$,

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

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

Если тело состоит из двух веществ, то

$$F_A = \rho_{ж}(V_1 + V_2)g,$$

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

Вес в гидростатике

Вес тела в воздухе:

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

$$P_0 = mg = \rho_t V_t g.$$

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

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

Вес тела в жидкости:

$$P_{ж} = P_0 - F_A,$$

$$P_{ж} = mg - F_A,$$

$$P_{ж} = \rho_t V_t g - \rho_{ж} V_{п.ч} g.$$

Вес корабля:

$$P = F_A = \rho_{ж} V_{п.ч} g.$$

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

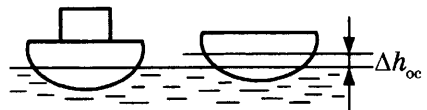
Ватерлиния — наибольшая допустимая осадка, отмеченная на корпусе судна.

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

Вес груза, снятого с корабля:

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

где $\Delta h_{ос}$ — 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).

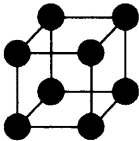
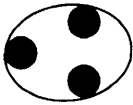
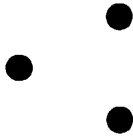
2. Между молекулами есть *промежутки*; при нагревании они увеличиваются, а при охлаждении уменьшаются. (Объем смеси воды и спирта меньше, чем сумма объемов воды и спирта до соединения.) У воды при охлаждении до $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже промежутки между молекулами увеличиваются.

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:

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

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

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

$V(\text{м}^3)$ — объем 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 (кг) — масса газа,
 \bar{v}^2 (м²/с²) — среднее значение квадрата скорости,
 $v = \sqrt{\bar{v}^2}$ (м/с) — квадратичная скорость,
 \bar{E}_k (Дж) — среднее значение кинетической энергии,
 $E = N\bar{E}_k$ (Дж) — полная энергия поступательного движения молекул,
 T (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 объем к его абсолютной температуре остается величиной постоянной:*

$$\frac{pV}{T} = \text{const} \quad \text{или} \quad \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}.$$

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 изо процессов

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:

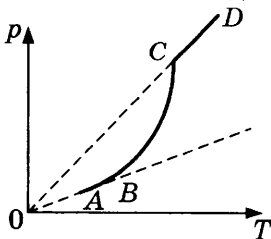
- 1) температуры жидкости (больше или меньше «быстрых» молекул);
- 2) рода жидкости (сильнее или слабее взаимодействие между молекулами);
- 3) наличия воздушных потоков;
- 4) влажности воздуха;
- 5) площади открытой поверхности.

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 (%):

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

где ρ (кг/м³) — 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 (кг/м³) — это плотность водяного пара:

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

где m (кг) — масса водяного пара; V (м³) — объем 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:

$$U = \sum E_{\text{к0}} + \sum E_{\text{п0}},$$

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 остается неизменной;

$\sum E_{\text{пот}}(r)$ — потенциальная энергия молекул, которая зависит от промежутков между молекулами. Она изменяется при изменении температуры и объема. 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 еще 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 $(t_k - t_n)$ (°С, К) — изменение температуры вещества; t_n (°С, К) — начальная температура вещества; t_k (°С, К) — конечная температура вещества; m (кг) — масса вещества; c (Дж/(кг · К)) — удельная теплоемкость вещества показывает, какое количество теплоты необходимо затратить, чтобы нагреть 1 кг данного вещества на 1 К (или на 1 °С).

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

где $C = cm$ (Дж/К) — теплоемкость вещества,

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

где $c_\mu = \frac{Q}{\nu \Delta T}$ (Дж/(моль · К)) — молярная теплоемкость.

Сгорание топлива: $Q = qm$,

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

$$Q = q_V V,$$

где q_V (Дж/м³) — теплота сгорания газа, показывающая, какое количество теплоты выделится при полном сгорании 1 м³ данного газа.

Агрегатные (фазовые) переходы

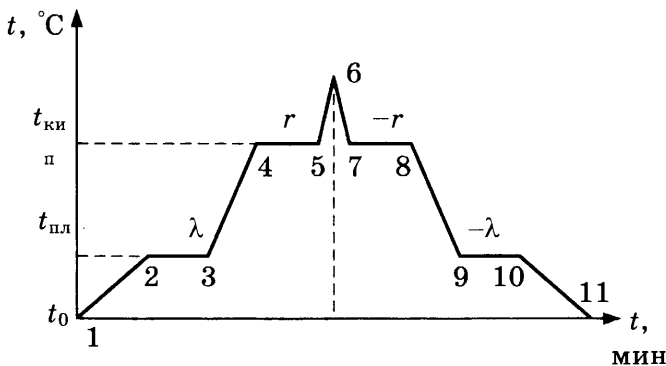
Плавление — переход вещества из твердого состояния в жидкое. Плавление каждого вещества происходит при определенной температуре, которую называют *температурой плавления*. Все подводимое тепло идет на разрушение кристаллической решетки, при этом увеличивается потенциальная энергия молекул. Кинетическая энергия остается без изменений, и температура в процессе плавления не изменяется: $Q = \lambda m$, где λ (Дж/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	$Q = c_t m(t_{пл} - t_0)$
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

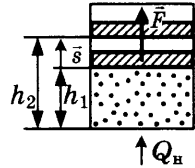
Если газ, находящийся под поршнем, нагреть, то, расширяясь, он поднимет поршень, т. е. совершит механическую работу.

Изобарное расширение газа:

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

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

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



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

Изобарное нагревание газа:

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

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

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

Газ находится под массивным поршнем и медленно расширяется:

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

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:

$$U = \sum E_{k_0} = NE_{k_0} = \frac{mN_A}{M} \cdot \frac{ikT}{2} = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{M} RT = \frac{i}{2} \nu RT = \frac{i}{2} pV,$$

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

Число 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	$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{i}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$

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 и

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

Количество теплоты — от изменения температуры и количества газа: $Q = \nu c \Delta T$.

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

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

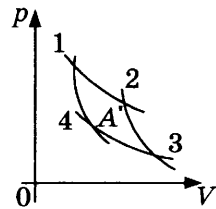
Тепловые машины — устройства, в которых за счет внутренней энергии топлива совершается механическая работа. Чтобы тепловая машина работала циклически, необходимо, чтобы часть энергии, полученной от нагревателя, она отдавала холодильнику.

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:

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

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

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

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.

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:*

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

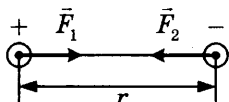
где $|q_1|$ (Кл) и $|q_2|$ (Кл) — модули зарядов, r (м) — расстояние между зарядами, k — коэффициент пропорциональности, который численно равен силе взаимодействия между двумя точечными зарядами по 1 Кл, находящимися на расстоянии 1 м друг от друга:

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

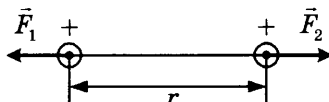
$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2 / (\text{Н} \cdot \text{м}^2)$ — электрическая постоянная.

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) — векторная величина, 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:

$$W = \frac{kq_1q_2}{r},$$

в среде:

$$W = \frac{kq_1q_2}{\epsilon r}.$$

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:

$$\varphi = \frac{W}{q_0},$$

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:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_{12}}{q},$$

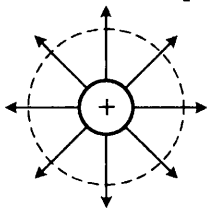
где A_{12} — работа электрических сил по перемещению заряда из точки 1 в точку 2.

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

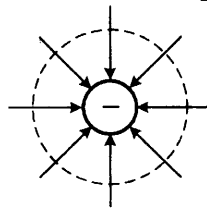
тел и обычно повторяют их форму. Эквипотенциальные поверхности перпендикулярны силовым линиям.

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 $E_{\text{сп}} = \frac{E_{\text{вак}}}{\epsilon} = \frac{kQ}{\epsilon r^2}$.

Сила Кулона $\vec{F} = q\vec{E}$.

Потенциал:

1) не зависит от значения пробного заряда q_0

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

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

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

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.

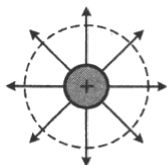
$$\vec{R} = \Sigma \vec{F}_i, \text{ где } F_i = \frac{kq_1q_2}{r_i^2}.$$

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

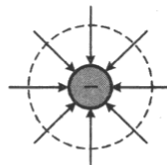
$$\vec{E} = \Sigma \vec{E}_i, \text{ где } E_i = \frac{kq_i}{r_i^2}.$$

Электростатическое поле заряженной сферы

Положительно заряженная
сфера $+Q$



Отрицательно заряженная
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

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

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

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

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

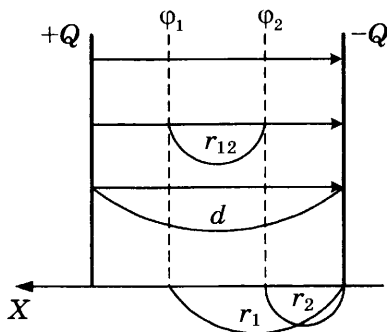
$$\text{Потенциальная энергия: } W = \frac{C\varphi^2}{2} = \frac{\varepsilon R\varphi^2}{2k}.$$

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.

$$\text{Потенциал: } \varphi = Er.$$

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

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

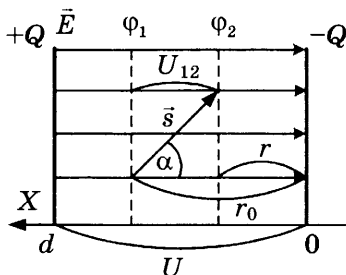
Эквипотенциальные поверхности — плоскости, параллельные заряженным пластинам.

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

Работа однородного электрического поля

Механическая работа: $A = F s \cos \alpha$,

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:

$$A = \pm q (\varphi_1 - \varphi_2) = \pm q U_{12},$$

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.

Емкость конденсатора. Емкость плоского конденсатора C (Ф):

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

где $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2 / (\text{Н} \cdot \text{м}^2)$; ϵ — диэлектрическая проницаемость среды, S (м^2) — площадь каждой пластины.

У воздушного конденсатора $\epsilon = 1$.

Емкость конденсатора:

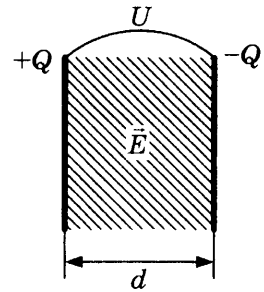
$$C = \frac{Q}{U} \text{ или } C = \frac{q}{U}.$$

Емкость 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	$q = q_1 = q_2$	$q = q_1 + q_2$
Емкость	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$	$C = C_1 + C_2$

4.2. Постоянный ток

Электрический ток в металлах

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



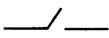


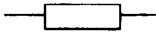
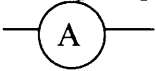
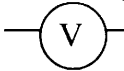
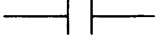
Условия существования электрического тока:

- 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:

<p>Источник тока</p> 	<p>Лампа</p> 	<p>Ключ</p> 
<p>Соединительный провод</p> 	<p>Пересечение соединительных проводов</p> 	<p>Резистор</p> 
<p>Амперметр</p> 	<p>Вольтметр</p> 	<p>Конденсатор</p> 

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, q_e — заряд электрона.

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.

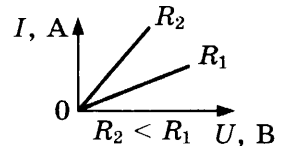
Зависимость сопротивления проводника от температуры:

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

где R_0 — сопротивление при 0 °С; $\alpha \left(\frac{1}{\text{К}} = \frac{1}{^\circ\text{C}} \right)$ — 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 ($R \rightarrow 0$):

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

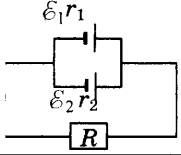
Напряжение на внешней цепи (напряжение на клеммах источника, падение напряжения на внешней цепи):

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

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:

$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$ Если  , то $+\mathcal{E}$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$ Если  , то $-\mathcal{E}$
--	--

Работа и мощность электрического тока

Работа и энергия электрического тока:

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

Закон Джоуля—Ленца: $Q = I^2 R t$.

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):

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

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:

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

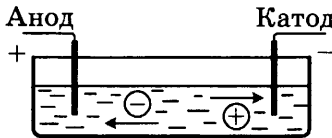
Полная мощность:

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

**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:

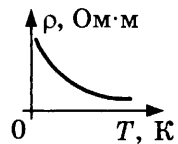
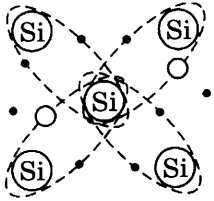
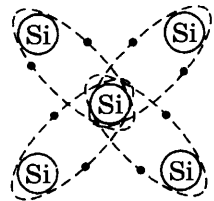
$$q_e = \frac{A_r \cdot 10^{-3}}{m N_A n} It.$$

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

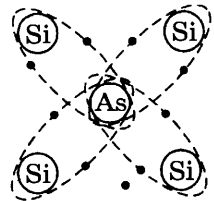
Собственная проводимость полупроводников — электронно-дырочная. При низкой температуре все электроны участвуют в создании ковалентных связей, свободных электронов нет. Полупроводник ведет себя как диэлектрик.

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.

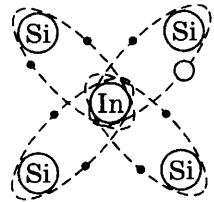
Зависимость удельного сопротивления полупроводников от температуры и внешнего излучения.



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 устанавливают 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 счет 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):

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

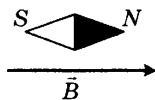
где μ — магнитная проницаемость среды (если в тексте задачи среда не указана, то $\mu = 1$); $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м — магнитная

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

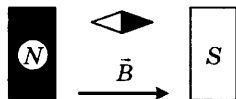
Способы определения направления вектора магнитной индукции (или напряженности).

1. С помощью постоянных магнитов:

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

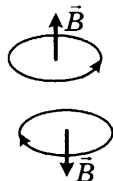


- 2) в пространстве между полюсами постоянного магнита вектор магнитной индукции \vec{B} выходит из северного полюса.



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.



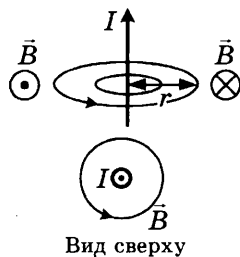
Обозначение направлений векторов:

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.

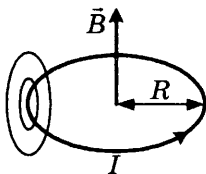
Вектор магнитной индукции на расстоянии r от оси проводника:

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

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.

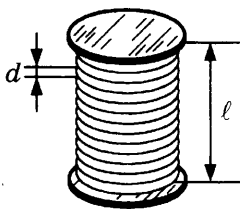
Вектор магнитной индукции в центре витка, радиус которого R :

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

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 ($N = \frac{\ell}{d}$ — 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:

$$B = \frac{\mu\mu_0 I N}{\ell} = \frac{\mu\mu_0 I}{d},$$

а напряженность:

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

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:

$$F_L = \frac{F_A}{N} = \frac{BIl \sin \alpha}{nV} = \frac{BqnvSl \sin \alpha}{nls} .$$

Модуль силы Лоренца: $F_L = qvB \sin \alpha$.

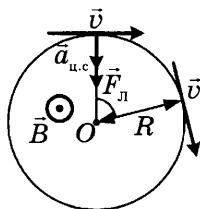
Направление силы Лоренца определяется по *правилу левой руки*:

- 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.

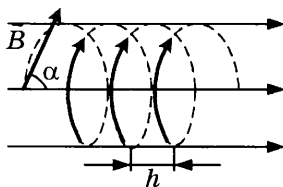
Заряженная частица в магнитном поле. В магнитном поле на частицу действует сила Лоренца. Характер движения зависит от направления скорости частицы и вектора магнитной индукции.

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.



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

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

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.

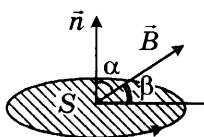
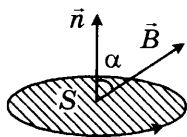
Заряженная частица в электрическом и магнитном полях:

	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 направление	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 ускорение	$a = \sqrt{a_E^2 + a_B^2}$	

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).

<p style="text-align: center;">Для одного витка</p> $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Phi_0 - \Phi}{\Delta t}$ $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta B}{\Delta t} S \cos \alpha = \frac{B_0 - B}{\Delta t} S \cos \alpha$ $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta S}{\Delta t} B \cos \alpha = \frac{S_0 - S}{\Delta t} B \cos \alpha$ $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta \cos \alpha}{\Delta t} BS = \frac{\cos \alpha_0 - \cos \alpha}{\Delta t} BS$		<p style="text-align: center;">Для N витков</p> $\mathcal{E}_i = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ $\mathcal{E}_i = -N \frac{\Delta B}{\Delta t} S \cos \alpha$ $\mathcal{E}_i = -N \frac{\Delta S}{\Delta t} B \cos \alpha$ $\mathcal{E}_i = -N \frac{\Delta \cos \alpha}{\Delta t} BS$
---	--	---

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:

$$\mathcal{E}_i = Bv\ell \sin \alpha.$$

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:

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

Энергия магнитного поля:

$$W_{\text{м}} = \frac{LI^2}{2}.$$

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. 1. Для начала свободных колебаний достаточно вывести систему из положения равновесия, т. е. сообщить ей дополнительную механическую энергию. 2. Свободные механические колебания из-за трения являются затухающими</p>	<p>В электрических цепях возможны свободные колебания, если сопротивление пренебрежимо мало (например, при сверхпроводимости). 1. Для начала свободных электромагнитных колебаний достаточно сообщить заряд конденсатору, т. е. передать колебательной системе электрическую энергию. 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.

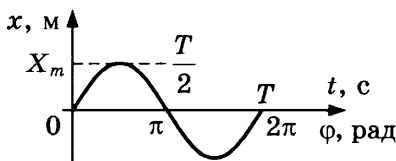
Закон гармонических электромагнитных колебаний:

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

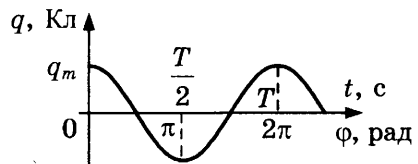
где q — мгновенное значение заряда на конденсаторе, q_m — амплитуда заряда, $\varphi = \omega t + \varphi_0$ — фаза колебаний, φ_0 — начальная фаза колебаний, ω — циклическая частота.

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:

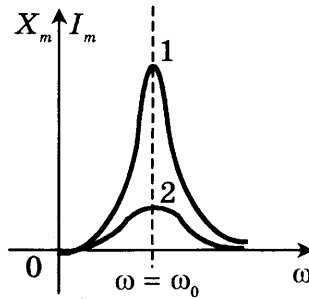
Общие формулы	Математический маятник	Пружинный маятник	Электрический контур
Период			
$T = \frac{t}{N} = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{\omega}$	$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{a_{\text{полн}}}}$	$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	$T = 2\pi\sqrt{LC}$
Частота			
$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T}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

Вынужденные колебания

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

<p>Амплитуда во время резонанса в первой колебательной системе увеличивается больше, так как трение в ней меньше, чем во второй системе:</p> $F_{\text{тр}1} < F_{\text{тр}2}$	<p>Амплитуда тока во время резонанса в первом электрическом контуре увеличивается больше, так как сопротивление в нем 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:

$$I_{\text{д}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}.$$

Действующее (эффективное) значение напряжения:

$$U_{\text{д}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}.$$

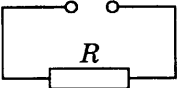
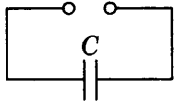
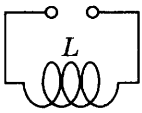
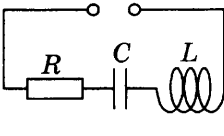
Закон Ома для действующих значений:

$$I_{\text{д}} = \frac{U_{\text{д}}}{Z}.$$

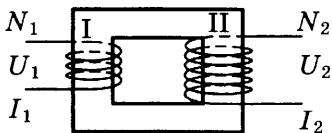
Закон Джоуля—Ленца:

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

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:

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

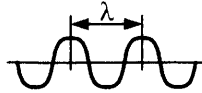
Повышающий трансформатор $k < 1$, а понижающий трансформатор $k > 1$.

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

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 a horizontal axis labeled \vec{B} and a vertical axis labeled \vec{E}. A diagonal vector labeled \vec{v} originates from the origin, pointing into the first quadrant. The vectors \vec{E}, \vec{B}, and \vec{v} are mutually perpendicular.</p>

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

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:

$$N = \frac{T_{зв}}{T_{нес}}$$

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

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
Видимый свет 390 нм λ <math>< 770</math> 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.

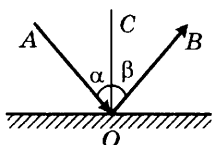
Законы геометрической оптики

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 .*



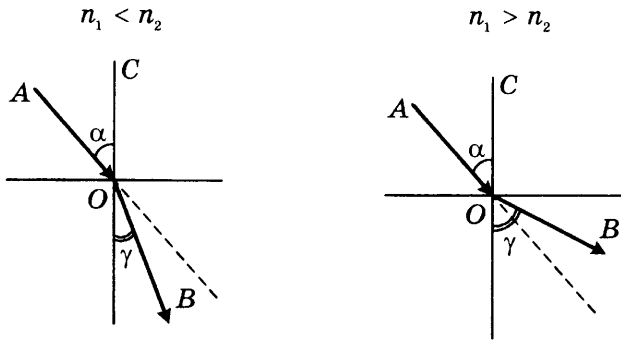
Закон отражения объясняет получение изображения в зеркале, устройство перископа.

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.*

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

где α — угол падения, γ — угол преломления; n_1 — абсолютный показатель преломления, v_1 — скорость света и λ_1 — длина волны в первой среде; v_2 — скорость света и λ_2 — длина волны во второй 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.

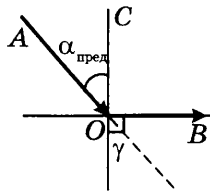


Если луч переходит из оптически менее плотной среды в оптически более плотную, то он отклоняется к перпендикуляру и $\alpha > \gamma$.

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

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.



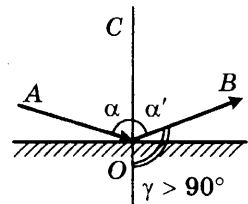
Наступает такой момент, когда угол преломления становится равным 90° . Угол падения, при котором угол преломления равен 90° , называют *предельным*:

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

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:

$$\alpha = \alpha',$$

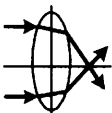
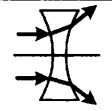

$$\alpha' + \gamma = 180^\circ.$$



Линзы

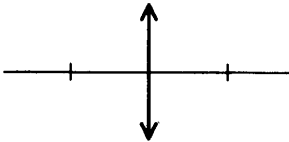
Линзы — прозрачные, обычно стеклянные тела, ограниченные двумя сферическими поверхностями.

Виды линз:

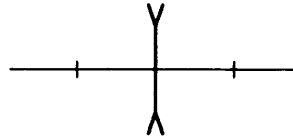
	<p>Двояковыпуклые линзы: лупа, объектив фотоаппарата, хрусталик глаза. Собирают лучи, если находятся в оптически менее плотной среде.</p>
	<p>Двояковогнутые линзы рассеивают лучи, если находятся в оптически менее плотной среде.</p>
	<p>Выпукло-вогнутые линзы обладают и рассеивающими, и собирающими свойствами.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

Условные обозначения тонких линз:

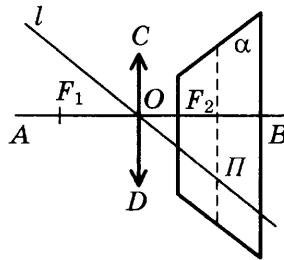
Собирающая линза



Рассеивающая линза



Собирающая линза:



AB — главная оптическая ось,

CD — положение линзы,

O — оптический центр линзы,

F_1, F_2 — фокусы линзы,

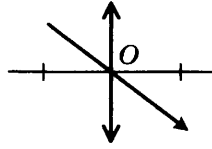
α — фокальная плоскость, проходит через фокус перпендикулярно AB ,

l — побочная оптическая ось, проходит через оптический центр,

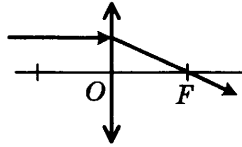
Π — побочный фокус линзы — точка пересечения побочной оптической оси и фокальной плоскости.

Ход лучей в собирающей линзе:

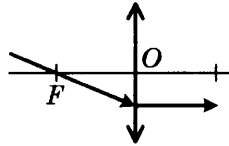
- 1) Лучи, проходящие через оптический центр линзы, не преломляются.



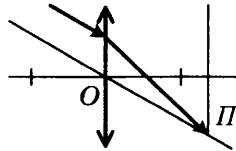
- 2) Лучи, параллельные главной оптической оси, после преломления в собирающей линзе проходят через фокус.



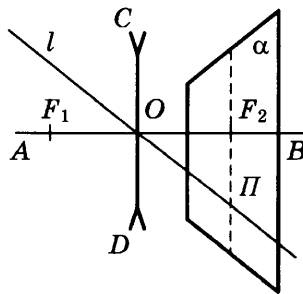
- 3) Лучи, проходящие через фокус, после преломления в собирающей линзе пойдут параллельно главной оптической оси.



- 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,

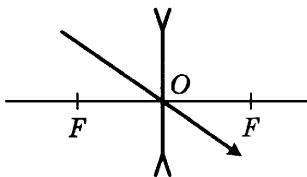
α — фокальная плоскость, проходит через фокус перпендикулярно AB ,

l — побочная оптическая ось, проходит через оптический центр,

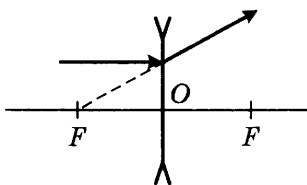
Π — побочный фокус линзы — это точка пересечения побочной оптической оси и фокальной плоскости.

Ход лучей в рассеивающей линзе:

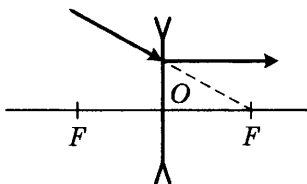
- 1) Лучи, проходящие через оптический центр линзы, не преломляются.



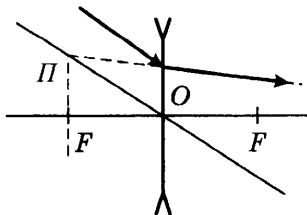
- 2) Лучи, параллельные главной оптической оси, после преломления в рассеивающей линзе выходят из фокуса.



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



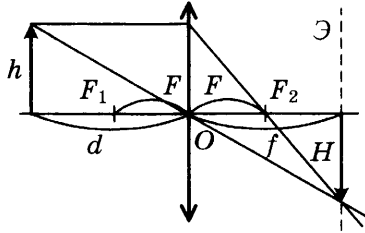
- 4) Лучи, параллельные побочной оптической оси, выходят из побочного фокуса.



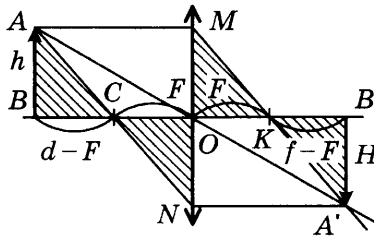
Формула тонкой линзы

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

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:

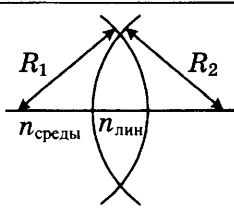
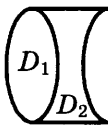
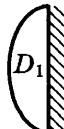
$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} = \frac{F}{d-F} = \frac{f-F}{F}.$$

Линейное увеличение через площади предмета и изображения:

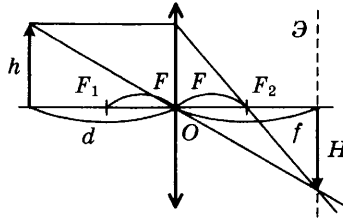
$$\Gamma = \sqrt{\frac{S_{\text{изображения}}}{S_{\text{предмета}}}}.$$

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: $+d$.

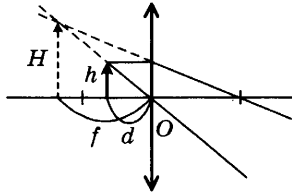
Знак расстояния от линзы до изображения: $+f$.

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: $+d$.

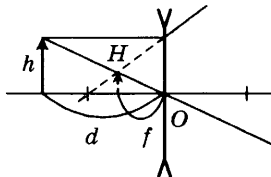
Знак расстояния от линзы до изображения: $-f$.

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: $d - f$.

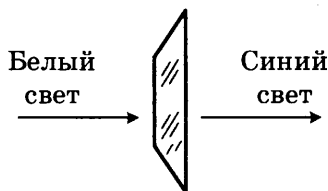
Увеличение линзы: $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} < 1$.

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 все поглощает, а белого отражает все длины волн.

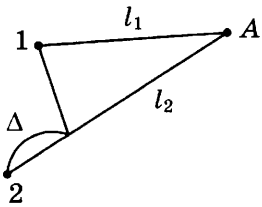
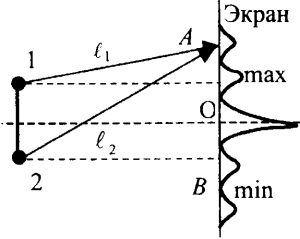
Цвет тел также зависит от цвета падающего света. Лучше всего это наблюдать, освещая белые предметы через разные светофильтры.

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 Δ (м)</p> $\Delta = l_2 - l_1 $	
 <p>В точке A происходит наложение двух волн (<i>интерференция</i>).</p> <p>Если гребень одной волны наложится на гребень другой, то произойдет усиление колебаний точки A (<i>область максимума колебаний</i>).</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p><i>Область минимума</i>: «свет + свет = темнота»</p>

Условия максимума и минимума интерференции.

Условие максимума (волны приходят в фазе):

$$\Delta = n\lambda .$$

Условие минимума (волны приходят в противофазе):

$$\Delta = (2n + 1)\frac{\lambda}{2} .$$

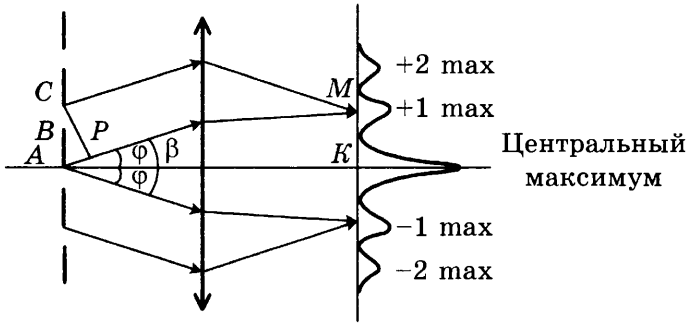
Дифракция.

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 -го 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.

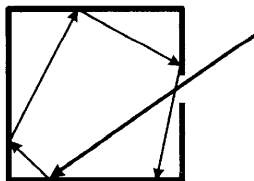
Следствия из теории относительности Эйнштейна (*релятивистские эффекты*):

<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.

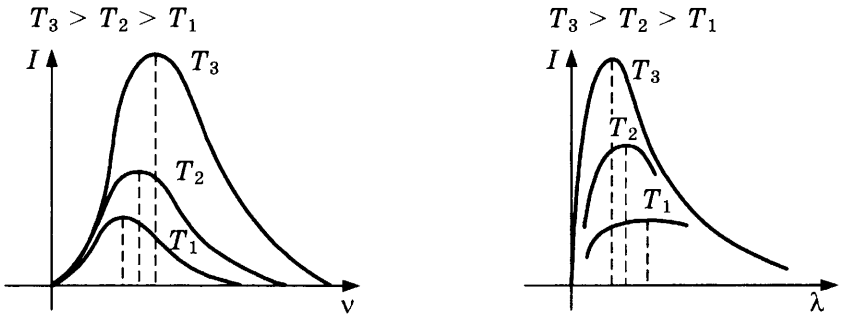


Модель абсолютно черного тела

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 °С) соответствует красный цвет, более нагретым (6000 °С) — желтый, самым горячим — голубой (10 000 °С).

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).

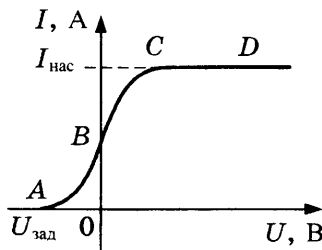
Для объяснения этой зависимости ученые предположили, что энергия излучается порциями (квантами). Энергия кванта пропорциональна частоте (или обратно пропорциональна длине волны):

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda},$$

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 (А. 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	$E_0 = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = m_0 c^2$
Масса фотона	$m_0 = \frac{E_0}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$
Импульс фотона	$p_0 = m_0 c = \frac{E_0}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$
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	$p = 2m_0 c = 2 \frac{E_0}{c} = 2 \frac{h\nu}{c} = 2 \frac{h}{\lambda}$
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».

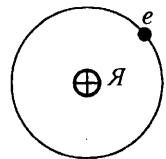
По мнению Томсона, весь атом заполнен положительным зарядом, а в него, как изюминки, вкраплены электроны.



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:

$$h\nu = \frac{hc}{\lambda} = E_n - E_k.$$

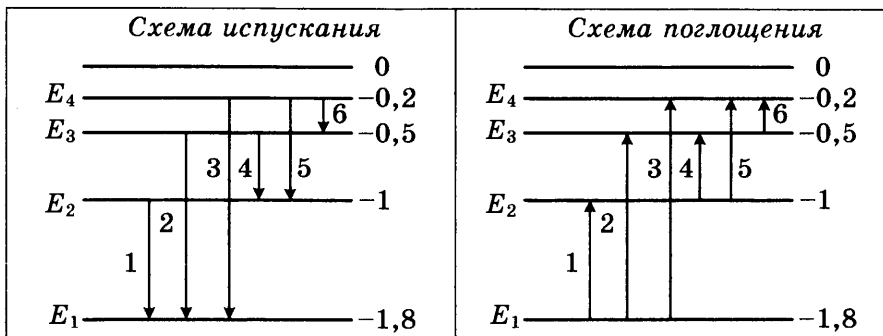
Элементарная боровская теория атома водорода:

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	$E_{\text{п}} = -\frac{kq_1 q_2}{r} = -\frac{q_e^2}{4\pi\epsilon_0 r} = -\frac{m_e q_e^4}{4\epsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{n^2}$
Полная энергия	$E = E_k + E_{\text{п}} = -\frac{q_e^2}{8\pi\epsilon_0 r} = -\frac{m_e q_e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{n^2}$
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 вероятностей. 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.

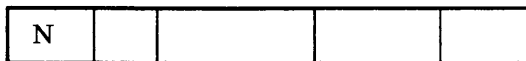
Спектральный анализ — исследование спектров от различных источников.

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.



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.




<p>Протон</p> $q_p = q_e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ $m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$	<p>Нейтрон</p> $q_n = 0$ $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
---	--

Обозначение химического элемента ${}_Z^AX$, 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

${}_1^1\text{H}$	${}_2^4\text{He}$	${}_3^7\text{Li}$
		

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 ${}_1^2\text{H}$	Тритий ${}_1^3\text{H}$
 <p>$N = 0$</p>	 <p>$N = 1$</p>	 <p>$N = 2$</p>

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:

$$E_{\text{св}} = \Delta mc^2 \text{ (эВ),}$$

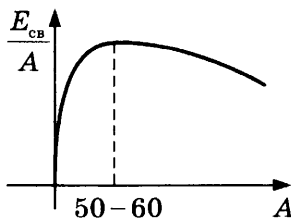
$$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

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 или магнитное 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

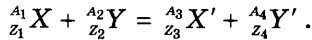
Закон радиоактивного распада:

$$N = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T}}} \text{ или } m = \frac{m_0}{2^{\frac{t}{T}}},$$

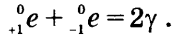
где $N(t)$ — число (масса) *нераспавшихся* ядер в момент времени t , N_0 (m_0) — начальное число (первоначальная масса) *нераспавшихся* ядер; T — период полураспада.

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:



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.

ГЛАВА II. ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ

ИНСТРУКЦИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из двух частей, включающих в себя 32 задания.

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20, ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведенному ниже образцу в бланк ответа № 1. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

Ответ: –2,5 м/с.

-	2	,	5																
---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ответом к заданиям 5–7, 11, 12, 16–18, 21, 23 и 24 является последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведенному ниже образцу без пробелов, запятых и других дополнительных символов в бланк ответов № 1.

Ответ:

А	Б
4	1

4	1																		
---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ответом к заданию 13 является слово. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведенному ниже образцу в бланк ответов № 1.

Ответ: Вправо

В	П	Р	А	В	О														
---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ответом к заданиям 19 и 22 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведенным ниже образцам, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

Заряд ядра Z	Массовое числ ядра A
38	94

3	8	9	4																
---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ответ: (1,4 ± 0,2) Н.

1	,	4	0	,	2														
---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ответ к заданиям 25–32 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Все бланки ЕГЭ заполняются яркими черными чернилами. Допускается использование гелевой или капиллярной ручки.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. Записи в черновике, а также в тексте контрольных измерительных материалов не учитываются при оценивании работы.

Баллы, полученные Вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

После завершения работы проверьте, чтобы ответ на каждое задание в бланках ответов № 1 и № 2 был записан под правильным номером.

Желаем успеха!

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться Вам при выполнении работы.

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	сантиметры	см	10^{-2}
мега	М	10^6	миллиметры	мм	10^{-3}
кило	к	10^3	микрометры	мкм	10^{-6}
гекто	г	10^2	нанометры	нм	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пикометры	пм	10^{-12}

Константы	
число π	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
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	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Константы

коэффициент пропорциональности в законе Кулона $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н м}^2/\text{Кл}^2$

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 $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

1 астрономическая единица $1 \text{ а.е.} \approx 150\,000\,000 \text{ км}$

1 световой год $1 \text{ св. год} \approx 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м}$

1 парсек $1 \text{ пк} \approx 3,26 \text{ св. года}$

Масса частиц

электрона $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$

протона $1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$

нейтрона $1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

Астрономические величины

средний радиус Земли $R_{\oplus} = 6370 \text{ км}$

радиус Солнца $R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м}$

температура поверхности Солнца $T = 6000 \text{ К}$

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 $13\,600 \text{ кг/м}^3$

Удельная теплоемкость			
воды	$4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг · К)	алюминия	900 Дж/(кг · К)
льда	$2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг · К)	меди	380 Дж/(кг · К)
железа	460 Дж/(кг · К)	чугуна	500 Дж/(кг · К)
свинца	130 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	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль



Бланк ответов № 1

Код региона Код предмета Название предмета

Резерв - 4

Подпись участника ЕГЭ строго внутри окошка



Заполнить гелевой или капиллярной ручкой ЧЕРНЫМИ чернилами ЗАГЛАВНЫМИ ПЕЧАТНЫМИ БУКВАМИ и ЦИФРАМИ по следующим образцам:

А Б В Г А Е Е Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У Ф Х Ц Ч Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я
 А В С D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z , -
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 А А А а б б б е е е е и и и о о о р р с

ВНИМАНИЕ! Все бланки и контрольные измерительные материалы рассматриваются в комплекте

Результаты выполнения заданий с КРАТКИМ ОТВЕТОМ

1	<input type="text"/>	21	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>	22	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>	23	<input type="text"/>
4	<input type="text"/>	24	<input type="text"/>
5	<input type="text"/>	25	<input type="text"/>
6	<input type="text"/>	26	<input type="text"/>
7	<input type="text"/>	27	<input type="text"/>
8	<input type="text"/>	28	<input type="text"/>
9	<input type="text"/>	29	<input type="text"/>
10	<input type="text"/>	30	<input type="text"/>
11	<input type="text"/>	31	<input type="text"/>
12	<input type="text"/>	32	<input type="text"/>
13	<input type="text"/>	33	<input type="text"/>
14	<input type="text"/>	34	<input type="text"/>
15	<input type="text"/>	35	<input type="text"/>
16	<input type="text"/>	36	<input type="text"/>
17	<input type="text"/>	37	<input type="text"/>
18	<input type="text"/>	38	<input type="text"/>
19	<input type="text"/>	39	<input type="text"/>
20	<input type="text"/>	40	<input type="text"/>

Замена ошибочных ответов на задания с КРАТКИМ ОТВЕТОМ

<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Заполняется ответственным организатором в аудитории:

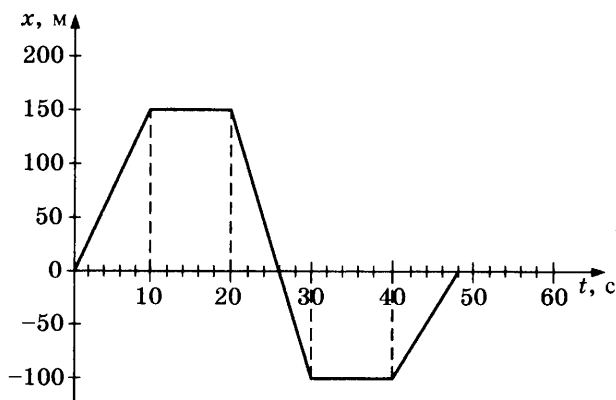
Количество заполненных полей «Замена ошибочных ответов»

ВАРИАНТ 1

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости координаты прямолинейно движущегося тела от времени.



Найдите проекцию скорости тела на ось Ox в интервале времени от 2 до 10 с.

Ответ: _____ м/с.

2. Брусок массой 0,6 кг движется равномерно и прямолинейно по горизонтальной поверхности, коэффициент трения между бруском и поверхностью равен 0,3. Чему равна горизонтальная сила, приложенная к бруску?

Ответ: _____ Н.

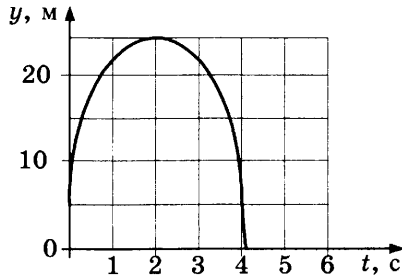
3. Потенциальная энергия мяча, находящегося на некоторой высоте, составила 5 Дж относительно поверхности земли. Мяч падает и у поверхности земли обладает кинетической энергией 3,5 Дж. Какая работа была совершена силами сопротивления воздуха при движении мяча?

Ответ: _____ Дж.

4. Период вертикальных колебаний на пружине груза массой 0,4 кг составил 0,4 с. Каким будет период колебаний на этой пружине груза массой 1,6 кг?

Ответ: _____ с.

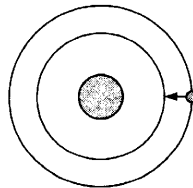
5. На графике показана зависимость от времени координаты мяча, брошенного вертикально вверх. Масса мяча 100 г. Выберите *два* утверждения, соответствующих этому движению.



- 1) В момент времени $t = 0$ с импульс мяча равен 0.
- 2) В момент времени $t = 2$ с импульс мяча равен 0.
- 3) Пройденный мячом путь равен 5 м.
- 4) Пройденный мячом путь равен 25 м.
- 5) Пройденный мячом путь равен 45 м.

Ответ:

6. У спутника, движущегося вокруг Земли по круговой орбите, уменьшился радиус орбиты. Как при этом изменятся ускорение спутника и частота его обращения вокруг Земли?



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.

Ускорение спутника	Частота обращения

7. Шарик массы m бросают с высоты h горизонтально. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Перед ударом о землю полная механическая энергия шарика равнялась E . Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими это движение (левый столбец), и формулами, по которым их можно рассчитать (правый столбец). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКАЯ
ВЕЛИЧИНА**

- А) начальная скорость шарика
Б) время движения

**ФОРМУЛА ДЛЯ
РАСЧЕТА**

- 1) $\sqrt{2gh}$
2) $\sqrt{\frac{2h}{g}}$
3) $\sqrt{\frac{2E}{m}}$
4) $\sqrt{\frac{2E}{m} - 2gh}$

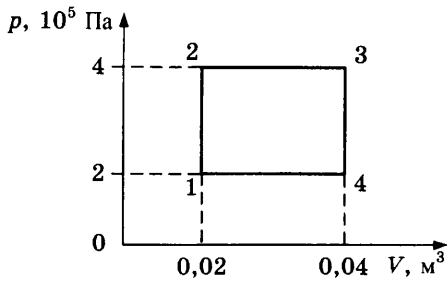
Ответ:

А	Б

8. Давление идеального газа, находящегося в закрытом сосуде, составляло 120 кПа, температура 300 К. В изохорном процессе давление газа уменьшилось в 3 раза. Чему равна конечная температура газа?

Ответ: _____ К.

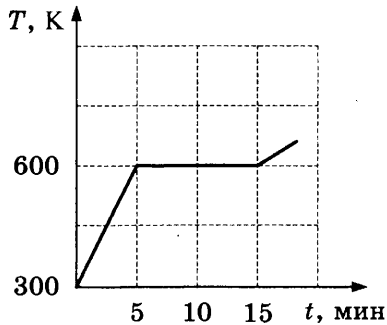
9. На рисунке показан график процесса, происходящего с постоянной массой газа.



Какую работу совершил газ в процессе 1–2–3?

Ответ: _____ кДж.

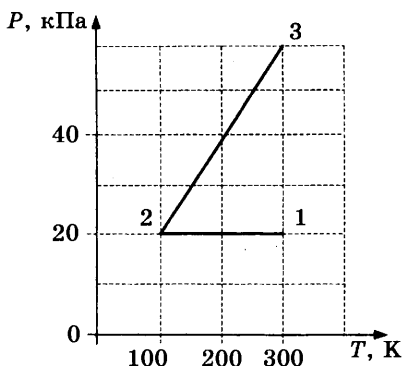
10. На рисунке представлен график зависимости температуры нагреваемого вещества от времени нагрева. Мощность нагрева составляла 54 кДж/мин, масса вещества равна 1 кг. В начальный момент времени вещество находилось в твердом состоянии.



Чему равна удельная теплота плавления данного вещества?

Ответ: _____ кДж/кг.

11. С идеальным одноатомным газом в количестве 0,1 моль происходит процесс 1–2–3, результаты измерений параметров газа в этом процессе показаны на рисунке.



Выберите *два* верных утверждения, соответствующих результатам этих измерений.

- 1) Объем газа в состоянии 1 в 3 раза меньше, чем в состоянии 2.
- 2) Объем газа в состоянии 2 равен $\approx 4,2$ л.
- 3) В процессе 1–2 газ совершил работу 166 Дж.
- 4) В процессе 2–3 внешние силы совершили над газом работу 250 Дж.
- 5) В процессе 1–2 газ отдал ≈ 415 Дж теплоты.

Ответ:

--	--

12. Идеальный одноатомный газ в количестве 1 моль изохорно нагревается. Как при этом изменяются концентрация его молекул и внутренняя энергия?

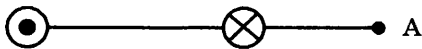
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Концентрация молекул	Внутренняя энергия

13. На рисунке изображены два проводника с равными токами $I = 5 \text{ А}$, текущими в противоположных направлениях. Как направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) магнитная индукция результирующего магнитного поля в точке А? Ответ запишите словом (словами).

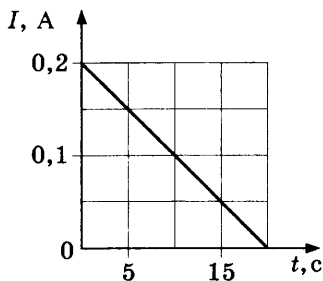


Ответ: _____.

14. Два точечных электрических заряда взаимодействуют с силой 8 мН . Чему стала равна сила взаимодействия между зарядами после уменьшения одного из зарядов в 2 раза и уменьшения расстояния между зарядами в 2 раза?

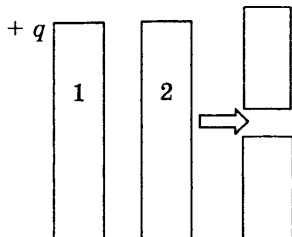
Ответ: _____ мН.

15. На графике показана зависимость силы тока в контуре от времени. Индуктивность контура равна 5 мГн . Определите ЭДС самоиндукции, возникающую в контуре.



Ответ: _____ мВ.

16. Металлической пластине 1 сообщили заряд $+6 \text{ нКл}$ и поднесли к стеклянной пластине 2. После этого пластину 2 разрезали горизонтально и раздвинули ее верхнюю и нижнюю части. Выберите *два* верных утверждения, соответствующих результатам этих опытов.

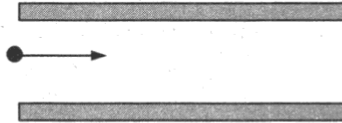


- 1) Перед раздвижением на левой стороне пластины 2 находился заряд -6 нКл.
- 2) Перед раздвижением на левой стороне пластины 2 находился отрицательный заряд, меньший по модулю 6 нКл.
- 3) Перед раздвижением на правой стороне пластины 2 находился положительный заряд, больший 6 нКл.
- 4) После раздвижения заряд верхней части стал равен -3 нКл.
- 5) После раздвижения заряд нижней части стал равен 0 .

Ответ:

--	--

17. Электрон пролетает через плоский конденсатор, начальная скорость направлена параллельно пластинам конденсатора.



Как изменятся действующая на электрон сила и время пролета электрона через конденсатор при увеличении напряжения между его обкладками, при условии, что электрон вылетит за пределы конденсатора?

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.

Сила, действующая на электрон	Время пролета

18. К источнику тока с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r подключен резистор сопротивлением R . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ФОРМУЛА

- А) мощность электрического тока на резисторе
 Б) напряжение на резисторе

- 1) $\mathcal{E}(R+r)$
 2) $\frac{\mathcal{E}R}{R+r}$
 3) $\frac{\mathcal{E}^2 R}{(R+r)^2}$
 4) $\frac{\mathcal{E}^2 R^2}{(R+r)^2}$

Ответ:

А	Б

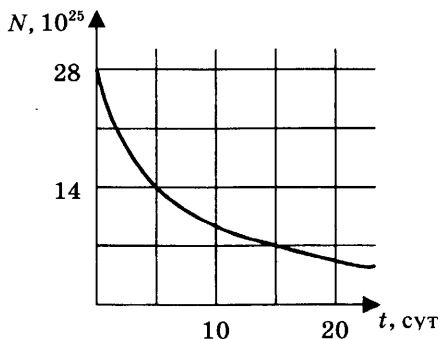
19. Ядро полония ${}_{84}^{210}\text{Po}$ испустило альфа-частицу. Каковы массовое и зарядовое числа ядра, образовавшегося в результате распада?

Ответ:

Массовое число	Зарядовое число

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. На рисунке показан график зависимости числа нераспавшихся ядер атома висмута ${}_{83}^{210}\text{Bi}$ от времени.



Каков период полураспада ядер атомов висмута?

Ответ: _____ суток.

21. Световой пучок *падает* перпендикулярно на поверхность, полностью поглощающую все падающее на нее излучение. Длина световой волны λ , число фотонов, падающих на поверхность за единицу времени, n . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать (h — постоянная Планка, c — скорость света). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ФОРМУЛА

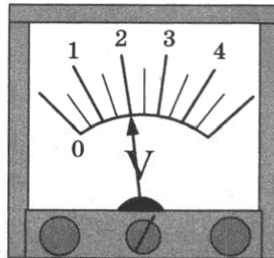
- А) мощность светового потока
 Б) переданный поверхности за время t импульс

- 1) $\frac{hc}{\lambda}$
 2) $\frac{hcn}{\lambda}$
 3) $\frac{hnt}{\lambda}$
 4) $\frac{hn}{\lambda}$

Ответ:

А	Б

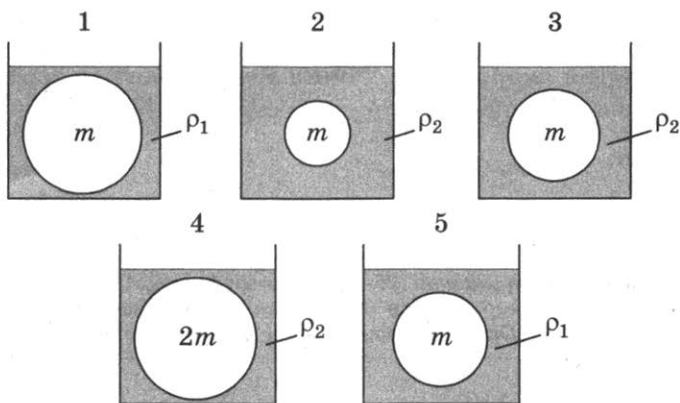
22. Ученик измерил напряжение с помощью вольтметра, показанного на рисунке. Погрешность измерения равна половине цены деления вольтметра. Чему равно измеренное напряжение с учетом погрешности?



Ответ: (_____ \pm _____) В.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Различные шары полностью погружены в жидкости разных плотностей (m — масса шара, ρ — плотность жидкости). Какие две установки надо выбрать, чтобы на опыте обнаружить зависимость силы Архимеда от плотности жидкости?



Ответ:

24. Ниже приведена таблица, содержащая характеристики планет Солнечной системы. Орбиты планет приближенно можно считать круговыми.

Название	Радиус, км	Масса, кг	Среднее расстояние от Солнца, км	Период вращения вокруг оси, ч
Меркурий	2439	$3,30 \cdot 10^{23}$	$57,9 \cdot 10^6$	1411,2
Венера	6052	$4,87 \cdot 10^{24}$	$108,2 \cdot 10^6$	5832
Земля	6378	$5,98 \cdot 10^{24}$	$149,6 \cdot 10^6$	24
Марс	3398	$6,42 \cdot 10^{23}$	$227,94 \cdot 10^6$	24,6
Юпитер	71 492	$1,90 \cdot 10^{27}$	$778 \cdot 10^6$	9,8
Сатурн	60 268	$5,69 \cdot 10^{26}$	$1429 \cdot 10^6$	10,2
Уран	25 559	$8,69 \cdot 10^{25}$	$2871 \cdot 10^6$	10,8
Нептун	24 764	$1,02 \cdot 10^{26}$	$4504 \cdot 10^6$	15,7

Выберите все верные утверждения.

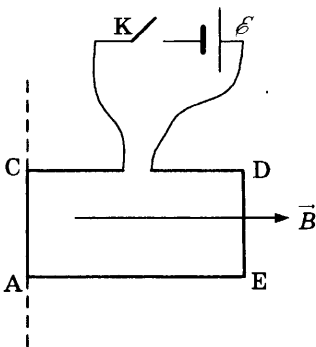
- 1) Расстояние между орбитами Сатурна и Земли составляет 5 а. е.
- 2) Первая космическая скорость для Меркурия составляет 3 км/с.
- 3) Отношение периодов обращения Сатурна и Земли вокруг Солнца равно 29,5.
- 4) Свет Солнца достигает Венеры за 6 мин.
- 5) Угловая скорость вращения Венеры вокруг своей оси в 4 раза больше угловой скорости вращения Меркурия.

Ответ: _____.

Часть 2

Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

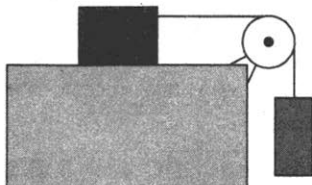
25. На рисунке изображен проволочный контур ACDE, подключенный через ключ К к источнику тока (см. рисунок). Контур находится в однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} и может свободно вращаться вокруг стороны AC.



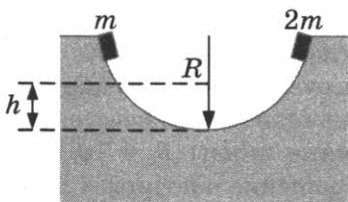
Как будет двигаться контур после замыкания ключа? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы применили.

Полное правильное решение каждой из задач 26–32 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.

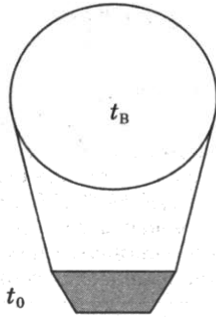
26. Брусок массой 600 г находится на горизонтальной поверхности с коэффициентом трения 0,5. К бруску с помощью невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через невесомый блок, присоединен груз массой 400 г, как показано на рисунке. Чему равна сила натяжения нити?



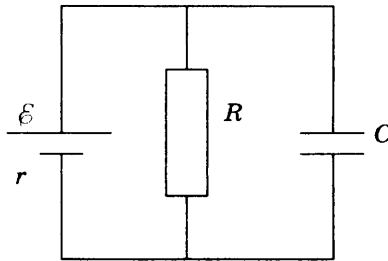
27. Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно с температурой нагревателя 207 °С и температурой холодильника 288 К и совершает за один цикл работу 3 кДж. Чему равно количество теплоты, переданное за один цикл рабочим телом холодильнику?
28. Для некоторого вещества работа выхода электронов при фотоэффекте составляет 1,8 эВ. Определите красную границу $\lambda_{кр}$ фотоэффекта для этого вещества.
29. Два небольших тела удерживают на противоположных сторонах половины гладкой цилиндрической трубы радиусом $R = 36$ см (см. рисунок), а затем одновременно отпускают. На какую высоту h поднимутся тела после неупругого удара?



30. Аэростат, оболочка которого имеет массу $M = 200$ кг и объем $V = 350$ м³, наполняют горячим воздухом при нормальном атмосферном давлении. Температура окружающего воздуха $t_0 = 0$ °С. Какой должна быть температура воздуха внутри оболочки, чтобы он начал подниматься? Оболочка аэростата нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.



31. К источнику тока с ЭДС $\mathcal{E} = 5$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом подключили параллельно соединенные резистор сопротивлением $R = 4$ Ом и плоский конденсатор емкостью $C = 10^{-6}$ Ф. Какова энергия электрического поля конденсатора?



32. Частица массой $m = 10^{-7}$ кг и зарядом $q = 10^{-5}$ Кл равномерно движется по окружности радиуса $R = 2$ см в магнитном поле с индукцией $B = 2$ Тл. Центр окружности находится на главной оптической оси собирающей линзы, а плоскость окружности перпендикулярна главной оптической оси и находится на расстоянии 15 см от неё. Фокусное расстояние линзы $F = 10$ см. С какой скоростью движется изображение частицы в линзе?

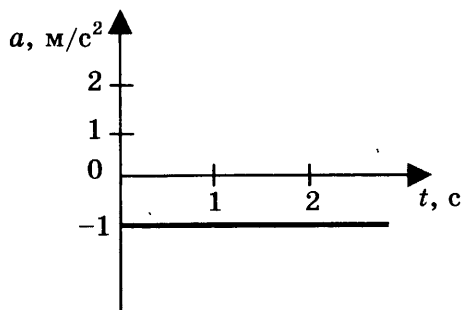
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания

ВАРИАНТ 2

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. Используя график зависимости ускорения тела от времени, определите скорость тела через 3 с после начала движения, считая, что скорость тела в начальный момент равна 9 м/с.



Ответ: _____ м/с.

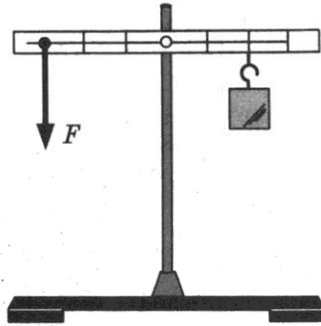
2. Сила тяжести, действующая на Земле на кубик объемом $0,1 \text{ м}^3$, равна 900 Н. Определите плотность материала кубика.

Ответ: _____ кг/м³.

3. Две тележки массами 20 кг и 30 кг движутся навстречу друг другу, первая со скоростью 1 м/с, вторая со скоростью 1,5 м/с. Чему равен модуль импульса системы этих тел после абсолютно неупругого удара?

Ответ: _____ кг · м/с.

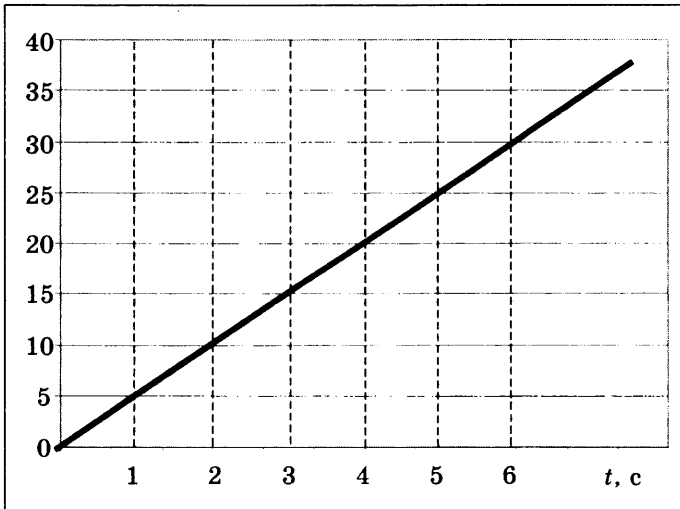
4. Масса груза, подвешенного к рычагу, равна 0,9 кг. Рычаг находится в равновесии, если к нему приложена сила F , как показано на рисунке. Чему равно значение силы F ?



Ответ: _____ Н.

5. При проведении эксперимента исследовалась зависимость пройденного телом пути s от времени t . График полученной зависимости приведен на рисунке.

s , м



Выберите **два** утверждения, соответствующих результатам этих измерений.

- 1) Скорость тела равна 5 м/с.
- 2) Ускорение тела равно 2,5 м/с².
- 3) Тело движется равноускоренно.
- 4) За вторую секунду пройден путь 5 м.
- 5) За пятую секунду пройден путь 25 м.

Ответ:

--	--

6. Небольшой шар массой m , подвешенный к пружине, совершает колебания с периодом T и амплитудой x_0 . Что произойдет с частотой и максимальной кинетической энергией груза, если при неизменной амплитуде уменьшить массу?

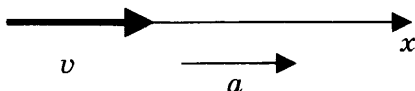
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

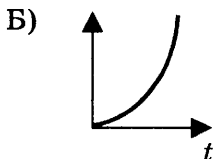
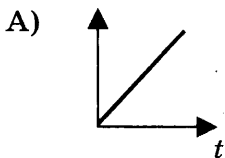
Частота	Максимальная кинетическая энергия груза

7. Тело движется прямолинейно с постоянным ускорением.



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



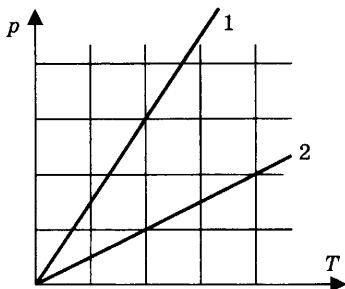
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) импульс тела
 2) равнодействующая сила
 3) кинетическая энергия тела
 4) ускорение тела

Ответ:

А	Б

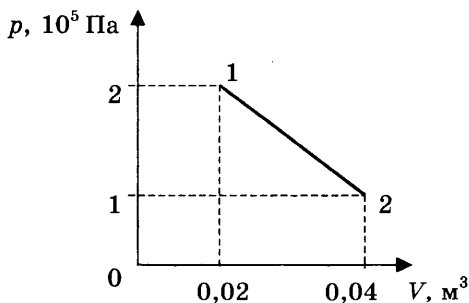
8. На рисунке представлен график зависимости давления от температуры для двух идеальных газов.



Чему равно отношение концентраций газов $\frac{n_1}{n_2}$?

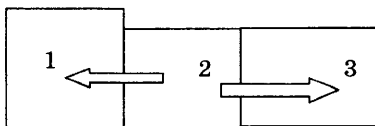
Ответ: _____.

9. Насколько изменяется внутренняя энергия газа при переходе из состояния 1 в состояние 2 (см. рис.)?



Ответ: _____ кДж.

10. Три бруска, имеющие разные температуры 70°C , 50°C и 10°C , привели в соприкосновение. В процессе установления теплового равновесия тепло передавалось в направлениях, указанных на рисунке стрелками.

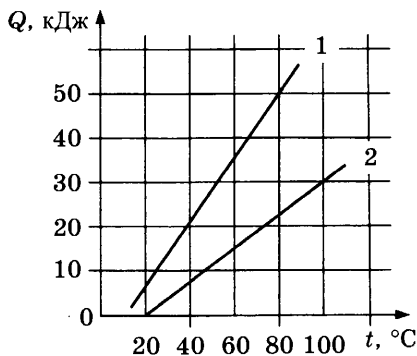


Какой из брусков имел температуру 70°C ?

Ответ: _____.

11. На графике представлены результаты измерения количества теплоты Q , затраченного на нагревание 1 кг вещества 1 и 1 кг вещества 2, при различных значениях температуры t этих веществ. Выберите **два** утверждения, соответствующих результатам этих измерений.

- 1) Теплоемкости двух веществ одинаковы.
- 2) Теплоемкость первого вещества больше теплоемкости второго вещества.
- 3) Для изменения температуры 1 кг вещества 1 на 20° необходимо количество теплоты 6000 Дж.
- 4) Для изменения температуры 1 кг вещества 2 на 10° необходимо количество теплоты 3750 Дж.
- 5) Начальные температуры обоих веществ равны 0°C .



Ответ:

12. Идеальный одноатомный газ изотермически сжимают. Как при этом изменяются его давление и внутренняя энергия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

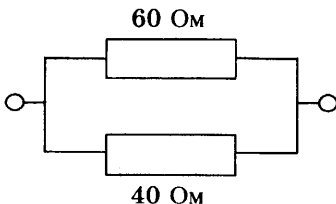
Давление	Внутренняя энергия

13. На рисунке изображены два одинаковых по модулю электрических заряда. Как направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, к наблюдателю, от наблюдателя*) напряженность электрического поля, создаваемого этими зарядами в точке O (равноудаленной от обоих зарядов)? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: _____.

14. Два резистора 60 Ом и 40 Ом соединены в электрическую цепь, как показано на рисунке.

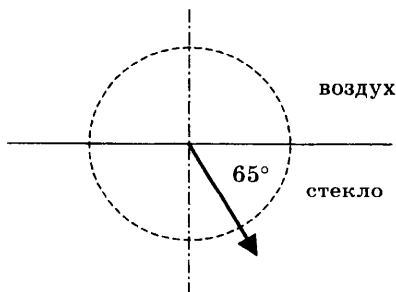


Чему равно сопротивление этого участка цепи?

Ответ: _____ Ом.

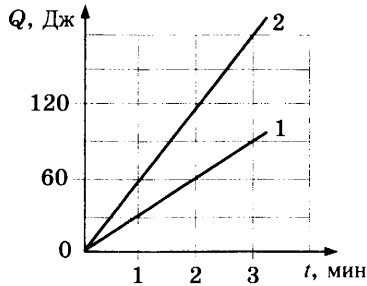
15. Луч света преломляется, проходя из воздуха в стекло, как показано на рисунке. Показатель преломления стекла 1,6. Пользуясь приведенной таблицей, найдите угол падения.

$\sin\beta$	0,33	0,43	0,58	0,70
β	19°	25°	35°	45°



Ответ: _____ °.

16. Два проводника 1 и 2 соединены параллельно и подключены к источнику постоянного тока. Сопротивление первого проводника 40 Ом. На графике представлены результаты измерений количества теплоты, выделяющегося на проводниках, в зависимости от времени. Выберите *два* утверждения, соответствующих данным измерениям.



- 1) Сопротивление второго проводника равно 20 Ом.
- 2) Сопротивление второго проводника равно 80 Ом.
- 3) Тепловая мощность, выделяющаяся на первом проводнике, равна 0,5 Вт.
- 4) С увеличением времени тепловая мощность увеличивается.
- 5) Тепловая мощность, выделяющаяся на втором проводнике, меньше, чем на первом.

Ответ:

17. Электромагнитная волна с частотой ν , распространявшаяся со скоростью v в воздухе, попадает в среду с большим показателем преломления n . Как при этом изменяются частота и скорость электромагнитной волны?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

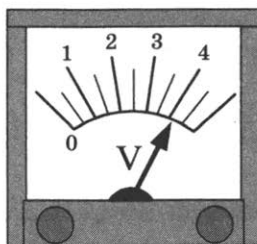
Частота	Скорость распространения

- 1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Интенсивность	Давление

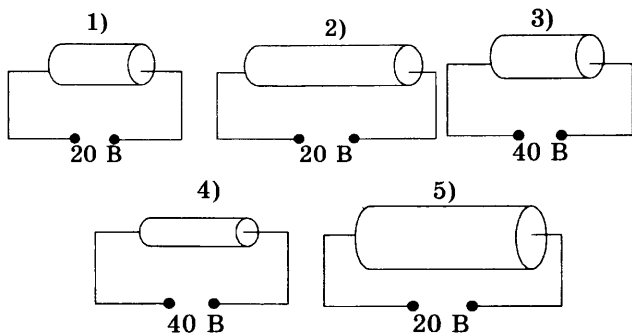
22. Ученик измерил напряжение с помощью вольтметра, показанного на рисунке. Погрешность измерения равна половине цены деления вольтметра. Чему равно измеренное напряжение?



Ответ: (_____ ± _____) В.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Цилиндрический проводник подключен к источнику тока. Была высказана гипотеза, что сопротивление проводника зависит от приложенного напряжения. Какие два опыта из представленных ниже нужно выбрать для проверки этой гипотезы (материал всех проводников одинаков)?



Ответ: _____.

24. Ниже приведена таблица, содержащая характеристики некоторых звезд.

Название	Радиус, км	Масса, кг	Расстояние, св. лет	Температура поверхности, К
Вега	$1,95 \cdot 10^6$	$4,20 \cdot 10^{30}$	25,3	9600
Арктур	$1,79 \cdot 10^7$	$2,2 \cdot 10^{30}$	36,7	4300
Полярная А	$1,6 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^{31}$	434	7000
Альтаир	$1,16 \cdot 10^6$	$3,6 \cdot 10^{30}$	17	8000
Спика А	$4,87 \cdot 10^6$	$2,0 \cdot 10^{31}$	262	22 000
Регул А	$2,44 \cdot 10^6$	$7,0 \cdot 10^{30}$	77	10 300
Алиот	$2,58 \cdot 10^6$	$6,0 \cdot 10^{30}$	81	9400
Антарес	$5,57 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^{31}$	600	3400

Масса Солнца составляет $2 \cdot 10^{30}$ кг.

Выберите все верные утверждения.

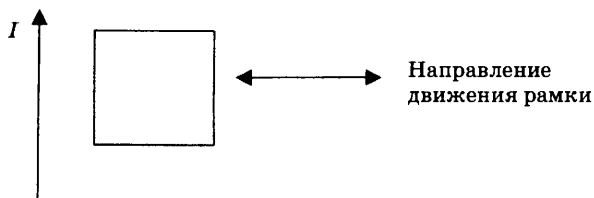
- 1) Звезда Вега относится к бело-голубым звездам.
- 2) Масса Арктура примерно равна массе Солнца.
- 3) Масса Спики А в 10 раз меньше массы Солнца.
- 4) Можно утверждать, что расстояние между Регулом и Альтаиром составляет 60 св. лет.
- 5) Радиус Антареса в 800 раз больше радиуса Солнца.

Ответ: _____.

Часть 2

Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. На рисунке изображен длинный проводник с током, в плоскости которого располагается проволочная рамка. Направление тока в проводнике указано стрелкой. Почему при удалении и приближении рамки к проводнику ток в рамке будет иметь различные направления? Укажите стрелками направления тока в рамке, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.



Полное правильное решение каждой из задач 26–32 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.

26. Мяч брошен с начальной скоростью 12 м/с под углом 60° к горизонту. Точка броска и точка падения мяча находятся на одном уровне. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите дальность полета мяча.

27. Азот массой 28 г изобарно расширяется, нагреваясь на 40°C . Какую работу совершил азот при расширении?

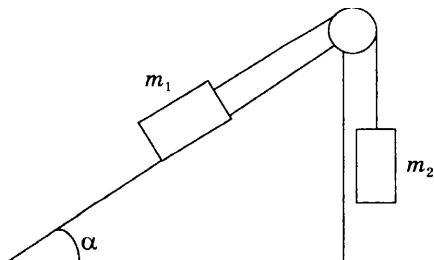
28. Две частицы, отношение масс которых $\frac{m_1}{m_2} = 2$, отношение

зарядов $\frac{q_1}{q_2} = \frac{1}{2}$, попадают в однородное магнитное поле,

вектор магнитной индукции которого перпендикулярен векторам скорости частиц. Кинетические энергии частиц одинаковые. Чему равно отношение радиусов кривизны

траекторий $\frac{R_1}{R_2}$ первой и второй частиц в магнитном поле?

29. На рисунке изображена система грузов массами $m_1 = 3$ кг и $m_2 = 1$ кг, связанных невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через блок. Угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 30^\circ$, коэффициент трения между грузом m_1 и наклонной плоскостью 0,1. Определите силу натяжения нити.

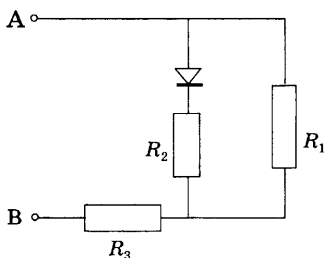


30. Железный метеорит массой 80 кг при температуре 39°C влетает со скоростью 1600 м/с в атмосферу. Считая, что на нагревание и плавление метеорита идет 80 % его кинетической энергии, определите, какая масса метеорита расплавится. Температура плавления железа 1539°C , удельная теплота плавления железа 270 кДж/кг, удельная теплоёмкость железа 640 Дж/(кг · К).

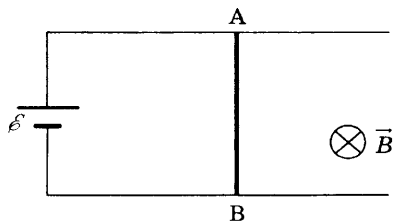
31. Определите, какая мощность выделяется на сопротивлении R_3 участка цепи, показанного на рисунке:

- при подключении ЭДС $\mathcal{E} = 15$ В положительным полюсом к точке А, отрицательным полюсом — к точке В;
- при подключении ЭДС $\mathcal{E} = 15$ В положительным полюсом к точке В, отрицательным — к точке А.

Сопротивление $R_1 = 6$ Ом, $R_2 = 4$ Ом, $R_3 = 10$ Ом. Внутренним сопротивлением источника пренебречь, сопротивление диода в прямом направлении пренебрежимо мало, в обратном направлении очень велико.



32. Проводник АВ длиной 0,5 м может скользить по горизонтальным рельсам, подключенным к источнику тока с ЭДС 2 В. Однородное магнитное поле с индукцией 0,5 Тл направлено вертикально вниз, как показано на рисунке. С какой скоростью и в каком направлении нужно перемещать проводник АВ, чтобы сила тока через него была равна нулю?



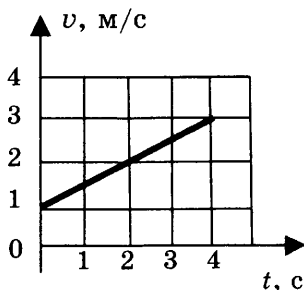
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания

ВАРИАНТ 3

Часть 1

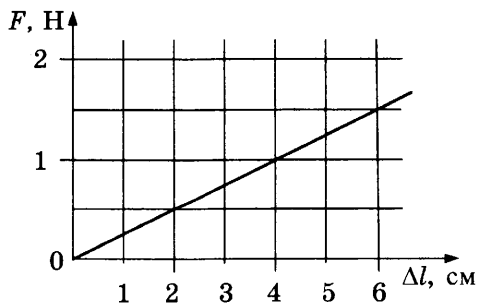
Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. Используя график зависимости скорости тела от времени, определите скорость тела в начале 6-й секунды, считая, что характер движения не изменяется.



Ответ: _____ м/с.

2. На рисунке представлен график зависимости силы упругости пружины от ее удлинения.



Чему равен коэффициент жесткости пружины?

Ответ: _____ Н/м.

3. Маленький шарик падает вертикально вниз и ударяется о наклонную плоскость, затем отскакивает от нее в горизонтальном направлении. Импульс шарика перед ударом $p_1 = 4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$, импульс шарика после удара $p_2 = 3 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. Чему равен модуль изменения импульса шарика?

Ответ: _____ кг · м/с.

4. Кубик массой 700 г плавает на поверхности воды. Чему равна сила Архимеда, действующая на кубик?

Ответ: _____ Н.

5. Небольшой груз совершает вертикальные колебания на пружине жесткостью 25 Н/м. В таблице представлены результаты измерений координаты груза для различных промежутков времени. Выберите *два* верных утверждения, соответствующих результатам этих измерений.

$t, \text{ с}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$x, \text{ см}$	0	11	16	21	32	21	16	11	0	11	16

- 1) Период колебаний груза равен 0,4 с.
- 2) В момент времени $t = 0,2 \text{ с}$ скорость груза минимальна.
- 3) В момент времени $t = 0,4 \text{ с}$ скорость груза максимальна.
- 4) Масса груза равна 0,4 кг.
- 5) Амплитуда колебаний 16 см.

Ответ:

6. У движущегося по окружности тела увеличился радиус окружности при неизменном периоде обращения. Как при этом изменятся скорость движения тела и его центростремительное ускорение?

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.

Скорость	Центростремительное ускорение

7. Измеренный период колебаний математического маятника равен 2 с. Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими этот колебательный процесс (левый столбец), и формулами, по которым их можно рассчитать (правый столбец). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКАЯ
ВЕЛИЧИНА**

- А) смещение маятника от положения равновесия
Б) длина нити маятника

**ФОРМУЛА
ДЛЯ РАСЧЕТА**

- 1) $\frac{4\pi^2}{g}$
2) $\frac{g}{\pi^2}$
3) $A \cos(\pi t)$
4) $A \cos(4\pi t)$

Ответ:

А	Б

8. Один моль идеального газа занимает объем 25 л при давлении 10^5 Па. При постоянной температуре давление газа увеличилось в 2 раза. Насколько изменился объем газа?

Ответ: _____ л.

9. Одноатомному идеальному газу в количестве 2 моль сообщили количество теплоты 1 кДж, при этом газ совершил работу 300 Дж. Чему равно изменение внутренней энергии газа?

Ответ: _____ Дж.

10. Давление пара в помещении при температуре 5°C равно 756 Па. Давление насыщенного пара при этой же температуре равно 880 Па. Чему равна относительная влажность воздуха? Ответ округлите до целых.

Ответ: _____ %.

11. Имеются два кубика одинаковой массы 2 кг, первый сделан из железа, второй — из чугуна. Начальная температура кубиков $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Кубикам сообщили одинаковое количество теплоты 51,2 кДж, после того, как они нагрелись, привели их в соприкосновение. Выберите *два* верных утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментов.

- 1) После получения количества теплоты первый кубик нагреется до более высокой температуры.
- 2) После получения количества теплоты второй кубик нагреется до более высокой температуры.
- 3) В процессе теплообмена между кубиками первый кубик отдаст 6288 Дж теплоты.
- 4) В процессе теплообмена между кубиками второй кубик отдаст 9208 Дж теплоты.
- 5) После установления теплового равновесия температура кубиков будет равна $63,3^{\circ}$.

Ответ:

--	--

12. В идеальном тепловом двигателе увеличилась работа, совершаемая газом за один цикл, при неизменном количестве теплоты, поступающем от нагревателя. Как при этом изменятся коэффициент полезного действия цикла и количество теплоты, отдаваемое за один цикл холодильнику?

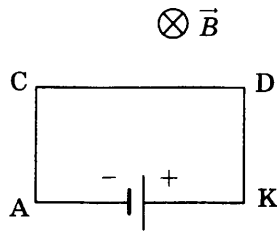
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Коэффициент полезного действия	Количество теплоты, отдаваемое холодильнику

13. На рисунке показан проволочный прямоугольник АСДК, подключенный к источнику тока и помещенный в однородное магнитное поле с индукцией B , направленной перпендикулярно плоскости рисунка.



Как направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) сила, действующая со стороны магнитного поля на проводник АК? Ответ запишите словом (словами).

Ответ: _____.

14. Сила тока в проводнике постоянна и равна 0,5 А. Какой заряд пройдет по проводнику за 20 минут?

Ответ: _____ Кл.

15. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 8$ мТл перпендикулярно вектору магнитной индукции расположен контур площадью $S = 50$ см². Чему равен магнитный поток через этот контур?

Ответ: _____ мкВб.

16. Исследовалась зависимость напряжения на обкладках конденсатора от заряда этого конденсатора. Результаты измерений представлены в таблице.

q , мКл	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
U , 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.

Выберите *два* утверждения, соответствующих результатам этих измерений.

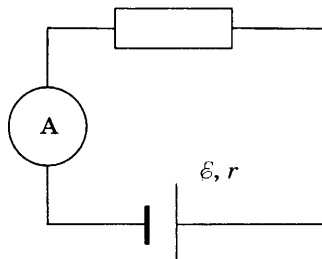
- 1) Емкость конденсатора примерно равна 5 мФ.
- 2) Емкость конденсатора примерно равна 200 мкФ.
- 3) С увеличением заряда напряжение увеличивается.

4) Для заряда $0,06$ мкКл напряжение на конденсаторе составит $0,5$ В.

5) Напряжение на конденсаторе не зависит от заряда.

Ответ:

17. На рисунке представлена электрическая цепь, состоящая из источника тока, резистора и амперметра. Как изменятся сопротивление цепи и сила тока через источник при подключении такого же резистора последовательно?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

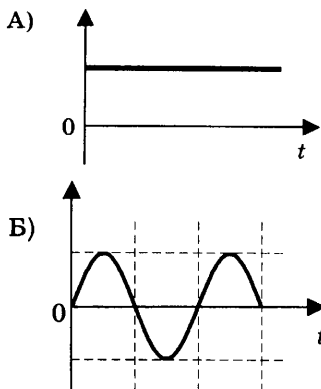
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сопротивление цепи	Сила тока через источник

18. В идеальном колебательном контуре происходят электромагнитные колебания. В момент времени $t = 0$ конденсатор был полностью заряжен. На графиках А и Б представлены изменения со временем физических величин, характеризующих колебания в контуре. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, которым соответствуют эти зависимости. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИК



ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

- 1) сила тока в контуре
- 2) энергия магнитного поля катушки
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) полная энергия колебаний

Ответ:

А	Б

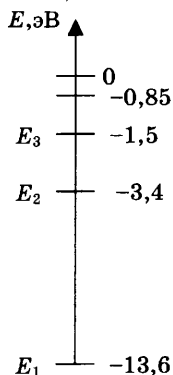
19. Радиоактивный уран ${}_{92}^{236}\text{U}$ испытал 2 α -распада и 3 β -распада. Какие значения зарядового числа Z и массового числа A будет иметь получившийся в результате изотоп ядра?

Ответ:

Z	A

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. На рисунке показаны энергетические уровни атома водорода.



Какую энергию необходимо сообщить атому, находящемуся в основном состоянии, для его ионизации?

Ответ: _____ эВ.

21. При наблюдении фотоэффекта увеличили интенсивность падающего света, не изменяя длины волны. Как при этом изменятся работа выхода электронов и величина тока насыщения?

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.

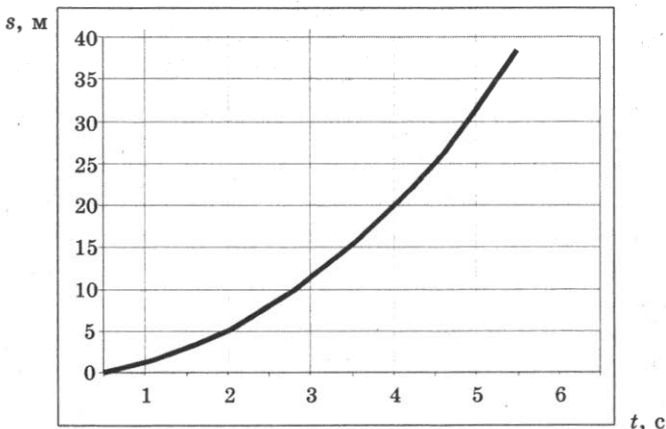
Работа выхода	Ток насыщения

22. Толщина стопки бумаги из 100 листов оказалась равной $L = (12,0 \pm 0,5)$ мм. Запишите толщину одного листа бумаги с учетом погрешности.

Ответ: (_____ \pm _____) мм.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. При проведении эксперимента исследовалась зависимость пройденного телом пути s от времени t . Тело начинало движение из состояния покоя. График полученной зависимости приведен на рисунке.



Выберите *два* утверждения, соответствующих результатам этих измерений.

- 1) Скорость тела равна 6 м/с.
- 2) Ускорение тела равно 2,5 м/с².
- 3) Скорость тела уменьшается с течением времени.
- 4) За вторую секунду пройден путь ≈ 4 м.
- 5) За пятую секунду пройден путь 6 м.

Ответ:

24. Ниже приведена таблица, содержащая характеристики планет Солнечной системы.

Название	Радиус, км	Масса, кг	Среднее расстояние от Солнца, км	Период вращения вокруг оси, ч
Меркурий	2439	$3,30 \cdot 10^{23}$	$57,9 \cdot 10^6$	1411,2
Венера	6052	$4,87 \cdot 10^{24}$	$108,2 \cdot 10^6$	5832
Земля	6378	$5,98 \cdot 10^{24}$	$149,6 \cdot 10^6$	24
Марс	3398	$6,42 \cdot 10^{23}$	$227,94 \cdot 10^6$	24,6
Юпитер	71 492	$1,90 \cdot 10^{27}$	$778 \cdot 10^6$	9,8
Сатурн	60 268	$5,69 \cdot 10^{26}$	$1429 \cdot 10^6$	10,2
Уран	25 559	$8,69 \cdot 10^{25}$	$2871 \cdot 10^6$	10,8
Нептун	24 764	$1,02 \cdot 10^{26}$	$4504 \cdot 10^6$	15,7

Выберите все верные утверждения.

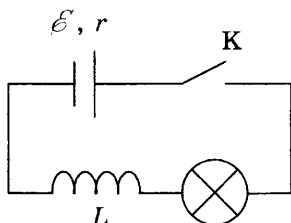
- 1) Ускорение свободного падения на поверхности Меркурия больше, чем на поверхности Земли, так как Меркурий находится ближе к Солнцу.
- 2) Угловая скорость вращения Венеры вокруг своей оси больше угловой скорости вращения Земли.
- 3) Ускорение свободного падения на поверхности Венеры равно 8,9 м/с².
- 4) Для того чтобы покинуть поверхность Марса, нужно иметь скорость не менее 3,5 км/с.
- 5) Первая космическая скорость для Земли в 2,2 раза больше, чем для Марса.

Ответ: _____.

Часть 2

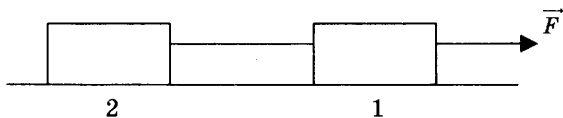
Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. На рисунке изображена электрическая цепь, состоящая из гальванического элемента, лампы, катушки индуктивности и ключа. Первоначально замкнутый ключ размыкают. Опишите наблюдаемые при этом явления. Укажите законы, которые вы применили.



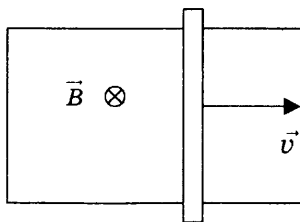
Полное правильное решение каждой из задач 26–32 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

26. По гладкой горизонтальной поверхности под действием силы \vec{F} движутся одинаковые бруски, связанные нитью, как показано на рисунке.

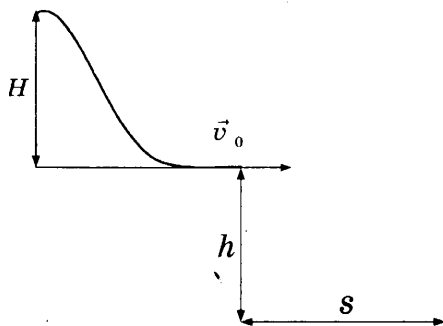


- Во сколько раз изменится сила натяжения нити между брусками, если на каждый брусок положить еще один такой же?
27. В термос с большим количеством льда при температуре $t_1 = 0^\circ\text{C}$ заливают $m = 0,5$ кг воды с температурой $t_2 = 66^\circ\text{C}$. Какая масса льда расплавится при установлении теплового равновесия в сосуде?

28. П-образный контур находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости контура (см. рис.). Индукция магнитного поля $B = 0,2$ Тл.

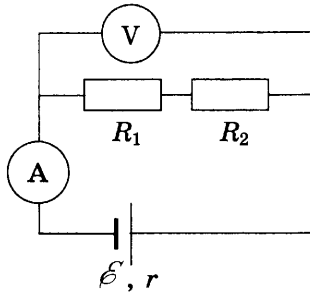


- По контуру с постоянной скоростью скользит перемычка длиной $l = 20$ см и сопротивлением $R = 15$ Ом. Сила индукционного тока в контуре $I = 4$ мА. С какой скоростью движется перемычка?
29. Лыжник массой 60 кг стартует из состояния покоя с трамплина высотой $H = 40$ м, в момент отрыва от трамплина его скорость горизонтальна. В процессе движения лыжника по трамплину сила трения совершила работу, по модулю равную $A_{\text{тр}} = 5,25$ кДж. Определите дальность полета лыжника по горизонтальному направлению, если точка приземления оказалась на $h = 45$ м ниже уровня отрыва от трамплина. Сопротивление воздуха не учитывать.



30. В вертикальном цилиндрическом сосуде под поршнем массой $m = 10$ кг и площадью сечения $S = 20$ см² находится идеальный одноатомный газ. Первоначально поршень находился на высоте $h_1 = 20$ см, а после нагревания газа оказался на высоте $h_2 = 25$ см. Какое количество теплоты сообщили газу в процессе нагревания? Атмосферное давление 10^5 Па.

31. На рисунке представлена электрическая цепь. ЭДС источника $\mathcal{E} = 21$ В, его внутреннее сопротивление $r = 1$ Ом, сопротивления резисторов $R_1 = 50$ Ом, $R_2 = 30$ Ом, сопротивление вольтметра $R_V = 320$ Ом, сопротивление амперметра $R_A = 5$ Ом. Определите показания вольтметра и амперметра.



32. Фотон с энергией 2 МэВ рождает электрон и позитрон. Найдите суммарную кинетическую энергию электрона и позитрона сразу после их образования.

Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания

ВАРИАНТ 4

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. Зависимости от времени координат четырех тел, движущихся по оси OX , представлены в таблице.

$t, \text{ с}$	0	2	4	6	8	10
$x_1, \text{ м}$	-2	0	2	4	6	8
$x_2, \text{ м}$	0	-2	-4	-6	-8	-10
$x_3, \text{ м}$	2	2	2	2	2	2
$x_4, \text{ м}$	0	2	8	18	32	50

Какое из тел двигалось с постоянным ускорением? В ответе укажите его номер.

Ответ: _____.

2. Брусок массой 5 кг движется по горизонтальной поверхности. Коэффициент трения бруска о поверхность равен 0,2. Какова сила трения скольжения, действующая на брусок?

Ответ: _____ Н.

3. Две тележки массами 20 кг и 30 кг движутся в одном направлении, первая со скоростью 1 м/с, вторая со скоростью 1,5 м/с. Чему равен модуль импульса системы этих тел после абсолютно неупругого удара?

Ответ: _____ кг · м/с.

4. Доска опирается на подставку, находящуюся на расстоянии $\frac{l}{4}$ длины доски. Для удержания доски в равновесии в горизонтальном положении к ее короткому концу необходимо приложить силу 50 Н. Чему равна масса доски?

Ответ _____ кг.

5. Автомобиль массой 1,5 т едет по прямолинейной дороге с постоянной скоростью. Выберите *два* верных утверждения.
- 1) Сумма всех сил, действующих на автомобиль, равна нулю.
 - 2) Сумма всех сил, действующих на автомобиль, больше нуля.
 - 3) Дорога действует на автомобиль с силой 15 кН, направленной вверх.
 - 4) Дорога действует на автомобиль с силой, меньшей 15 кН, направленной вниз.
 - 5) Сила действия автомобиля на землю равна нулю.

Ответ:

--	--

6. Брусок, движущийся по горизонтальной поверхности под действием постоянной силы, выезжает на более гладкую поверхность. Как при этом изменились сила давления бруска на плоскость и ускорение бруска?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилось
- 2) уменьшилось
- 3) не изменилось

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила давления бруска на плоскость	Ускорение бруска

7. Измеренная частота колебаний математического маятника равна 0,5 Гц, наибольшее отклонение от положения равновесия 3 см. Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими этот колебательный процесс (левый столбец), и формулами, по которым их можно рассчитать (правый столбец). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ФОРМУЛА ДЛЯ РАСЧЕТА

А) максимальная скорость груза маятника

1) $\frac{g}{\pi^2}$

Б) длина нити маятника

2) $\frac{4\pi^2}{g}$

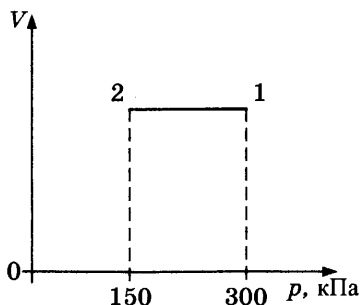
3) $\frac{0,03}{2\pi}$

4) $0,03\pi$

Ответ:

А	Б

8. На графике представлен процесс 1–2, происходящий с постоянной массой идеального газа. В состоянии 1 температура газа равна 460 К. Какова температура газа в состоянии 2?



Ответ: _____ К.

9. Идеальному газу сообщили количество теплоты 750 Дж, при этом газ совершил работу 300 Дж. Чему равно изменение внутренней энергии газа?

Ответ: _____ Дж.

10. Давление насыщенного пара при температуре 15 °С равно 1,71 кПа. Чему равно парциальное давление пара при температуре 15 °С, если относительная влажность воздуха равна 59 %? Ответ округлите до целых.

Ответ : _____ Па.

11. В микроскоп наблюдали за частичками пыли, находящимися в жидкости. Частички пыли непрерывно двигались, все время меняя направление своего движения. Выберите *два* верных утверждения, соответствующих описываемому явлению.

- 1) В микроскоп наблюдали тепловое движение молекул.
- 2) В микроскоп наблюдали результат действия молекул на частички пыли.
- 3) С понижением температуры жидкости частички будут двигаться медленнее.
- 4) Температура жидкости не влияет на движение частичек пыли.
- 5) С увеличением размеров частиц пыли скорость их движения увеличивается.

Ответ:

--	--

12. Установите соответствие между условиями протекания изопроцессов (правый столбец) и названием изопроцесса (левый столбец).

НАЗВАНИЕ
ИЗОПРОЦЕССА

УСЛОВИЯ ПРОТЕКАНИЯ
ИЗОПРОЦЕССОВ

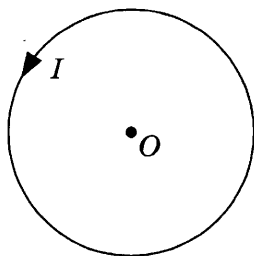
- А) изобарный
Б) адиабатный

- 1) газ находится под подвижным поршнем
- 2) газ находится в закрытом сосуде
- 3) происходит теплообмен газа с окружающей средой
- 4) не происходит теплообмена газа с окружающей средой

Ответ:

А	Б

13. На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в вертикальной плоскости.



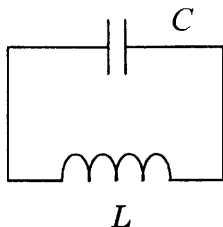
Как направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) индукция магнитного поля, создаваемого этим током в центре витка O ?

Ответ: _____.

14. Сила тока в проводнике постоянна и равна $0,5$ А. За какое время заряд 60 Кл пройдет по проводнику?

Ответ: _____ мин.

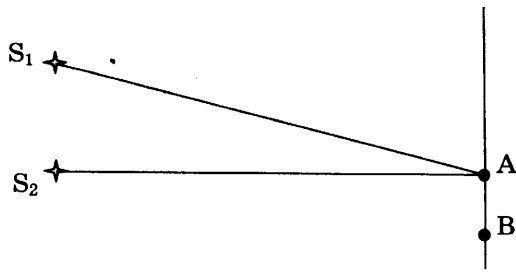
15. В колебательном контуре индуктивность катушки равна 10 мГн.



Конденсатор какой емкости нужно включить в контур для получения электромагнитных колебаний частотой 400 Гц? Ответ округлите до целых.

Ответ: _____ мкФ.

16. Два когерентных источника S_1 и S_2 , испускающих свет с длиной волны λ , находятся на разных расстояниях от точек А и В экрана. На экране наблюдается интерференционная картина в виде чередующихся темных и светлых полос. Выберите *два* верных утверждения, соответствующих этим наблюдениям.



- 1) В точке А наблюдается первая светлая полоса при условии $S_1 A - S_2 A = \frac{\lambda}{2}$.
- 2) В точке А наблюдается первая темная полоса при условии $S_1 A - S_2 A = \frac{\lambda}{2}$.
- 3) В точке А наблюдается первая темная полоса при условии $S_1 A - S_2 A = \lambda$.
- 4) В точке В наблюдается первая светлая полоса при условии $S_1 B - S_2 B = \lambda$.
- 5) В точке В наблюдается первая светлая полоса при условии $S_1 B + S_2 B = \lambda$.

Ответ:

17. Электромагнитная волна с частотой ν , распространявшаяся со скоростью v в воздухе, попадает в стекло с показателем преломления n . Как при этом изменяются длина волны и период колебаний в волне?

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.

Длина волны	Период колебаний

20. В образце, содержащем большое количество атомов радона ${}^{222}_{86}\text{Rn}$, через 7,6 суток останется четверть от первоначального количества атомов. Чему равен период полураспада ядер атомов радона?

Ответ: _____ суток.

21. Свет с длиной волны λ и частотой ν распространяется в среде. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать (h — постоянная Планка). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА ФОРМУЛА

А) энергия фотона

Б) импульс фотона

1) $\frac{h}{\nu}$

2) $h\nu$

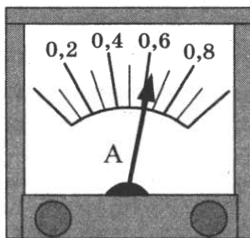
3) $\frac{h}{\lambda}$

4) $h\lambda$

Ответ:

А	Б

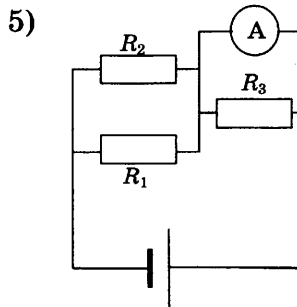
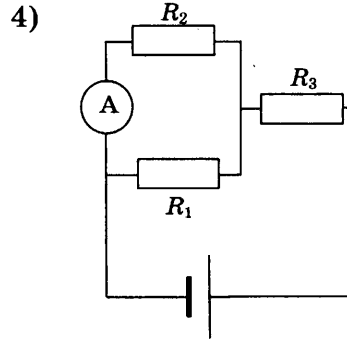
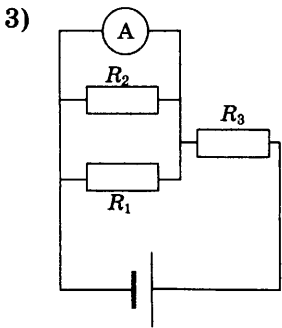
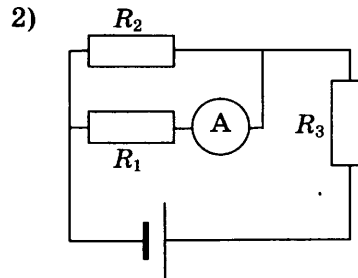
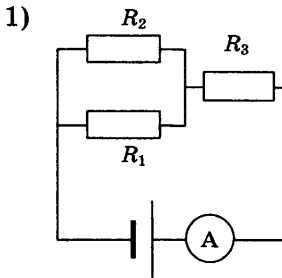
22. Ученик измерил силу тока с помощью амперметра, показанного на рисунке. Погрешность измерения равна половине цены деления амперметра. Чему равна измеренная сила тока?



Ответ: (_____ \pm _____) А

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Во время лабораторной работы необходимо было измерить силу тока через сопротивления R_1 и R_3 . Выберите две схемы, с помощью которых можно провести эти измерения.



Ответ:

24. Ниже приведена таблица, содержащая характеристики планет Солнечной системы.

Название	Радиус, км	Масса, кг	Среднее расстояние от Солнца, км	Период вращения вокруг оси, ч
Меркурий	2439	$3,30 \cdot 10^{23}$	$57,9 \cdot 10^6$	1411,2
Венера	6052	$4,87 \cdot 10^{24}$	$108,2 \cdot 10^6$	5832
Земля	6378	$5,98 \cdot 10^{24}$	$149,6 \cdot 10^6$	24
Марс	3398	$6,42 \cdot 10^{23}$	$227,94 \cdot 10^6$	24,6
Юпитер	71 492	$1,90 \cdot 10^{27}$	$778 \cdot 10^6$	9,8
Сатурн	60 268	$5,69 \cdot 10^{26}$	$1429 \cdot 10^6$	10,2
Уран	25 559	$8,69 \cdot 10^{25}$	$2871 \cdot 10^6$	10,8
Нептун	24 764	$1,02 \cdot 10^{26}$	$4504 \cdot 10^6$	15,7

Выберите все верные утверждения.

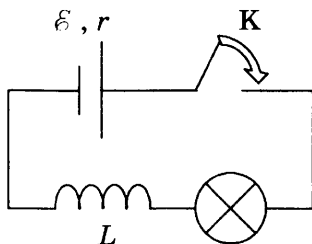
- 1) Ускорение свободного падения на поверхности Венеры больше, чем на поверхности Земли.
- 2) Угловая скорость вращения Сатурна вокруг своей оси равна 0,01 рад/мин.
- 3) Ускорение свободного падения на поверхности Марса равно $3,7 \text{ м/с}^2$.
- 4) Для того, чтобы покинуть поверхность Урана, нужно иметь скорость 8,5 км/с.
- 5) Первая космическая скорость для Земли примерно в 2 раза меньше, чем для Урана.

Ответ: _____.

Часть 2

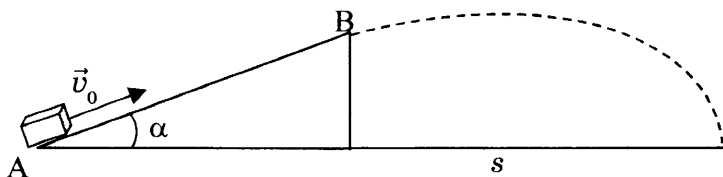
Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. На рисунке изображена электрическая цепь, состоящая из гальванического элемента, лампы, катушки индуктивности и ключа. Первоначально разомкнутый ключ замыкают. Опишите наблюдаемые при этом явления. Укажите законы, которые вы применили.

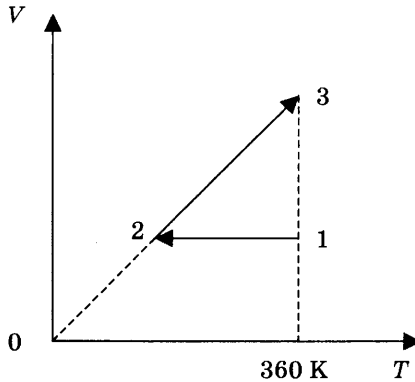


Полное правильное решение каждой из задач 26–32 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

26. Груз массой 800 г на пружине жесткостью 200 Н/м совершает гармонические колебания с амплитудой 4 см. Определите максимальную скорость груза.
27. КПД тепловой машины 30%. За 10 с рабочему телу машины поступает от нагревателя 3 кДж теплоты. Чему равна средняя полезная мощность машины?
28. Самолет, имеющий размах крыльев $L = 40$ м, движется горизонтально с постоянной скоростью. Индукция магнитного поля Земли равна $B = 5 \cdot 10^{-5}$ Тл и направлена под углом $\alpha = 60^\circ$ к направлению движения самолета. На концах крыльев самолета возникла ЭДС индукции $\mathcal{E} = 0,4$ В. С какой скоростью движется самолет?
29. Коробок после удара в точке А скользит вверх по наклонной плоскости с начальной скоростью $v_0 = 5$ м/с (см. рис.). В точке В коробок отрывается от наклонной плоскости. На каком расстоянии s от наклонной плоскости коробок упадет? Коэффициент трения равен $\mu = 0,2$. Длина наклонной плоскости $AB = L = 0,5$ м, угол наклона плоскости $\alpha = 30^\circ$. Сопротивлением воздуха пренебречь.

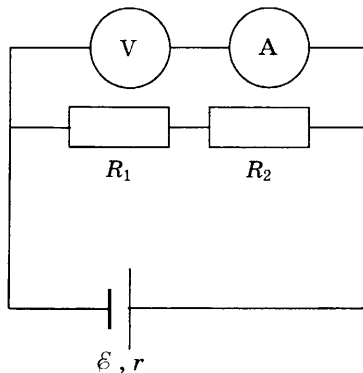


30. Два моль идеального одноатомного газа сначала охладили, уменьшив давление в 2 раза, а затем нагрели до первоначальной температуры 360 К (см. рис.).



Какое количество теплоты получил газ на участке 2–3?

31. На рисунке представлена электрическая цепь. ЭДС источника $\mathcal{E} = 21$ В, его внутреннее сопротивление $r = 1$ Ом, сопротивления резисторов $R_1 = 50$ Ом, $R_2 = 30$ Ом, сопротивление вольтметра $R_V = 320$ Ом, сопротивление амперметра $R_A = 5$ Ом. Определите показания вольтметра и амперметра.



32. На пластинку площадью $S = 4$ см², которая отражает 70 % и поглощает 30 % падающего света, падает перпендикулярно свет с длиной волны 600 нм. Мощность светового потока 120 Вт. Какое давление оказывает свет на пластинку?

Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания

ВАРИАНТ 5

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

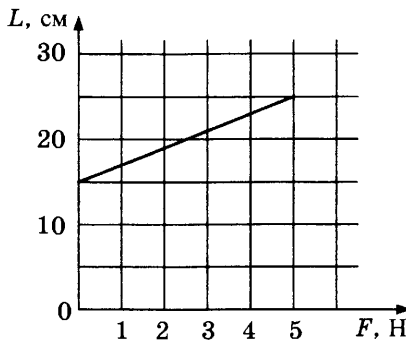
1. Зависимости от времени проекций на ось Ox скорости четырех тел, движущихся по оси Ox , представлены в таблице.

t, c	0	2	4	6	8	10
$v_1, м/с$	0	1	2	3	4	5
$v_2, м/с$	0	-2	0	1	3	1
$v_3, м/с$	2	2	2	2	2	2
$v_4, м/с$	0	2	8	18	32	50

Какое тело двигалось с постоянным ускорением? В ответе укажите его номер.

Ответ: _____.

2. На графике представлены результаты измерения длины пружины в зависимости от приложенной силы.



Чему равен коэффициент жесткости пружины?

Ответ: _____ Н/м.

3. Два шарика массами 200 г и 300 г движутся в перпендикулярных направлениях, сближаясь: первый со скоростью 2 м/с, второй со скоростью 1 м/с. Чему равен модуль импульса системы этих тел после абсолютно неупругого удара?

Ответ: _____ кг · м/с.

4. Энергия колебаний груза массой 0,3 кг составляет 96 мДж. Чему равна максимальная скорость груза при колебаниях?

Ответ: _____ м/с.

5. 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	0,06	0,07	0,09

Погрешности измерений величин m и x равнялись соответственно 0,01 кг и 0,01 м.

Выберите *два* утверждения, соответствующих результатам этих измерений.

- 1) Коэффициент упругости пружины равен 5 Н/м.
- 2) Коэффициент упругости пружины равен 50 Н/м.
- 3) При подвешенном к пружине грузе массой 150 г ее удлинение составит 4 см.
- 4) С увеличением массы растяжение пружины уменьшается.
- 5) При подвешенном к пружине грузе массой 250 г ее удлинение составит 5 см.

Ответ:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

6. У движущегося по окружности тела уменьшился радиус окружности при неизменной частоте обращения. Как при этом изменятся скорость движения тела и период обращения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

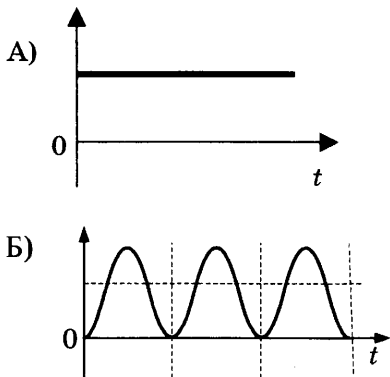
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Скорость	Период обращения

7. Пружинный маятник совершает свободные незатухающие колебания. На графиках А и Б представлены изменения со временем физических величин, характеризующих колебания маятника. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, которым соответствуют эти зависимости. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИК



ФИЗИЧЕСКАЯ
ВЕЛИЧИНА

- 1) смещение от положения равновесия
- 2) скорость груза маятника
- 3) потенциальная энергия колебаний
- 4) полная энергия колебаний

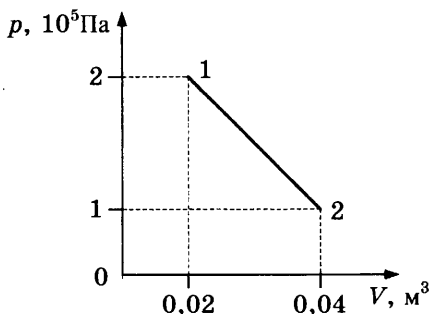
Ответ:

А	Б

8. Средняя квадратичная скорость теплового движения молекул равнялась 250 м/с. Какой станет средняя квадратичная скорость молекул при увеличении их средней кинетической энергии теплового движения в 4 раза?

Ответ: _____ м/с.

9. Какую работу совершил идеальный газ при переходе из состояния 1 в состояние 2 (см. рис.)?



Ответ: _____ кДж.

10. Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно с температурой нагревателя 307°C и температурой холодильника 17°C . Определите КПД машины.

Ответ: _____ %.

11. В сосуде под поршнем находится смесь сухого воздуха и насыщенного водяного пара. Объем смеси уменьшили, при этом произошла частичная конденсация пара. Температура оставалась неизменной. Выберите **два** верных утверждения, соответствующих конечному состоянию смеси газов.

- 1) Парциальное давление пара не изменилось.
- 2) Парциальное давление сухого воздуха увеличилось.
- 3) Парциальное давление пара увеличилось.
- 4) Давление смеси газов не изменилось.
- 5) Давление смеси газов уменьшилось.

Ответ:

12. Идеальный одноатомный газ сжимают адиабатически. Как при этом изменяются его давление и температура?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Давление	Температура

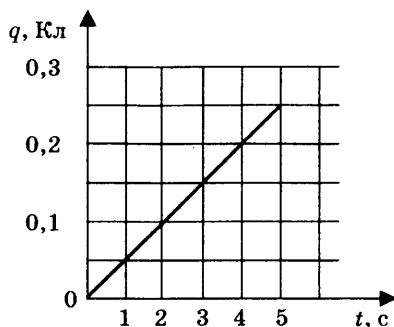
13. Точечный отрицательный заряд помещен вблизи одинаковых одноименно заряженных шариков (см. рис.). Как направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, к наблюдателю, от наблюдателя*) равнодействующая кулоновских сил, действующих на заряд q ? Ответ запишите словом (словами).

• $q < 0$



Ответ: _____.

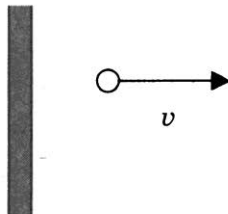
14. На графике представлена зависимость от времени заряда, прошедшего по проводнику.



Какова сила тока в проводнике?

Ответ: _____ А.

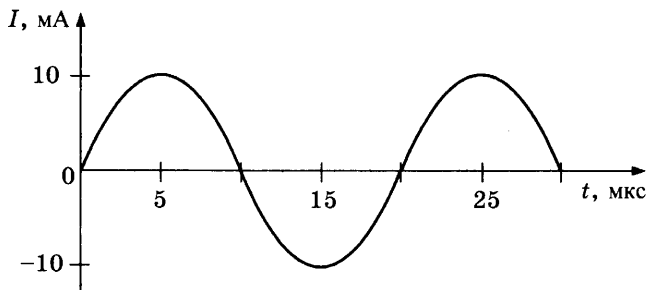
15. По направлению от плоского зеркала со скоростью $v = 0,2$ м/с катится шар (см. рис., вид сверху).



С какой скоростью движется изображение шара в зеркале?

Ответ: _____ м/с.

16. На рисунке приведен график гармонических колебаний тока в колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки. Выберите *два* верных утверждения, соответствующих рассматриваемому процессу.



- 1) Частота колебаний равна 50 кГц.
- 2) Частота колебаний равна 100 кГц.
- 3) Заряд конденсатора принимает наибольшие значения в моменты времени 5 и 25 мкс.
- 4) Максимальный заряд конденсатора равен 32 нКл.
- 5) Конденсатор разряжен в момент времени 10 мкс.

Ответ:

17. В колебательном контуре с индуктивностью L и емкостью C происходят электромагнитные колебания с частотой ν и амплитудой q_0 . Что произойдет с частотой и максимальной силой тока, если при неизменных амплитуде и емкости уменьшить индуктивность?

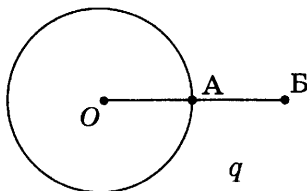
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота	Максимальная сила тока

18. Уединенному проводящему шару сообщен заряд q . Расстояние $OA = AB$. Модуль напряженности электростатического поля шара в точке B равен E_B . Чему равен модуль вектора напряженности электростатического поля в точках O и A ?



Установите соответствие между физическими величинами и их значениями. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ

А) модуль напряженности электростатического поля шара в точке O

1) $4E_B$

Б) модуль напряженности электростатического поля шара в точке A

2) $2E_B$

3) E_B

4) 0

Ответ:

А	Б

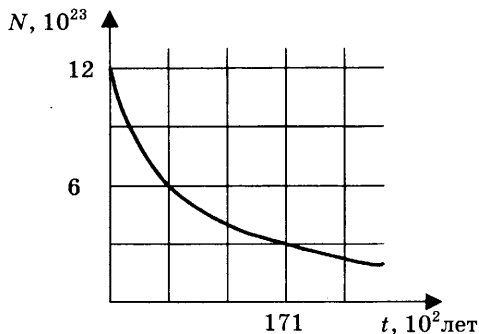
19. Радиоактивный калифорний ${}_{98}^{244}\text{Cf}$ испытал 3 α -распада и 5 β -распадов. Какое зарядовое число Z и массовое число A будет иметь получившийся в результате изотоп ядра?

Ответ:

Z	A

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. На рисунке показан график зависимости числа нераспавшихся ядер атома углерода $^{14}_6\text{C}$ от времени.



Чему равен период полураспада ядер атомов углерода?

Ответ: _____ лет.

21. При наблюдении фотоэффекта увеличили интенсивность падающего света, не изменяя длины волны. Как при этом изменились количество падающих на поверхность металла за 1 с фотонов и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов?

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.

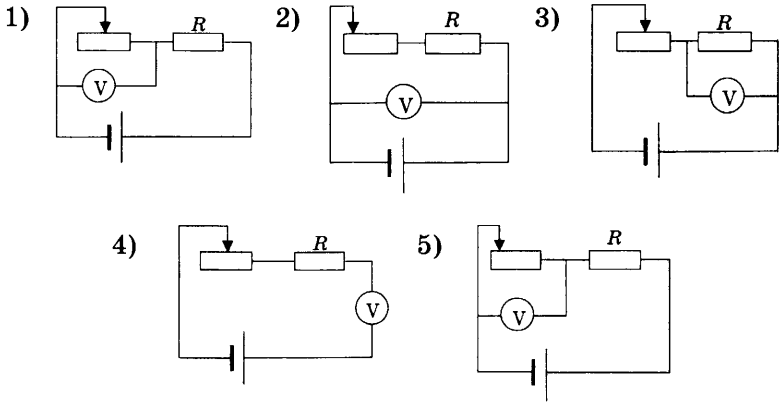
Количество падающих за 1 с фотонов	Максимальная кинетическая энергия электронов

22. Предел измерений гальванометра 1 А, на шкале прибора имеются 100 делений. Какова цена деления гальванометра с учетом погрешности? Погрешность равна половине цены деления.

Ответ: (_____ \pm _____) мА.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Во время лабораторной работы необходимо было проверить зависимость напряжения на реостате от длины подключенной части реостата. Выберите две схемы, с помощью которых можно провести этот эксперимент.



Ответ:

24. Ниже приведена таблица, содержащая характеристики некоторых звезд.

Название	Радиус, км	Масса, кг	Расстояние, св. лет	Температура поверхности, К
Вега	$1,95 \cdot 10^6$	$4,20 \cdot 10^{30}$	25,3	9600
Арктур	$1,79 \cdot 10^7$	$2,2 \cdot 10^{30}$	36,7	4300
Полярная А	$1,6 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^{31}$	434	7000
Альтаир	$1,16 \cdot 10^6$	$3,6 \cdot 10^{30}$	17	8000
Спика А	$4,87 \cdot 10^6$	$2,0 \cdot 10^{31}$	262	22 000
Регул А	$2,44 \cdot 10^6$	$7,0 \cdot 10^{30}$	77	10 300
Алиот	$2,58 \cdot 10^6$	$6,0 \cdot 10^{30}$	81	9400
Антарес	$5,57 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^{31}$	600	3400

Масса Солнца составляет $2 \cdot 10^{30}$ кг.

Выберите все верные утверждения.

- 1) Звезда Вега является красным гигантом.
- 2) Плотность Альтаира примерно равна плотности Солнца.

- 3) Полярная звезда является желтым гигантом.
 4) Свет Солнца достигнет Антареса через 600 лет.
 5) Объем Спики А в 343 раза больше объема Солнца.

Ответ: _____.

Часть 2

Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. Рабочее тело теплового двигателя, находящегося в контакте с холодильником, медленно сжимают, а затем нагревают до температуры нагревателя. Начальное состояние газа характеризуется параметрами $p_0, 2V_0, T_0$, конечное состояние — $4p_0, V_0, 2T_0$. Количество вещества не меняется. Постройте график зависимости давления газа от его температуры в описанном процессе. Построение поясните, указав, какие физические закономерности вы применили.

Полное правильное решение каждой из задач 26–32 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.

26. Шарик массой 50 г бросили вертикально вниз с высоты 5 м с начальной скоростью 2 м/с. Перед ударом о землю скорость шарика была 8 м/с. Чему равна сила сопротивления движению шарика?

27. Две частицы, отношение масс которых $\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{4}$, отноше-

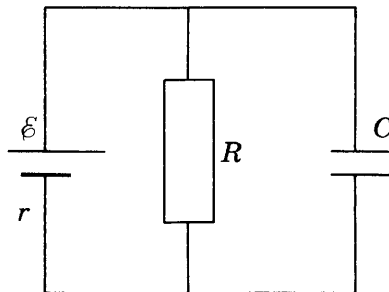
ние зарядов $\frac{q_1}{q_2} = \frac{1}{2}$, попадают в однородное магнитное

поле, вектор магнитной индукции которого перпендикулярен векторам скорости частиц. Отношение радиусов кривизны траекторий первой и второй частиц в магнит-

ном поле $\frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{\sqrt{2}}$. Чему равно отношение кинетических

энергий частиц $\frac{E_{к1}}{E_{к2}}$?

28. На дифракционную решетку с количеством штрихов 500 на 1 мм перпендикулярно падает свет. Для некоторой длины волны максимум второго порядка наблюдается под углом 30° . Определите длину волны.
29. Шар, наполовину погруженный в воду, лежит на дне сосуда. Масса шара 2 кг, плотность шара 8000 кг/м^3 . С какой силой шар давит на дно сосуда? Сделайте схематический рисунок с указанием действующих на шар сил.
30. Горизонтальный теплоизолированный сосуд разделен на две равные части закрепленной нетеплопроводной перегородкой. В одной части сосуда находится 3 моль гелия при температуре 250 К и давлении 50 кПа, в другой — 2 моль неона при температуре 300 К и давлении 80 кПа. Перегородку убирают. Определите давление газов в сосуде после установления равновесия.
31. К источнику тока с ЭДС $\mathcal{E} = 5 \text{ В}$ и внутренним сопротивлением $r = 1 \text{ Ом}$ подключили параллельно соединенные резистор сопротивлением $R = 4 \text{ Ом}$ и плоский конденсатор емкостью $C = 10^{-6} \text{ Ф}$. Каков заряд конденсатора?



32. В идеальном колебательном контуре происходят электромагнитные колебания с периодом $8\pi \cdot 10^{-4} \text{ с}$. В некоторый момент времени заряд конденсатора равен 5 нКл, а сила тока в контуре 8 мкА. Чему равна амплитуда колебаний заряда конденсатора?

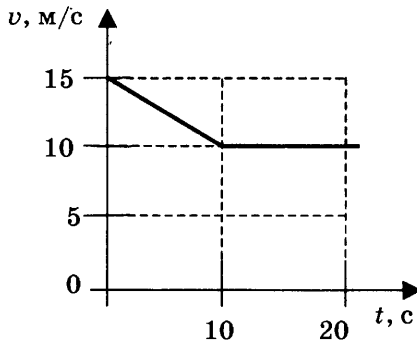
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания

ВАРИАНТ 6

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости скорости велосипедиста от времени.



Найдите путь, пройденный велосипедистом за 20 с.

Ответ: _____ м.

2. При исследовании зависимости удлинения x пружины от приложенной силы F были получены следующие данные:

F , Н	1,2	1,4	1,6	1,8
x , см	2,4	2,8	3,2	3,6

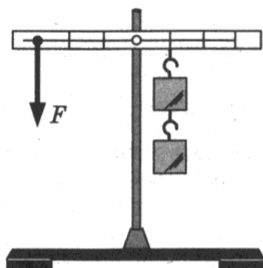
Чему равен коэффициент упругости пружины?

Ответ: _____ Н/м.

3. Тело массой 1 кг движется прямолинейно со скоростью 2 м/с. После действия на тело в течение 3 с постоянной силы импульс тела стал равен 11 кг · м/с. Чему равна величина силы?

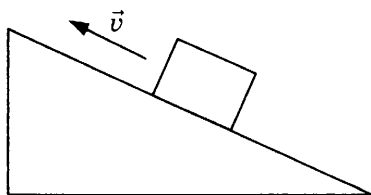
Ответ: _____ Н.

4. Масса каждого груза, подвешенного к рычагу, равна 0,6 кг. Рычаг находится в равновесии, если к нему приложена сила F , как показано на рисунке. Чему равно значение силы F ?



Ответ: _____ Н.

5. Бруску массой 400 г сообщили скорость v , направленную вверх вдоль наклонной плоскости, как показано на рисунке. Выберите **два** верных утверждения, соответствующих этому опыту.



- 1) Равнодействующая всех приложенных к телу сил направлена вверх вдоль наклонной плоскости.
- 2) Равнодействующая всех приложенных к телу сил направлена вниз вдоль наклонной плоскости.
- 3) Сила давления бруска на плоскость направлена вертикально вниз.
- 4) Сила давления бруска на плоскость направлена вниз, перпендикулярно наклонной плоскости.
- 5) Действующая на брусок сила тяжести направлена вниз, перпендикулярно наклонной плоскости.

Ответ:

6. Тело брошено вертикально вверх со скоростью v_0 , сопротивлением воздуха можно пренебречь. Как изменятся при движении тела вверх его ускорение и потенциальная энергия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

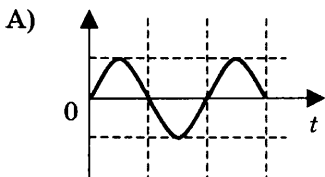
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ускорение	Потенциальная энергия

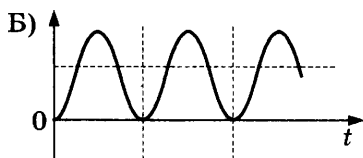
7. Пружинный маятник совершает свободные незатухающие колебания. На графиках А и Б представлены изменения со временем физических величин, характеризующих колебания маятника. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, которым соответствуют эти зависимости. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИК



ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

- 1) смещение от положения равновесия
- 2) период колебаний
- 3) потенциальная энергия колебаний
- 4) полная энергия колебаний



Ответ:

А	Б

8. При постоянном объеме температура одного моля идеального газа увеличилась в 3 раза. Начальное давление газа 50 кПа. Каково конечное давление газа?

Ответ: _____ кПа.

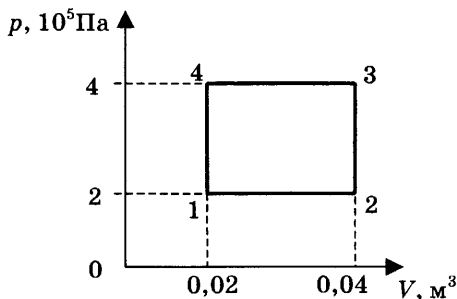
9. Одноатомный идеальный газ в количестве 2 моль совершает работу 166 Дж, температура газа при этом увеличилась на 10 К. Какое количество теплоты было сообщено газу? Ответ округлите до целых.

Ответ: _____ Дж.

10. Двигатель совершает за 1 цикл полезную работу 500 Дж и имеет КПД, равный 40 %. Какое количество теплоты двигатель передает за 1 цикл холодильнику?

Ответ: _____ Дж.

11. На рисунке показан график процесса, происходящего с постоянной массой газа. Выберите **два** верных утверждения, соответствующих этому процессу.



- 1) В процессе 4–1 происходит изохорное охлаждение газа.
- 2) В процессе 3–4 газ совершает положительную работу.
- 3) В процессе 2–3 над газом совершают работу.
- 4) В процессе 2–3 газ получает тепло.
- 5) В процессе 1–2 газ отдает тепло.

Ответ:

12. Установите соответствие между физическими величинами (левый столбец) и формулами, по которым их можно рассчитать (правый столбец)

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ФОРМУЛА ДЛЯ РАСЧЕТА

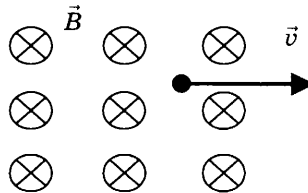
- А) количество теплоты
 Б) внутренняя энергия одноатомного газа

- 1) $\frac{3}{2}vR\Delta T$
 2) $p\Delta V$
 3) $cm\Delta T$
 4) $\frac{3}{2}vRT$

Ответ:

А	Б

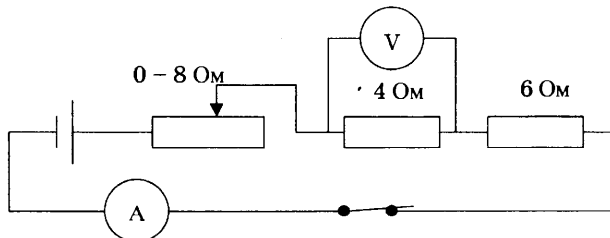
13. Отрицательно заряженная частица движется в однородном магнитном поле со скоростью v . Вектор скорости частицы направлен перпендикулярно вектору магнитной индукции.



Как направлена (вниз, вверх, вправо, влево, от наблюдателя, к наблюдателю) действующая на частицу сила? Ответ запишите словом (словами).

Ответ: _____.

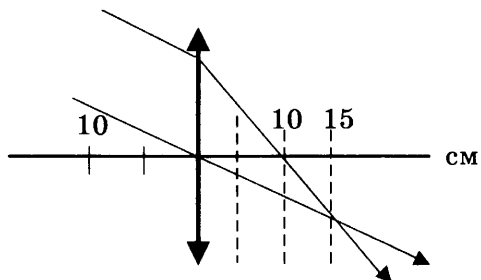
14. На рисунке представлена электрическая цепь.



Вольтметр показывает напряжение 2 В. Какую силу тока показывает амперметр?

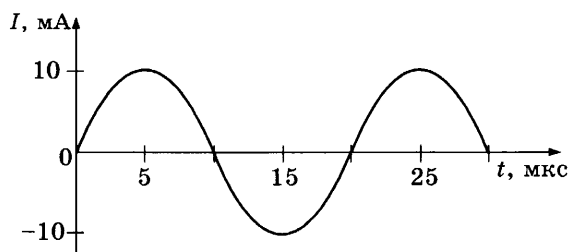
Ответ: _____ А.

15. На рисунке показано прохождение двух лучей через собирающую линзу. Чему равно фокусное расстояние линзы?



Ответ: _____ см.

16. На рисунке приведен график гармонических колебаний тока в колебательном контуре. Выберите **два** верных утверждения.



- 1) Период колебаний равен 10 мкс.
- 2) Период колебаний равен 20 мкс.
- 3) Электрическая энергия принимает наибольшие значения в моменты времени 5 и 25 мкс.
- 4) Магнитная энергия принимает наибольшее значение только в момент времени 5 мкс.
- 5) Магнитная энергия принимает наибольшие значения в моменты времени 5, 15 и 25 мкс.

Ответ:

17. Плоский воздушный конденсатор емкостью C подключили к источнику тока. Как изменятся емкость конденсатора и его заряд, если, отключив конденсатор от источника тока, увеличить расстояние между его обкладками?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

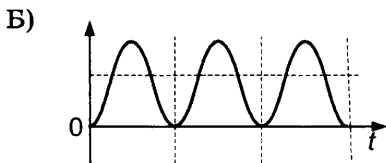
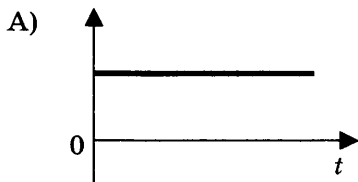
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Емкость конденсатора	Заряд конденсатора

18. В идеальном колебательном контуре происходят электромагнитные колебания. На графиках А и Б представлены изменения со временем физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в контуре. В момент времени $t = 0$ зарядили конденсатор. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, которым соответствуют эти зависимости. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИК



ФИЗИЧЕСКАЯ
ВЕЛИЧИНА

- 1) сила тока в контуре
- 2) заряд конденсатора
- 3) период колебаний
- 4) энергия магнитного поля катушки

Ответ:

А	Б

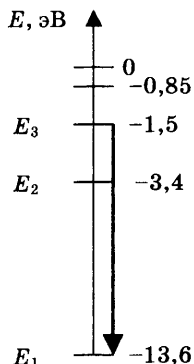
19. Радиоактивный торий ${}^{232}_{90}\text{Th}$ испытал 2 α -распада и превратился в изотоп другого элемента. Определите зарядовое Z и массовое A числа этого изотопа.

Ответ:

Z	A

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. На рисунке показаны энергетические уровни атома водорода.



Какая энергия выделяется при переходе, показанном на рисунке стрелкой?

Ответ: _____ эВ.

21. При измерении давления света на поверхность увеличили интенсивность падающего света, не изменяя частоты. Как при этом изменятся длина световой волны и количество фотонов, падающих на поверхность каждую секунду?

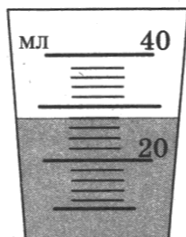
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина волны	Количество фотонов, падающих на поверхность за 1 с

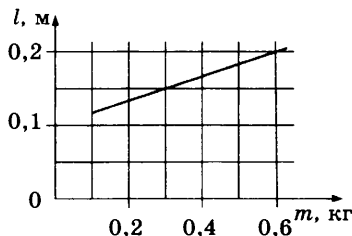
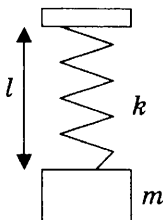
22. На рисунке показана мензурка, в которую налита вода. Погрешность измерений равна цене деления мензурки. Определите объем воды в мензурке с учетом погрешности.



Ответ: (_____ \pm _____) мл.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. На графике представлены результаты измерения длины пружины l при различных значениях массы m подвешенных к пружине грузов.



Выберите **два** утверждения, соответствующих результатам измерений.

- 1) Длина недеформированной пружины равна 10 см.
- 2) При массе груза, равной 300 г, удлинение пружины составляет 15 см.
- 3) Коэффициент жесткости пружины примерно равен 60 Н/м.
- 4) С увеличением массы груза коэффициент жесткости пружины увеличивался.
- 5) В условиях эксперимента закон Гука не выполнялся.

Ответ:

24. Ниже приведена таблица, содержащая характеристики некоторых звезд.

Название	Радиус, в радиусах Солнца	Масса, кг	Расстояние, св. лет	Температура поверхности, К
Вега	2,8	$4,20 \cdot 10^{30}$	25,3	9600
Арктур	25,7	$2,2 \cdot 10^{30}$	36,7	4300
Полярная А	23	$1,2 \cdot 10^{31}$	434	7000
Альтаир	1,7	$3,6 \cdot 10^{30}$	17	8000
Спика А	7	$2,0 \cdot 10^{31}$	262	22 000
Регул А	3,5	$7,0 \cdot 10^{30}$	77	10 300
Алиот	3,7	$6,0 \cdot 10^{30}$	81	9400
Антарес	800	$2,5 \cdot 10^{31}$	600	3400

Масса Солнца составляет $2 \cdot 10^{30}$ кг.

Выберите все верные утверждения.

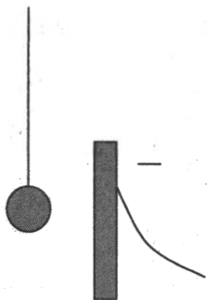
- 1) Вега является красным гигантом.
- 2) Звезда Альтаир относится к белым звездам.
- 3) Масса звезды Алиот в 3 раза больше массы Солнца.
- 4) Плотность звезды Спика А в 34,3 раза меньше плотности Солнца.
- 5) Свет Полярной звезды идет до Земли дольше, чем свет Антареса.

Ответ: _____.

Часть 2

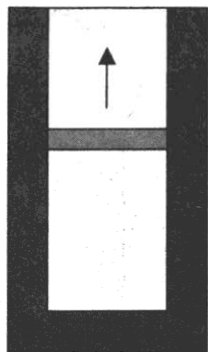
Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. Маленький легкий незаряженный металлический шарик подвесили на непроводящей нити вблизи металлической пластины, которую подключили к отрицательному полюсу источника тока. Опишите движение шарика и объясните его, указав, какими физическими явлениями и закономерностями оно вызвано.



Полное правильное решение каждой из задач 26–32 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.

26. Небольшой груз массой 200 г совершает гармонические колебания по закону $x = 0,05 \cdot \sin(2\pi t)$ (м). Чему равна максимальная кинетическая энергия груза?
27. Проводник длиной 20 см и массой 20 г находится в однородном магнитном поле индукцией 0,05 Тл и расположен перпендикулярно линиям индукции. Ток какой силы нужно пропустить по проводнику, чтобы сила, действующая на проводник со стороны магнитного поля, уравновесила силу тяжести проводника?
28. Иголочка высотой 3 см расположена перпендикулярно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии 40 см от линзы. Оптическая сила линзы 3 дптр. Найдите высоту изображения иголочки.
29. Небольшое тело соскальзывает без трения с вершины полусферы радиусом $R = 1,5$ м. На какой высоте над центром полусферы тело оторвется от ее поверхности?
30. В вертикальном теплоизолированном цилиндрическом сосуде под поршнем находится 0,5 моль гелия, нагретого до некоторой температуры. Поршень сначала удерживают, затем отпускают, и он начинает подниматься. Масса поршня 1 кг. Какую скорость приобретет поршень к моменту, когда поршень поднимется на 4 см, а гелий охладится на 20 К? Трением и теплообменом с поршнем пренебречь.



31. К источнику тока с внутренним сопротивлением $r = 1,5$ Ом подключен реостат, сопротивление которого можно изменять в пределах от 1 Ом до 10 Ом. Максимальная мощность, выделяемая на реостате, $P = 37,5$ Вт. Чему равна ЭДС источника тока?
32. Работа выхода электрона из металлической пластины:

$$A_{\text{вых}} = 3,68 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

Какова максимальная скорость электронов, выбиваемых из пластины светом с частотой $\nu = 7 \cdot 10^{14}$ Гц?

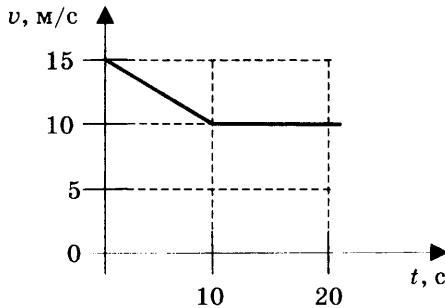
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания

ВАРИАНТ 7

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости скорости велосипедиста от времени.



- Чему равно ускорение велосипедиста в интервале времени от 10 до 20 с?

Ответ: _____ м/с².

2. Ускорение свободного падения на Луне равно 1,6 м/с². Какова сила тяжести, действующая на Луне на космонавта массой 80 кг?

Ответ: _____ Н.

3. Шар массой 0,5 кг движется со скоростью 2 м/с, навстречу ему со скоростью 1 м/с движется шар массой 1 кг. Чему равен импульс системы после неупругого удара?



Ответ: _____ кг · м/с.

4. Гармоническое колебание происходит в соответствии с уравнением $x = 0,04 \cos 2\pi t$ (все величины заданы в системе СИ). Чему равен период колебаний?

Ответ: _____ с.

5. Бруску, находящемуся на горизонтальной шероховатой поверхности, сообщили скорость v .

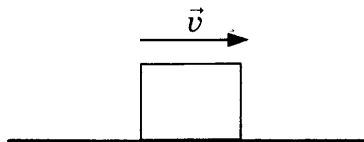
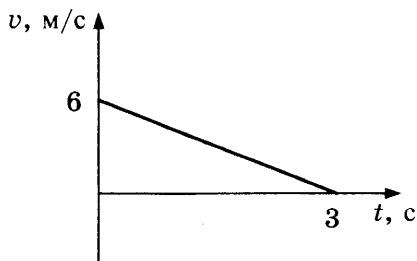


График зависимости скорости бруска от времени показан на рисунке. Выберите *два* верных утверждения.



- 1) Результирующая сила, действующая на брусок, равна нулю.
- 2) Результирующая сила, действующая на брусок, сонаправлена со скоростью.
- 3) Результирующая сила, действующая на брусок, направлена противоположно скорости.
- 4) Коэффициент трения равен 0,3.
- 5) Путь, пройденный бруском, равен 9 м.

Ответ:

6. Тело брошено вертикально вверх со скоростью v_0 , сопротивлением воздуха можно пренебречь. Как изменятся при движении тела вверх его ускорение и кинетическая энергия?

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.

Ускорение	Кинетическая энергия

7. Установите соответствие между записанными в первом столбце видами движения и формулами, по которым можно рассчитать их характеристики.

ВИД ДВИЖЕНИЯ

ФОРМУЛА ДВИЖЕНИЯ

А) равномерное

1) $v = vt + \frac{at^2}{2}$

Б) равноускоренное

2) $v = \frac{s}{t}$

3) $v = \frac{a}{t}$

4) $v = v_0 + at$

Ответ:

А	Б

8. Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул кислорода $E_k = 2,4 \cdot 10^{-21}$ Дж. Какова средняя квадратичная скорость молекул? Ответ округлите до целых.

Ответ: _____ м/с.

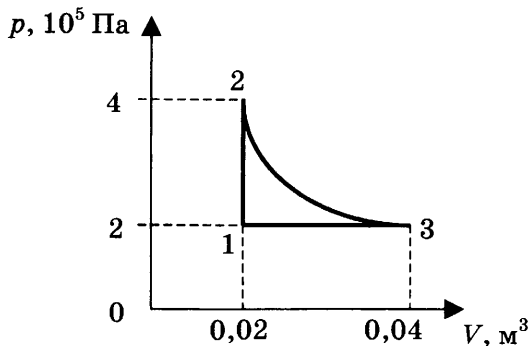
9. При адиабатическом расширении идеального одноатомного газа в количестве 2 моль внешние силы совершили над газом работу -500 Дж. Чему равно изменение внутренней энергии газа?

Ответ: _____ Дж.

10. На сколько градусов нагреется медный брусок массой 800 г, если сообщить ему количество теплоты $20,064$ кДж?

Ответ: _____ °С.

11. На рисунке показан график процесса, происходящего с постоянной массой газа. Выберите *два* верных утверждения, соответствующих этому процессу.



- 1) В процессе 1–2 происходит изохорное охлаждение газа.
- 2) В процессе 3–1 газ совершает положительную работу.
- 3) В процессе 2–3 газ совершает положительную работу.
- 4) В процессе 2–3 газ получает тепло.
- 5) В процессе 1–2 газ отдает тепло.

Ответ:

--	--

12. В сосуде неизменного объема находится смесь сухого воздуха и насыщенного водяного пара. Температура понизилась, при этом произошла частичная конденсация пара. Как изменились в результате парциальные давления сухого воздуха и пара?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилось
- 2) уменьшилось
- 3) не изменилось

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

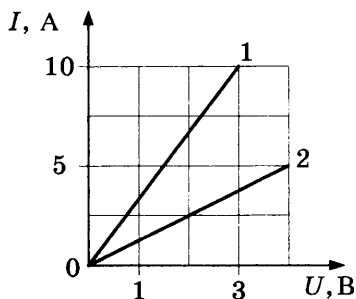
Парциальное давление сухого воздуха	Парциальное давление пара

13. На рисунке изображены два одинаковых по модулю электрических заряда. Как направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) напряженность электрического поля, создаваемого этими зарядами в точке O ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: _____.

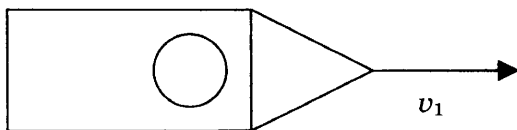
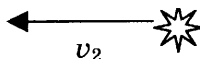
14. Зависимость силы тока от напряжения для различных проводников представлена на рисунке.



Какую мощность выделяет ток в проводнике 2 при напряжении 2 В?

Ответ: _____ Вт.

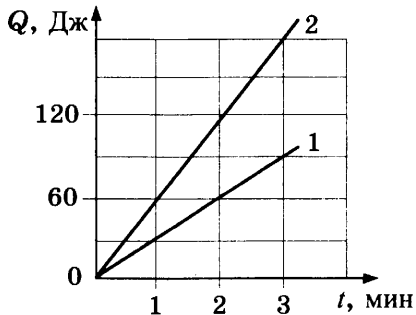
15. С борта космического корабля, движущегося со скоростью $v_1 = 10$ км/с, наблюдают источник света, движущийся со скоростью $v_2 = 50$ км/с (см. рис.). Свет от неподвижного источника распространяется со скоростью $c = 300\,000$ км/с.



С какой скоростью распространяется свет в системе отсчета корабля?

Ответ: _____ км/с.

16. Два проводника соединены последовательно и подключены к источнику тока. Сопротивление первого проводника 40 Ом. На графике представлены результаты измерения количества теплоты, выделяющегося на проводниках, в зависимости от времени. Выберите **два** утверждения, соответствующих данным измерениям.



- 1) Сопротивление второго проводника равно 20 Ом.
- 2) Сопротивление второго проводника равно 80 Ом.
- 3) Тепловая мощность, выделяющаяся на первом проводнике, равна 30 Вт.
- 4) С увеличением времени тепловая мощность уменьшается.
- 5) Тепловая мощность, выделяющаяся на втором проводнике, равна 1 Вт.

Ответ:

--	--

17. Плоский воздушный конденсатор емкостью C подключили к источнику тока. Как изменятся емкость конденсатора и напряжение между его обкладками, если, не отключая конденсатор от источника тока, уменьшить расстояние между его обкладками?

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.

Емкость конденсатора	Напряжение между обкладками конденсатора

18. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ФОРМУЛА

А) ЭДС источника тока

1) IR

Б) напряжение на участке цепи

2) $I(R+r)$

3) $\frac{LI^2}{2}$

4) $\rho \frac{l}{S}$

Ответ:

А	Б

19. Сколько нейтронов и протонов содержится в ядре атома углерода ${}^1_6\text{C}$?

Ответ:

Число нейтронов	Число протонов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. В образце стронция с периодом полураспада 28 лет содержится $4 \cdot 10^{12}$ атомов. Во сколько раз уменьшится через 56 лет количество атомов стронция в образце?

Ответ: _____ раз.

21. При измерении давления света на поверхность уменьшили число фотонов, падающих на поверхность каждую секунду, не изменяя длины волны. Как при этом изменятся интенсивность падающего света и его частота?

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.

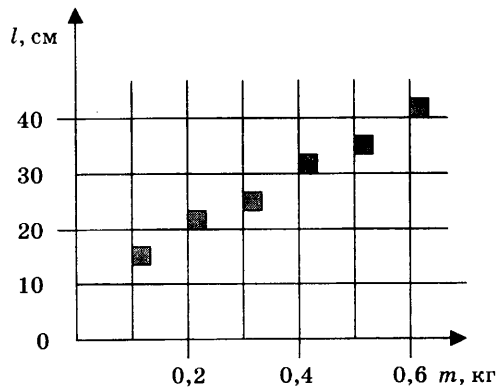
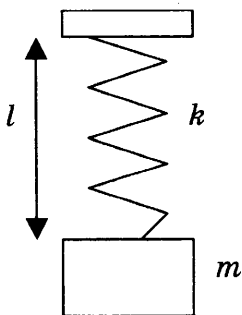
Интенсивность	Частота

22. Предел измерений гальванометра 1 А, на шкале прибора имеются 100 делений, внутреннее сопротивление прибора 100 Ом. Каков предел измерений напряжения данного прибора с учетом погрешности? Погрешность равна цене деления.

Ответ: (_____ ± _____) В.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. На графике представлены результаты измерения длины пружины l при различных значениях массы m подвешенных к пружине грузов. Погрешность измерения массы $\Delta m = \pm 0,01$ кг, длины $\Delta l = \pm 1$ см.



Выберите *два* утверждения, соответствующих результатам этих измерений.

- 1) Коэффициент упругости пружины равен 60 Н/м.
- 2) Коэффициент упругости пружины равен 20 Н/м.
- 3) При подвешенном к пружине грузе массой 500 г ее удлинение составит 35 см.
- 4) При подвешенном к пружине грузе массой 300 г ее удлинение составит 15 см.
- 5) С увеличением массы длина пружины не изменяется.

Ответ:

--	--

24. Ниже приведена таблица, содержащая характеристики планет Солнечной системы.

Название	Радиус, км	Масса, кг	Среднее расстояние от Солнца, км	Период вращения вокруг оси, ч
Меркурий	2439	$3,30 \cdot 10^{23}$	$57,9 \cdot 10^6$	1411,2
Венера	6052	$4,87 \cdot 10^{24}$	$108,2 \cdot 10^6$	5832
Земля	6378	$5,98 \cdot 10^{24}$	$149,6 \cdot 10^6$	24
Марс	3398	$6,42 \cdot 10^{23}$	$227,94 \cdot 10^6$	24,6
Юпитер	71 492	$1,90 \cdot 10^{27}$	$778 \cdot 10^6$	9,8
Сатурн	60 268	$5,69 \cdot 10^{26}$	$1429 \cdot 10^6$	10,2
Уран	25 559	$8,69 \cdot 10^{25}$	$2871 \cdot 10^6$	10,8
Нептун	24 764	$1,02 \cdot 10^{26}$	$4504 \cdot 10^6$	15,7

Выберите все верные утверждения.

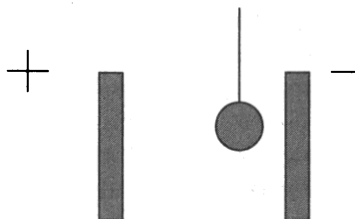
- 1) Ускорения свободного падения на поверхности Венеры и Урана примерно равны.
- 2) Ускорение свободного падения на поверхности планеты зависит только от ее радиуса.
- 3) Первая космическая скорость для Марса равна 8 км/с.
- 4) Вторая космическая скорость для Венеры примерно равна 10 км/с.
- 5) Для того чтобы покинуть поверхность Урана, нужно иметь скорость не менее 15,6 км/с.

Ответ: _____.

Часть 2

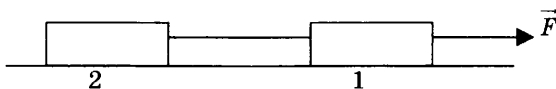
Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. Маленький легкий незаряженный металлический шарик, подвешенный на диэлектрической нити, поместили между пластинами плоского конденсатора, который подключили к источнику тока. Опишите движение шарика и объясните его, указав, какими физическими явлениями и закономерностями оно вызвано.



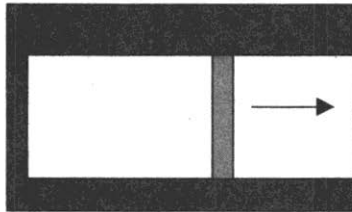
Полное правильное решение каждой из задач 26–32 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

26. По гладкой горизонтальной поверхности под действием силы \vec{F} движутся одинаковые бруски, связанные нитью, как показано на рисунке. На второй брусок положили еще один такой же.



- Чему будет равно отношение первоначальной силы натяжения нити между брусками к силе натяжения после добавления еще одного бруска $F_{н1}/F_{н2}$?
27. В термос с большим количеством воды при температуре $t_1 = 0^\circ\text{C}$ кладут $m = 3$ кг льда с температурой $t_2 = -22^\circ\text{C}$. Какая масса воды замерзнет при установлении теплового равновесия в сосуде?

28. Самолет движется горизонтально с постоянной скоростью $v = 200$ м/с. 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 равна $\mathcal{E} = 0,55$ В. Чему равен размах крыльев самолета?
29. Тело, свободно падающее без начальной скорости с некоторой высоты, за последнюю секунду падения проходит путь, в 7 раз больший, чем за первую секунду движения. Найдите высоту, с которой падает тело.
30. В горизонтальном теплоизолированном цилиндрическом сосуде под поршнем находится 0,5 моль гелия, нагретого до некоторой температуры. Поршень сначала удерживают, затем отпускают, и он начинает двигаться. Масса поршня 1 кг. Какую скорость приобретет поршень к моменту, когда гелий охладится на 10 К? Трением и теплообменом с поршнем пренебречь.



31. Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 20 мкФ и катушки индуктивностью 4,5 мГн. Амплитуда колебаний силы тока 6 мА. Какова амплитуда колебаний заряда конденсатора в контуре?
32. Красная граница фотоэффекта для калия $\lambda_0 = 577$ нм. Поверхность калия освещается светом длиной волны $\lambda = 400$ нм. Вблизи поверхности создано однородное тормозящее поле с напряженностью $E = 50$ В/м, направленное перпендикулярно поверхности. Через какое время после вылета из поверхности фотоэлектрон остановится? Считать, что электрон вылетает перпендикулярно поверхности и обладает максимально возможной скоростью.

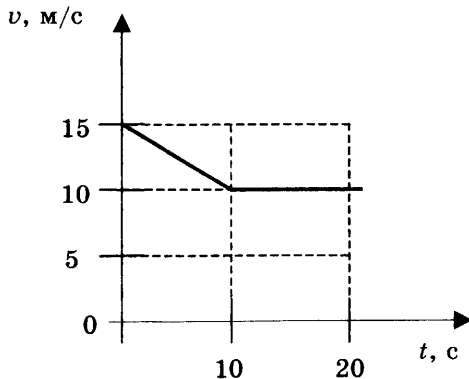
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания

ВАРИАНТ 8

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости скорости велосипедиста от времени.



Чему равен модуль ускорения велосипедиста в интервале времени от 5 до 10 с?

Ответ: _____ м/с².

2. На тележке, движущейся горизонтально с постоянным ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$, покоится брусок массой 3 кг. Чему равна сила трения, действующая на тележку со стороны бруска?

Ответ: _____ Н.

3. Тело массой 2 кг движется прямолинейно со скоростью 2 м/с. После действия на тело постоянной силы величиной 5 Н в течение некоторого промежутка времени импульс тела стал равен $24 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. Сколько времени действовала сила?

Ответ: _____ с.

4. Человеческое ухо воспринимает звуковые волны, длины которых лежат в интервале от $\lambda_1 = 16$ мм до $\lambda_2 = 20$ м. Чему равно отношение граничных частот звуковых волн $\frac{v_1}{v_2}$ этого интервала?

Ответ: _____.

5. Автомобиль массой 1 т едет по дороге, образующей дугу окружности, с постоянной скоростью. Коэффициент трения скольжения 0,4. Выберите **два** верных утверждения, соответствующих этому случаю.

- 1) Сумма всех сил, действующих на автомобиль, равна нулю.
- 2) Сумма всех сил, действующих на автомобиль, больше нуля.
- 3) На автомобиль действует сила трения скольжения 4 кН.
- 4) На автомобиль действует сила трения покоя, меньшая или равная 4 кН.
- 5) Сила давления автомобиля на дорогу больше 10 кН.

Ответ:

6. Тело брошено с некоторой высоты горизонтально со скоростью v_0 , сопротивлением воздуха можно пренебречь. Как изменятся при движении тела действующая на него сила тяжести и потенциальная энергия?

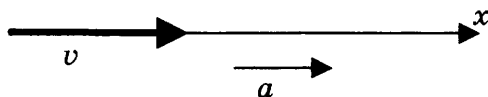
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тяжести	Потенциальная энергия

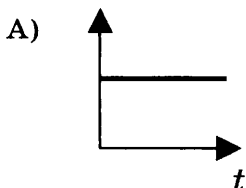
7. Тело движется прямолинейно с постоянным ускорением.



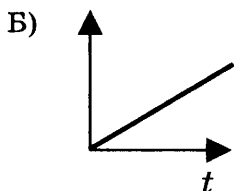
Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИК

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА



- 1) импульс тела
- 2) равнодействующая сила
- 3) кинетическая энергия тела
- 4) координата тела



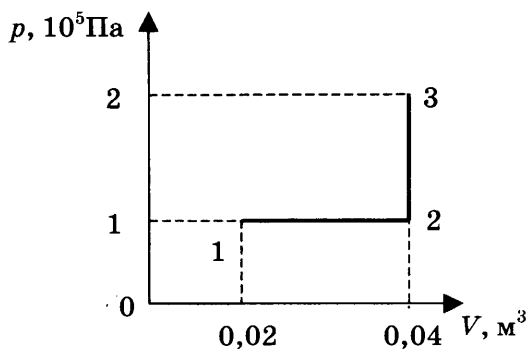
Ответ:

А	Б

8. Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул одноатомного газа $E_k = 4,14 \cdot 10^{-21}$ Дж. Определите температуру газа.

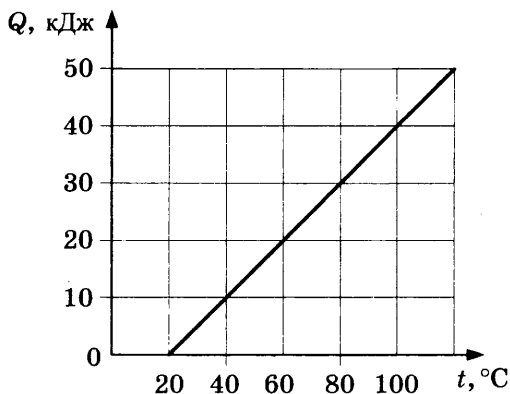
Ответ: _____ К.

9. На сколько изменяется внутренняя энергия идеального одноатомного газа при переходе из состояния 1 в состояние 3 (см. рисунок)?



Ответ: _____ кДж.

10. На рисунке представлен график зависимости количества теплоты, полученного двумя килограммами вещества, от температуры.



Чему равна удельная теплоемкость этого вещества?

Ответ: _____ Дж/кг · К.

11. В сосуде неизменного объема находится смесь двух идеальных газов: кислорода в количестве 1 моль и азота в количестве 4 моль. В сосуд добавили еще 1 моль кислорода, а затем выпустили половину содержимого сосуда. Температура оставалась постоянной. Выберите *два* верных утверждения, соответствующих конечному состоянию смеси газов.

- 1) Парциальное давление кислорода не изменилось.
- 2) Парциальное давление кислорода увеличилось.

- 3) Парциальное давление азота не изменилось.
 4) Давление смеси газов не изменилось.
 5) Давление смеси газов уменьшилось.

Ответ:

--	--

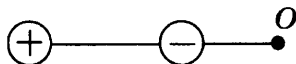
12. Установите соответствие между названием изопроцесса (левый столбец) и формулами, описывающими превращения энергии в этих процессах (правый столбец, Q — количество теплоты, ΔU — изменение внутренней энергии, A — работа газа).

НАЗВАНИЕ ИЗОПРОЦЕССА	ФОРМУЛА ДЛЯ РАСЧЕТА
А) изобарный	1) $Q = \Delta U + A$
Б) изотермический	2) $Q = A$
	3) $Q = \Delta U$
	4) $\Delta U = -A$

Ответ:

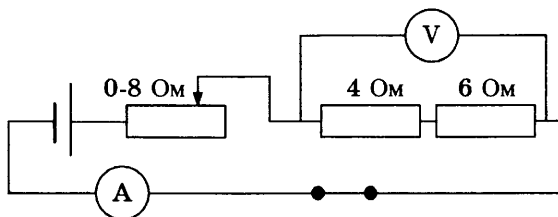
А	Б

13. На рисунке изображены два одинаковых по модулю электрических заряда. Как направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) напряженность электрического поля, создаваемого этими зарядами в точке O ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: _____.

14. На рисунке представлена электрическая цепь.

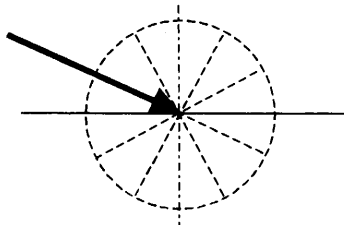


Вольтметр показывает напряжение 12 В. Какую силу тока показывает амперметр?

Ответ: _____ А.

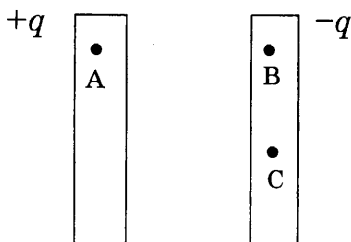
15. Луч света проходит из воздуха в стекло, как показано на рисунке. Показатель преломления стекла 1,5. Пользуясь приведенной таблицей, найдите угол преломления.

$\sin\beta$	0,33	0,43	0,58	0,70
β	19°	25°	35°	45°



Ответ: _____ $^\circ$.

16. Две металлические пластины заряжены равными разноименными зарядами, как показано на рисунке. Потенциал точки А равен 10 В. Выберите *два* верных утверждения.



- 1) Потенциалы точек А, В и С одинаковы.
- 2) Потенциал точки В больше 10 В.
- 3) Потенциалы точек В и С равны.
- 4) Потенциал точки С меньше 10 В.
- 5) Разность потенциалов точек В и А не зависит от расстояния между пластинами.

Ответ:

17. Плоский воздушный конденсатор емкостью C подключили к источнику тока. Как изменятся емкость конденсатора и напряжение между его обкладками, если, отключив конденсатор от источника тока, заполнить пространство между его обкладками диэлектриком?

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.

Емкость конденсатора	Напряжение между обкладками конденсатора

18. Предмет находится на расстоянии d от собирающей линзы с фокусным расстоянием F . Расстояние от линзы до изображения f , оптическая сила линзы D . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ФОРМУЛА

А) оптическая сила линзы

Б) расстояние от линзы до изображения

1) $D = \frac{1}{d}$

2) $f = \frac{Fd}{d - F}$

3) $D = \frac{1}{F}$

4) $f = \frac{Fd}{d + F}$

Ответ:

А	Б

19. Радиоактивный полоний ${}_{84}^{214}\text{Po}$, испытав 1 α -распад и 2 β -распада, превратился в изотоп с зарядовым числом Z и массовым числом A . Определите зарядовое и массовое числа этого изотопа.

Ответ:

Z	A

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Частота ультрафиолетового излучения 10^{15} Гц. Чему равен импульс одного фотона ультрафиолетового излучения, умноженный на 10^{27} ? Ответ округлите до десятых.

Ответ: _____ кг · м/с.

21. При измерении давления света на поверхность увеличили частоту падающего света, не изменяя число фотонов, падающих на поверхность каждую секунду. Как при этом изменятся интенсивность падающего света и давление, оказываемое на поверхность?

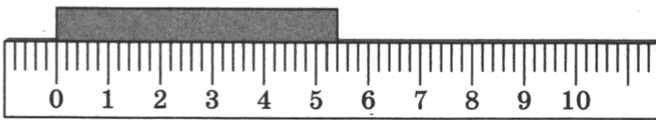
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Интенсивность	Давление

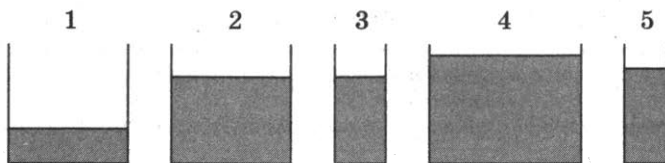
22. С помощью линейки измерили длину бруска. Считая, что погрешность измерений равна цене деления прибора, запишите длину бруска с учетом погрешности.



Ответ: (_____ ± _____) см.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. В цилиндрический сосуд налита жидкость. Была высказана гипотеза, что давление жидкости на дно сосуда зависит от площади дна сосуда. Какие два опыта из представленных ниже нужно выбрать для проверки этой гипотезы?



Ответ:

24. Ниже приведена таблица, содержащая характеристики планет Солнечной системы.

Название	Радиус, км	Масса, кг	Среднее расстояние от Солнца, км	Период вращения вокруг оси, ч
Меркурий	2439	$3,30 \cdot 10^{23}$	$57,9 \cdot 10^6$	1411,2
Венера	6052	$4,87 \cdot 10^{24}$	$108,2 \cdot 10^6$	5832
Земля	6378	$5,98 \cdot 10^{24}$	$149,6 \cdot 10^6$	24
Марс	3398	$6,42 \cdot 10^{23}$	$227,94 \cdot 10^6$	24,6
Юпитер	71 492	$1,90 \cdot 10^{27}$	$778 \cdot 10^6$	9,8
Сатурн	60 268	$5,69 \cdot 10^{26}$	$1429 \cdot 10^6$	10,2
Уран	25 559	$8,69 \cdot 10^{25}$	$2871 \cdot 10^6$	10,8
Нептун	24 764	$1,02 \cdot 10^{26}$	$4504 \cdot 10^6$	15,7

Выберите все верные утверждения.

- 1) Ускорение свободного падения на поверхности планеты зависит от массы планеты и ее радиуса.
- 2) Ускорения свободного падения на поверхности Меркурия и Марса примерно равны.
- 3) Юпитер находится от Солнца на расстоянии примерно 8 астрономических единиц.
- 4) Первые космические скорости для Урана и Сатурна примерно равны.
- 5) Чем больше ускорение свободного падения на поверхности планеты, тем больше первая космическая скорость для этой планеты.

Ответ: _____.

Часть 2

Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. 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

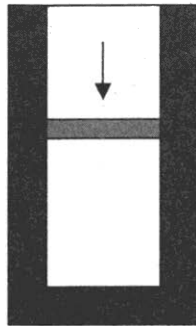
$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	0	2	4	6	8	10	12	14
$p, \text{ кПа}$	0,611	0,705	0,813	0,934	1,07	1,23	1,4	1,59

$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	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 26–32 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.

26. Шайбе массой 100 г , находящейся на наклонной плоскости, сообщили скорость 4 м/с , направленную вверх вдоль наклонной плоскости. Шайба остановилась на расстоянии 1 м от начала движения. Угол наклона плоскости 30° . Чему равна сила трения шайбы о плоскость?
27. В термос 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 замерзнет при установлении теплового равновесия?

28. Две частицы с одинаковыми массами и отношением зарядов $\frac{q_1}{q_2} = \frac{1}{2}$ попадают в однородное магнитное поле, вектор магнитной индукции которого перпендикулярен векторам скорости частиц. Кинетическая энергия первой частицы в 2 раза меньше, чем у второй. Чему равно отношение радиусов кривизны траекторий $\frac{R_1}{R_2}$ первой и второй частиц в магнитном поле?
29. Кусок пластилина сталкивается со скользящим навстречу ему по горизонтальной поверхности стола бруском и прилипает к нему. Скорости пластилина и бруска перед ударом направлены противоположно и равны $v_{пл} = 10$ м/с и $v_{бр} = 5$ м/с. Масса бруска в 3 раза больше массы пластилина. Коэффициент трения скольжения между бруском и столом $\mu = 0,48$. На какое расстояние переместятся слипшиеся брусок с пластилином к моменту, когда их скорость уменьшится на 25 %?
30. В вертикальном теплоизолированном цилиндрическом сосуде под поршнем находится 0,5 моль гелия. Поршень сначала удерживают, затем сообщают ему скорость 10 м/с, и он начинает опускаться. Масса поршня 1 кг. Насколько нагреется гелий к моменту остановки поршня, если при этом он опустился на 10 см? Трением и теплообменом с поршнем пренебречь.



31. К источнику тока с ЭДС $\mathcal{E} = 12$ В и внутренним сопротивлением $r = 2$ Ом подключен реостат, сопротивление которого можно изменять в пределах от 1 Ом до 10 Ом. При какой силе тока в цепи на реостате выделяется максимальная мощность?
32. Работа выхода электрона из металлической пластины:

$$A_{\text{вых}} = 4,5 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

Какова максимальная скорость электронов, выбиваемых из пластины светом с длиной волны $\lambda = 375$ нм?

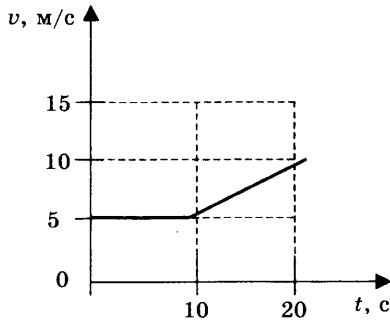
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания

ВАРИАНТ 9

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

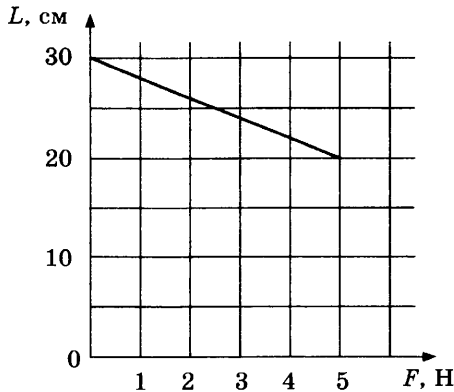
1. На рисунке приведен график зависимости скорости велосипедиста от времени.



Какой путь пройден велосипедистом за 20 с?

Ответ: _____ м.

2. На графике представлена длина пружины в зависимости от приложенной силы. Чему равен коэффициент жесткости пружины?



Ответ: _____ Н/м.

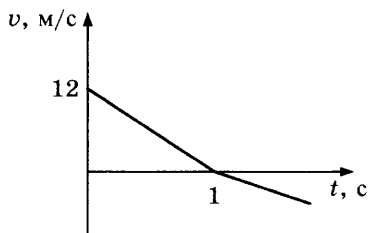
3. Тело, импульс которого равен $2 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$, движется прямолинейно. Чему стал равен импульс тела после действия на тело постоянной силы величиной 3 Н в течение 5 с ? Сила действует в направлении движения тела.

Ответ: _____ $\text{кг} \cdot \text{м/с}$.

4. При сжатии пружины на 2 см максимальная приложенная сила оказалась равной 20 Н . Чему равна работа, совершенная при сжатии пружины?

Ответ: _____ Дж.

5. Мяч подброшен вертикально вверх со скоростью v . График зависимости скорости мяча от времени показан на рисунке. Выберите **два** верных утверждения.



- 1) Влияние сопротивления воздуха мало.
- 2) Время движения мяча вверх и вниз одинаково.
- 3) Время движения мяча вверх равно 1 с .
- 4) Мяч поднимется на максимальную высоту 6 м .
- 5) Мяч поднимется на максимальную высоту $7,2 \text{ м}$.

Ответ:

6. Математический маятник массой m совершает колебания с периодом T и амплитудой x_0 . Что произойдет с частотой и амплитудой колебаний маятника, если при неизменной длине нити уменьшить массу?

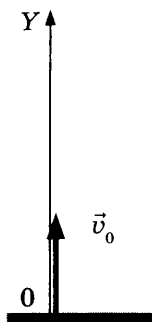
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота колебаний	Амплитуда колебаний

7. Мяч в момент $t = 0$ бросают вертикально вверх со скоростью v_0 (см. рис.). Сопротивление воздуха мало.



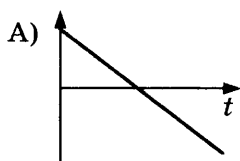
Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение мяча, от времени.

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

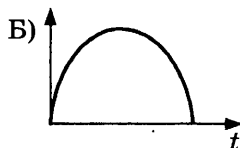
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИК

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА



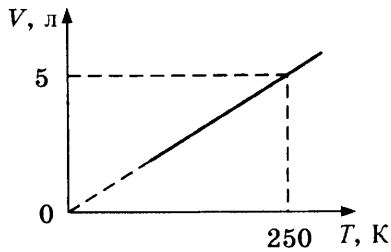
- 1) проекция импульса на ось Y
- 2) проекция равнодействующей силы на ось Y
- 3) потенциальная энергия
- 4) кинетическая энергия



Ответ:

А	Б

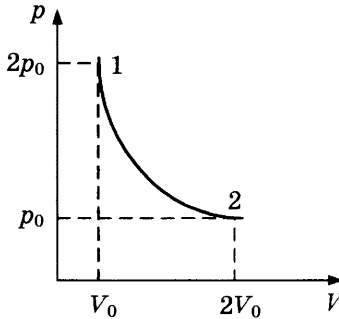
8. На рисунке приведен график зависимости объема 0,2 моль идеального газа от температуры.



Определите давление газа. Ответ округлите до десятых.

Ответ: _____ кПа.

9. На рисунке приведен график зависимости давления 1 кг идеального газа от объема. В этом процессе газ получил 45 кДж теплоты. Какую работу совершил газ в этом процессе?



Ответ: _____ кДж.

10. Температура холодильника тепловой машины $-73\text{ }^\circ\text{C}$, температура нагревателя на 300 K больше, чем у холодильника. Чему равен максимально возможный КПД машины?

Ответ: _____ %.

11. В сосуде под поршнем находится смесь двух идеальных газов: кислорода в количестве 1 моль и азота в количестве 4 моль. Объем смеси увеличили в 2 раза, а затем добавили еще 1 моль кислорода. Температура оставалась постоянной. Выберите *два* верных утверждения, соответствующих конечному состоянию смеси газов.

- 1) Парциальное давление кислорода не изменилось.
- 2) Парциальное давление кислорода увеличилось.

- 3) Парциальное давление азота не изменилось.
 4) Давление смеси газов не изменилось.
 5) Давление смеси газов уменьшилось.

Ответ:

--	--

12. Установите соответствие между названием изопроцесса (левый столбец) и формулами, описывающими превращения энергии в этих процессах (правый столбец, Q — количество теплоты, ΔU — изменение внутренней энергии, A — работа газа).

НАЗВАНИЕ ИЗОПРОЦЕССА	ФОРМУЛА ДЛЯ РАСЧЕТА
А) адиабатный	1) $Q = \Delta U + A$
Б) изохорный	2) $Q = A$
	3) $Q = \Delta U$
	4) $\Delta U = -A$

Ответ:

А	Б

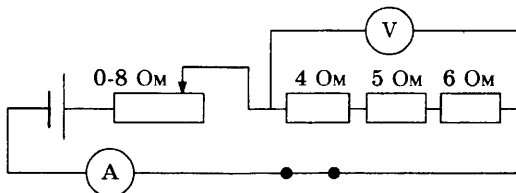
13. На рисунке изображен горизонтальный проводник, по которому течет электрический ток в направлении «к нам».



Как направлен (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) в точке А вектор индукции магнитного поля? Ответ запишите словом (словами).

Ответ: _____.

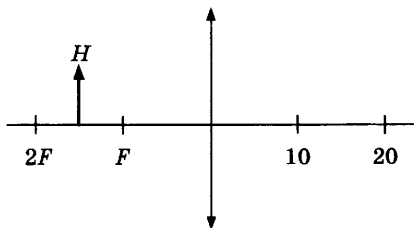
14. На рисунке представлена электрическая цепь.



Вольтметр показывает напряжение 12 В. Какую силу тока показывает амперметр?

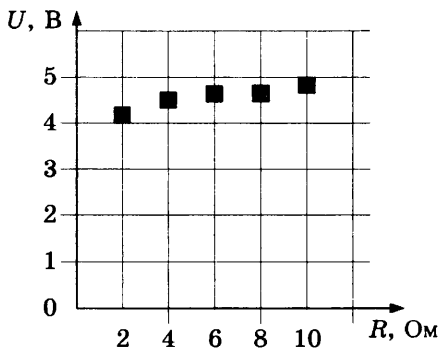
Ответ: _____ А.

15. На каком расстоянии от тонкой собирающей линзы находится изображение предмета H ?



Ответ: _____ см.

16. На графике представлены результаты измерения напряжения на участке цепи U при различных значениях сопротивления реостата R . Погрешность измерения напряжения $\Delta U = \pm 0,2$ В, сопротивления $\Delta R = \pm 0,5$ Ом.

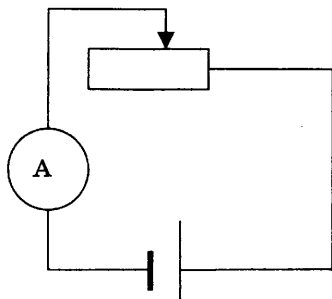


Выберите **два** утверждения, соответствующих результатам этих измерений.

- 1) С уменьшением сопротивления напряжение уменьшается.
- 2) При сопротивлении 2 Ом сила тока примерно равна 0,5 А.
- 3) При сопротивлении 1 Ом сила тока в цепи примерно равна 3 А.
- 4) При сопротивлении 10 Ом сила тока примерно равна 0,48 А.
- 5) Напряжение не зависит от сопротивления.

Ответ:

17. На рисунке представлена электрическая цепь, состоящая из источника тока, реостата и амперметра. Как изменятся сопротивление реостата и сила тока в цепи при движении ползунка реостата влево?



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.

Сопротивление реостата	Сила тока

18. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ФОРМУЛА

А) мощность электрического тока

1) IR

Б) работа электрического тока

2) $I(R + r)$

3) IU

4) qU

Ответ:

А	Б

19. Сколько протонов и электронов содержится в атоме серебра с ядром ${}_{47}^{107}\text{Ag}$?

Ответ:

Число протонов	Число электронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Пучок фотонов с длиной волны 400 нм падает на зеркальную поверхность перпендикулярно поверхности. Число фотонов в пучке 10^{24} . Какой импульс передаст этот пучок поверхности?

Ответ: _____ г · м/с.

21. Частота колебаний волны рентгеновского фотона увеличилась. Как при этом изменились длина волны фотона и его импульс?

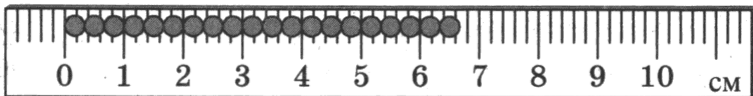
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличилось 2) уменьшилось 3) не изменилось

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина волны	Импульс фотона

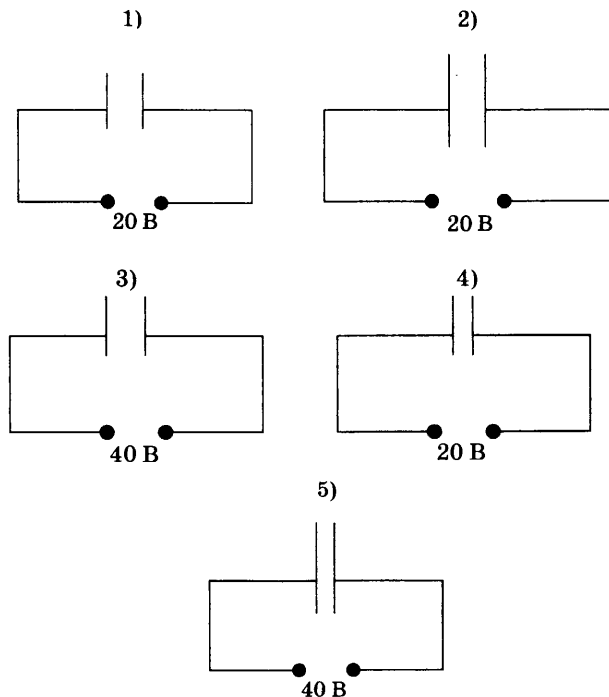
22. Чему равен диаметр одного зерна, измеренный с помощью линейки, показанной на рисунке? Запишите ответ с учетом погрешности. Погрешность равна цене деления.



Ответ: (_____ ± _____) мм.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Плоский воздушный конденсатор подключен к источнику тока. Была высказана гипотеза, что емкость конденсатора зависит от расстояния между его пластинами. Какие два опыта из представленных ниже нужно выбрать для проверки этой гипотезы?



Ответ:

--	--

24. Ниже приведена таблица, содержащая характеристики некоторых звезд.

Название	Радиус, в радиусах Солнца	Масса, кг	Расстояние, св. лет	Температура поверхности, К
Вега	2,8	$4,2 \cdot 10^{30}$	25,3	9600
Арктур	25,7	$2,2 \cdot 10^{30}$	36,7	4300
Альтаир	1,7	$3,6 \cdot 10^{30}$	17	8000
Спика А	7	$2,0 \cdot 10^{31}$	262	22 000
Регул А	3,5	$7,0 \cdot 10^{30}$	77	10 300

Название	Радиус, в радиусах Солнца	Масса, кг	Расстояние, св. лет	Температура поверхности, К
Кастор А	2	$4,0 \cdot 10^{30}$	50	10 000
Алиот	3,7	$6,0 \cdot 10^{30}$	81	9400
Антарес	800	$2,5 \cdot 10^{31}$	600	3400

Масса Солнца составляет $2 \cdot 10^{30}$ кг.

Выберите все верные утверждения.

- 1) Масса звезды Кастор в 2 раза меньше массы Солнца.
- 2) Звезда Спика относится к бело-голубым звездам.
- 3) Масса звезды Антарес в 1,7 раза больше массы Солнца.
- 4) Максимум излучения звезды Алиот приходится на фиолетовую область спектра.
- 5) Свет Альтаира идет до Земли 17 лет.

Ответ: _____.

Часть 2

Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. Человек в очках вошел с улицы в теплую комнату и обнаружил, что его очки запотели. Какой должна быть температура на улице, чтобы наблюдалось это явление? Температура воздуха в комнате $18\text{ }^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха 50% . Поясните, как вы получили ответ.

(Для ответа на этот вопрос воспользуйтесь таблицей для давления насыщенных паров воды.)

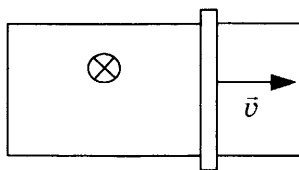
Давление насыщенных паров воды при различных температурах

$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	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

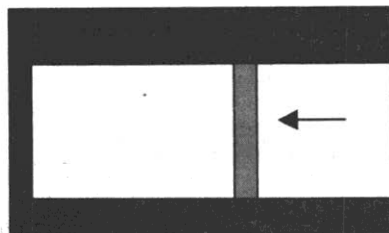
$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	16	18	20	22	24	25	30	40
$p, \text{ кПа}$	1,81	2,06	2,19	2,64	2,99	3,17	4,24	7,37

Полное правильное решение каждой из задач 26–32 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.

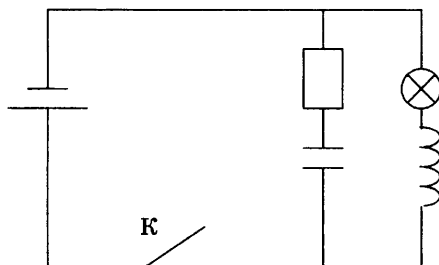
26. Шарик массой 50 г бросили вертикально вверх с начальной скоростью 10 м/с. Шарик поднялся на высоту 4 м и упал обратно. Чему равна сила сопротивления движению шарика?
27. Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно, совершая за один цикл работу 2 кДж. Количество теплоты 2 кДж рабочее тело двигателя отдает за один цикл холодильнику, температура которого 17 °С. Чему равна температура нагревателя?
28. П-образный контур находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости контура (см. рис.). Индукция магнитного поля $B = 0,2$ Тл.



- По контуру со скоростью $v = 1$ м/с скользит перемычка длиной $l = 20$ см. Сила индукционного тока в контуре $I = 4$ мА. Чему равно сопротивление перемычки?
29. Мяч бросают вертикально вверх со скоростью 20 м/с. Какой путь пройдет мяч за 3 секунды движения? Сопротивлением воздуха пренебречь.
30. В горизонтальном теплоизолированном цилиндрическом сосуде под поршнем при комнатной температуре находится 0,5 моль гелия. Поршню сообщают скорость 8 м/с, направленную влево. Масса поршня 1 кг. Насколько изменится температура гелия к моменту остановки поршня? Трением и теплообменом с поршнем пренебречь.



31. 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 К замкнут. Какая энергия выделится в резисторе после размыкания ключа? Внутренним сопротивлением источника, а также сопротивлением проводов и катушки пренебречь.



32. Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 20 мкФ и катушки индуктивностью 8 мГн. Амплитуда колебаний заряда на конденсаторе 8 нКл. Какова максимальная энергия магнитного поля катушки?

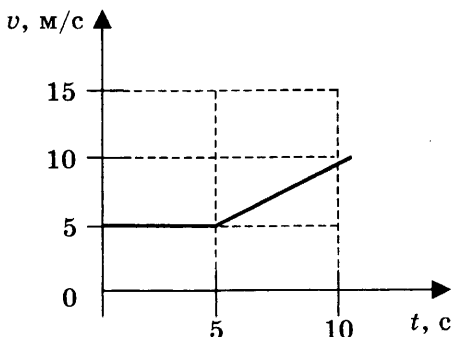
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания

ВАРИАНТ 10

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости скорости велосипедиста от времени.



Чему равно ускорение велосипедиста в интервале времени от 5 до 10 с?

Ответ: _____ м/с².

2. Автомобиль буксируют с помощью троса с постоянным ускорением $0,1 \text{ м/с}^2$. Со стороны троса на автомобиль действует сила 100 Н . Чему равна сила, действующая на трос со стороны автомобиля?

Ответ: _____ Н.

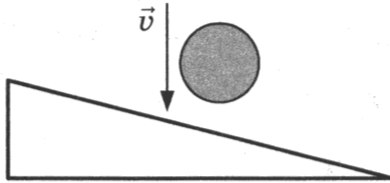
3. Самолет летит со скоростью $v_1 = 180 \text{ км/ч}$, а вертолет со скоростью $v_2 = 90 \text{ км/ч}$. Масса самолета $m = 3000 \text{ кг}$. Отношение импульса самолета к импульсу вертолета равно $1,5$. Чему равна масса вертолета?

Ответ: _____ т.

4. Потенциальная энергия растянутой пружины первоначально составляла 0,05 Дж, далее потенциальная энергия увеличилась в 9 раз. Во сколько раз увеличилось растяжение пружины?

Ответ: _____ раз.

5. Мяч падает вертикально вниз на наклонную плоскость с высоты 20 см, как показано на рисунке, и упруго отскакивает от нее. Выберите *два* верных утверждения.



- 1) Модуль скорости мяча после столкновения равен 1,5 м/с.
- 2) Модуль скорости мяча после столкновения равен 2 м/с.
- 3) Вектор импульса мяча не изменился.
- 4) Вектор изменения импульса мяча направлен перпендикулярно наклонной плоскости.
- 5) Вектор изменения импульса мяча направлен вдоль наклонной плоскости.

Ответ:

6. Мяч свободно падает с некоторой высоты. Как изменяются кинетическая энергия мяча и полная механическая энергия мяча в процессе движения? Сопротивление воздуха не учитывать.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

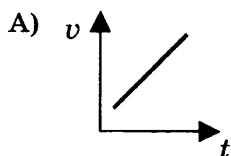
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Кинетическая энергия	Полная механическая энергия

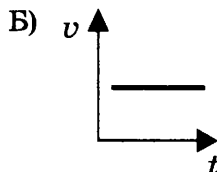
7. Установите соответствие между изображенными в первом столбце графиками различных движений и названием движения.

ГРАФИК

НАЗВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ



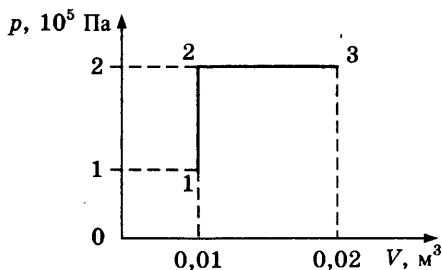
- 1) равномерное
2) равнозамедленное
3) равноускоренное
4) с переменным ускорением



Ответ:

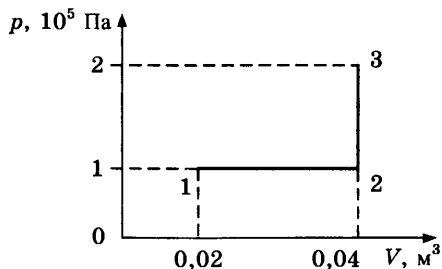
А	Б

8. Во сколько раз изменилась температура газа при переходе из состояния 1 в состояние 3?



Ответ: _____.

9. Какую работу совершает газ при переходе из состояния 1 в состояние 3?



Ответ: _____ кДж.

10. Температура нагревателя тепловой машины 800 К, температура холодильника в 2 раза меньше, чем у нагревателя. Чему равен максимально возможный КПД машины?

Ответ: _____ %.

11. Состояние идеального газа, находящегося в закрытом сосуде, характеризуют объем V , давление p и температура T . Выберите **два** верных утверждения.

- 1) Температура газа зависит от количества молекул.
- 2) Температура газа зависит от сил взаимодействия молекул.
- 3) Температура газа характеризует энергию молекул.
- 4) Газ оказывает давление на стенки сосуда, так как молекулы газа передают стенкам импульс.
- 5) Газ оказывает давление на стенки сосуда, так как молекулы прилипают к стенкам сосуда.

Ответ:

12. Идеальный одноатомный газ изотермически расширяется. Как при этом изменяются его давление и внутренняя энергия?

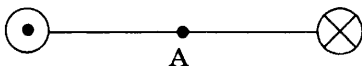
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

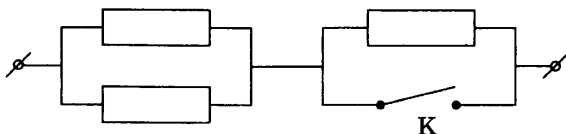
Давление	Внутренняя энергия

13. На рисунке изображены два проводника с токами, текущими в противоположных направлениях. Как направлен (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) в точке А вектор индукции магнитного поля? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: _____.

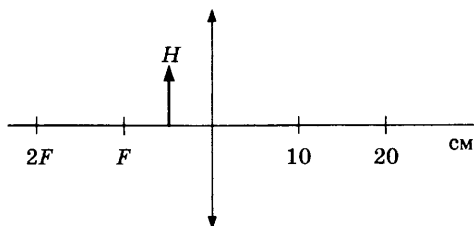
14. На участке цепи, изображенном на рисунке, сопротивление каждого из резисторов равно $R = 6 \text{ Ом}$.



Чему равно полное сопротивление участка при замкнутом ключе K ?

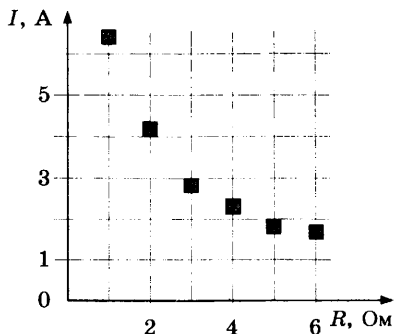
Ответ: _____ Ом.

15. На каком расстоянии от тонкой собирающей линзы находится изображение предмета H ?



Ответ: _____ см.

16. На графике представлены результаты измерения силы тока на реостате I при различных значениях сопротивления реостата R . Погрешность измерения тока $\Delta I = \pm 0,2 \text{ А}$, сопротивления $\Delta R = \pm 0,5 \text{ Ом}$.



Выберите **два** утверждения, соответствующих результатам этих измерений.

- 1) С уменьшением сопротивления сила тока уменьшается.
- 2) При сопротивлении 2 Ом напряжение примерно равно 8,5 В.

- 3) При сопротивлении 1 Ом напряжение примерно равно 7 В.
 4) При сопротивлении 6 Ом сила тока примерно равна 1,7 А.
 5) Напряжение не зависит от сопротивления.

Ответ:

--	--

17. В колебательном контуре с индуктивностью L и емкостью C происходят электромагнитные колебания с периодом T и амплитудой q_0 . Что произойдет с периодом и максимальной энергией конденсатора, если при неизменных амплитуде и емкости уменьшить индуктивность?

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	Максимальная энергия конденсатора

18. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ФОРМУЛА

А) магнитная индукция

1) $\frac{\Delta q}{\Delta t}$

Б) напряженность электрического поля

2) $\frac{F}{q}$

3) $\frac{F}{Il}$

4) IU

Ответ:

А	Б

19. Радиоактивный нептуний ${}_{93}^{237}\text{Np}$ испытал 2 α -распада и 1 β -распад. Какие заряд Z и массовое число A будет иметь получившийся в результате изотоп ядра?

Ответ:

Z	A

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Энергия рентгеновского фотона $2 \cdot 10^{-14}$ Дж. Чему равна частота волны рентгеновского фотона с энергией, в 2 раза меньшей? Ответ округлите до десятых.

Ответ: _____ $\cdot 10^{19}$ Гц.

21. Произошел β -распад атомного ядра. Как при этом изменилось число протонов и нейтронов в ядре?

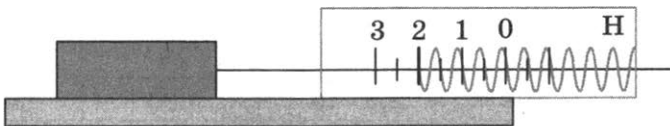
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличилось 2) уменьшилось 3) не изменилось

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Число протонов	Число нейтронов

22. Ученик измерял силу трения с помощью динамометра, как показано на рисунке.

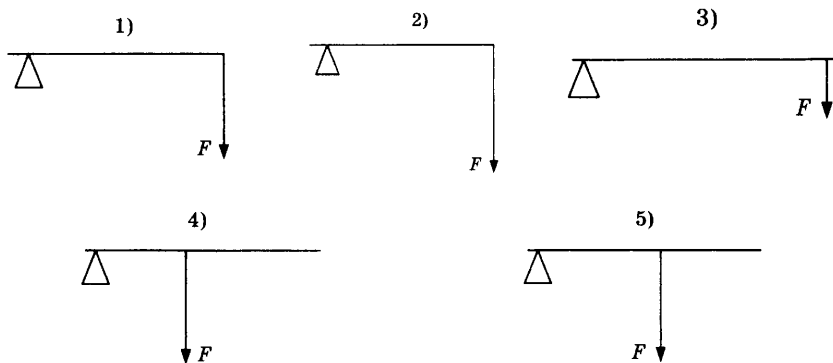


Чему равна сила трения по данным измерений?

Ответ: _____ Н.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. К рычагу, закрепленному с одного конца, прикладывается сила. Была высказана гипотеза, что момент силы зависит от плеча силы. Какие два опыта из представленных ниже нужно выбрать для проверки этой гипотезы?



Ответ:

24. Ниже приведена таблица, содержащая характеристики некоторых звезд.

Название	Радиус, в радиусах Солнца	Масса, кг	Расстояние, св. лет	Температура поверхности, К
Вега	2,8	$4,20 \cdot 10^{30}$	25,3	9600
Арктур	25,7	$2,2 \cdot 10^{30}$	36,7	4300
Альтаир	1,7	$3,6 \cdot 10^{30}$	17	8000
Спика А	7	$2,0 \cdot 10^{31}$	262	22 000
Регул А	3,5	$7,0 \cdot 10^{30}$	77	10 300
Кастор А	2	$4,0 \cdot 10^{30}$	50	10 000
Алиот	3,7	$6,0 \cdot 10^{30}$	81	9400
Антарес	800	$2,5 \cdot 10^{31}$	600	3400

Масса Солнца составляет $2 \cdot 10^{30}$ кг.

Выберите все верные утверждения.

- 1) Масса Спики в 5 раз больше массы Кастора.
- 2) Звезда Арктур относится к бело-голубым звездам.
- 3) Звезда Регул является бело-голубой звездой.

- 4) Плотность Регула в 12 раз меньше плотности Солнца.
5) Расстояние от Земли до Альтаира в 17 раз превышает расстояние от Земли до Солнца.

Ответ: _____.

Часть 2

Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

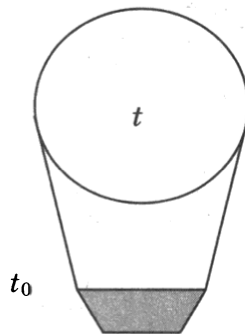
25. Электрическая цепь состоит из аккумуляторной батареи, к которой последовательно подключены ключ, резистор сопротивлением 2 Ом, амперметр, показывающий силу тока 0,8 А, реостат, сопротивление которого меняется от 0 до 8 Ом. Параллельно аккумулятору подключен вольтметр, показывающий напряжение 4 В. Составьте принципиальную электрическую схему этой цепи. Объясните, как изменятся (уменьшатся или увеличатся) сила тока в цепи и напряжение на аккумуляторе при уменьшении сопротивления реостата до минимального значения. Укажите законы, которые вы применили.

Полное правильное решение каждой из задач 26–32 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.

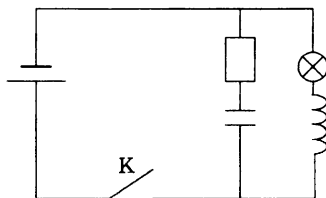
26. Пуля массой 10 г, летящая со скоростью 200 м/с, пробивает доску толщиной 2 см и вылетает со скоростью 100 м/с. Чему равна сила сопротивления доски?
27. По проводнику длиной 8 см течет ток 50 А. В магнитном поле с индукцией 20 мТл, направленной перпендикулярно проводнику, проводник переместился на расстояние 20 см в направлении действия силы. Какую работу совершила сила Ампера?
28. Предмет высотой 3 см расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии 40 см от ее оптического центра. Фокусное расстояние линзы 20 см. Найдите высоту изображения предмета.

29. Кусок пластилина сталкивается со скользящим в том же направлении по горизонтальной поверхности стола бруском и прилипает к нему. Скорости пластилина и бруска перед ударом направлены в одну сторону и равны $v_{пл} = 10$ м/с и $v_{бр} = 5$ м/с. Масса бруска в 3 раза больше массы пластилина. Коэффициент трения скольжения между бруском и столом $\mu = 0,48$. На какое расстояние переместятся слипшиеся брусок с пластилином к моменту, когда их скорость уменьшится на 25 %?

30. 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 максимальную массу должна иметь оболочка аэростата, чтобы он мог подниматься? Оболочка аэростата нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.



31. В электрической цепи, показанной на рисунке, ЭДС источника тока равна 20 В; индуктивность катушки 8 мГн; сопротивление лампы 4 Ом и сопротивление резистора 6 Ом. В начальный момент времени ключ К замкнут. Какой должна быть емкость конденсатора, чтобы после размыкания ключа в лампе выделилась энергия 120 мДж? Внутренним сопротивлением источника, а также сопротивлением проводов и катушки пренебречь.



32. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла $\lambda_{кр} = 497$ нм. Какова максимальная скорость электронов, выбиваемых из пластины светом с длиной волны $\lambda = 375$ нм?

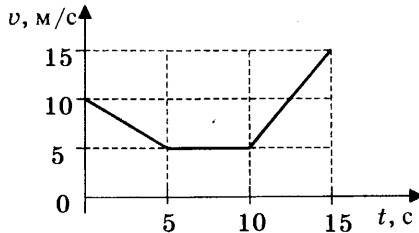
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания

ВАРИАНТ 11

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости скорости велосипедиста от времени.



Какой путь пройден велосипедистом за первые 5 с?

Ответ: _____ м.

2. Сила давления груза массой 600 г на плоскость равна 7 Н. С какой силой плоскость действует на груз?

Ответ: _____ Н.

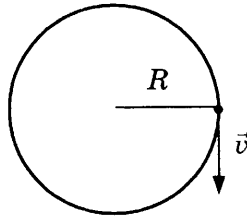
3. Масса мотоцикла $m_1 = 500$ кг, масса автомобиля $m_2 = 1000$ кг. Автомобиль движется со скоростью $v = 108$ км/ч. Отношение импульса автомобиля к импульсу мотоцикла равно 1,5. Чему равна скорость мотоцикла?

Ответ: _____ км/ч.

4. Кинетическая энергия тела, первоначально равная 0,8 Дж, уменьшилась в 4 раза. Во сколько раз изменился импульс тела?

Ответ: _____ раз.

5. Точка движется по окружности радиуса 1 м с постоянной скоростью $v = 0,2$ м/с, как показано на рисунке. Выберите **два** верных утверждения, соответствующих данному движению.



- 1) Период вращения точки равен 10 с.
- 2) Частота вращения точки равна 0,03 Гц.
- 3) Равнодействующая сила направлена по касательной к траектории.
- 4) Равнодействующая сила направлена к центру окружности.
- 5) Равнодействующая сила равна нулю.

Ответ:

--	--

6. Математический маятник массой m совершает колебания с периодом T и амплитудой x_0 . Что произойдет с частотой и максимальной кинетической энергией маятника, если при неизменной длине уменьшить амплитуду?

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.

Частота	Максимальная кинетическая энергия маятника

7. Груз массой m привязан к концу невесомой нерастяжимой нити. При опускании его из состояния покоя вертикально вниз ученик определил ускорение груза $a = 1,8 \text{ м/с}^2$. Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими движение груза (левый столбец), и уравнениями, выражающими зависимости этих величин (правый столбец). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ЗАВИСИМОСТИ
ФИЗИЧЕСКИХ
ВЕЛИЧИН**

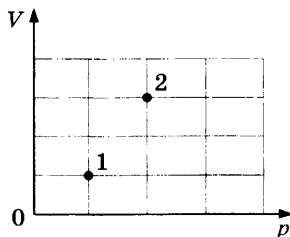
**УРАВНЕНИЯ
ЗАВИСИМОСТЕЙ**

- А) зависимость скорости груза от времени
 Б) зависимость силы натяжения нити от ускорения

- 1) $v = At^2$, где $A = 1,8 \text{ м/с}^2$
 2) $v = At$, где $A = 1,8 \text{ м/с}^2$
 3) $F = Bm$, где $B = 10 \text{ м/с}^2$
 4) $F = Cm$, где $C = 8,2 \text{ м/с}^2$

Ответ:

8. В сосуде находится некоторое количество идеального газа. Во сколько раз изменится при переходе газа из состояния 1 в состояние 2 (см. рис.) температура газа?



Ответ: _____ раз.

9. При адиабатическом расширении идеального одноатомного газа в количестве 2 моль его температура изменилась на 10 К. Какую работу совершил газ? Ответ округлите до целых.

Ответ: _____ Дж.

10. Льдине, находящейся при температуре 0 °С, сообщили количество теплоты 1320 кДж. Какая масса льда растает?

Ответ: _____ кг.

11. Горячая жидкость нагревалась в закрытом сосуде. В таблице приведены результаты измерений ее температуры с течением времени.

Время, мин	0	5	10	15	20	25	30	35
Температура, °С	60	72	84	84	84	86	93	100

Выберите **два** верных утверждения, соответствующих этому процессу.

- 1) Температура кипения жидкости равна $84\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 2) Температура кипения жидкости равна $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 3) Через 10 мин после начала измерений в сосуде находилось вещество только в газообразном состоянии.
- 4) Через 15 мин после начала измерений в сосуде находилось вещество в жидком и газообразном состоянии.
- 5) Через 25 мин после начала измерений в сосуде находилось вещество только в жидком состоянии.

Ответ:

--	--

12. Установите соответствие между физическими величинами (левый столбец) и формулами для их расчета (правый столбец, p — давление, T — температура, M — молярная масса, R — универсальная газовая постоянная, k — постоянная Больцмана, E_k — средняя кинетическая энергия молекулы одноатомного газа).

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ФОРМУЛА ДЛЯ РАСЧЕТА

А) средняя квадратичная скорость

1) $\frac{3}{2}kT$

Б) концентрация

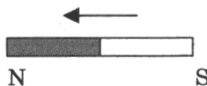
2) $\sqrt{\frac{3RT}{M}}$

3) $\frac{p}{kT}$

4) $\frac{2}{3}nE_k$

Ответ:

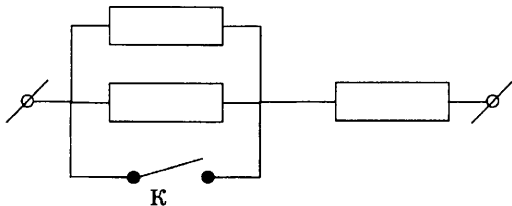
13. К кольцу из алюминия приближают магнит, как показано на рисунке.



Как направлен (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) вектор магнитной индукции магнитного поля, возникшего в кольце? Ответ запишите словом (словами).

Ответ: _____.

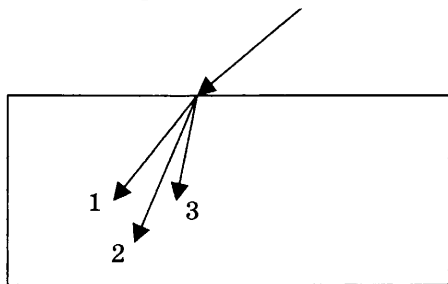
14. На участке цепи, изображенном на рисунке, сопротивление каждого из резисторов равно $R = 5 \text{ Ом}$.



Каково полное сопротивление участка при замкнутом ключе К?

Ответ: _____ Ом.

15. Для определенных длин волн угол преломления световых лучей на границе воздух–стекло увеличивается с увеличением длины волны излучения. Ход лучей для трех длин волн $\lambda_1 = 600 \text{ нм}$, $\lambda_2 = 500 \text{ нм}$ и $\lambda_3 = 400 \text{ нм}$ при падении белого света из воздуха на границу раздела показан на рисунке.



Какая длина волны соответствует цифре 3?

Ответ: _____ нм.

16. На поверхность тонкой прозрачной пленки падает по нормали пучок белого света. В отраженном свете пленка окрашена в красный цвет. Выберите *два* верных утверждения.

- 1) Окрасивание тонкой пленки происходит в результате дифракции.
- 2) Окрасивание тонкой пленки происходит в результате интерференции.
- 3) При небольшом уменьшении толщины пленки ее цвет станет белым.
- 4) При небольшом уменьшении толщины пленки ее цвет не изменится.
- 5) При небольшом уменьшении толщины пленки ее цвет станет ближе к желтому.

Ответ:

--	--

17. Световая волна с длиной волны λ распространяется в воздухе и под некоторым углом падает на стеклянную пластинку. Как изменятся при увеличении угла падения угол преломления и скорость распространения света в стекле?

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.

Угол преломления	Скорость света в стекле

18. Установите соответствие между действием электрического тока и устройствами, в которых это действие используется.

ДЕЙСТВИЕ

ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

- А) тепловое
Б) химическое

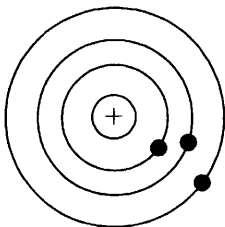
УСТРОЙСТВО

- 1) гальванический элемент
2) электроутюг
3) электродвигатель
4) лампа накаливания

Ответ:

А	Б

19. На рисунке изображена схема атома. Электроны обозначены черными точками. Число нуклонов в ядре атома равно 7.



Сколько нейтронов и протонов находится в ядре этого атома?

Ответ:

Число нейтронов	Число протонов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Энергия пучка фотонов с длиной волны 400 нм равна $4,97 \cdot 10^{-17}$ Дж. Чему равно число фотонов в пучке?

Ответ: _____.

21. При наблюдении фотоэффекта уменьшили частоту падающего света. Как при этом изменятся энергия фотона и работа выхода электрона из металла?

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.

Энергия фотона	Работа выхода электрона

22. Исследовалась зависимость удлинения пружины от массы подвешенных к ней грузов. Результаты измерений представлены в таблице.

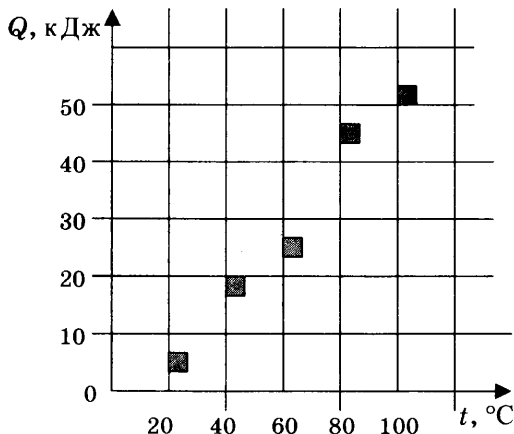
m , кг	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
x , см	0	4	8	12	15	18

Чему равен коэффициент упругости пружины?

Ответ: _____ Н/м.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. На графике представлены результаты измерения количества теплоты Q , затраченного на нагревание 1 кг некоторого вещества, при различных значениях температуры t этого вещества. Погрешность измерения количества теплоты $\Delta Q = \pm 500$ Дж, температуры $\Delta t = \pm 2$ К.



Выберите **два** утверждения, соответствующих результатам этих измерений.

- 1) Удельная теплоемкость вещества примерно равна $600 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$.
- 2) Для нагревания до 363 К необходимо сообщить больше 50 кДж.
- 3) При охлаждении 1 кг вещества на 20 К выделится 12 000 Дж.
- 4) Для нагревания 2 кг вещества на 30 К необходимо сообщить примерно 80 кДж.
- 5) Удельная теплоемкость зависит от температуры.

Ответ:

--	--

24. Ниже приведена таблица, содержащая характеристики планет Солнечной системы.

Название	Радиус, км	Масса, кг	Среднее расстояние от Солнца, км	Период вращения вокруг оси, ч
Меркурий	2439	$3,30 \cdot 10^{23}$	$57,9 \cdot 10^6$	1411,2
Венера	6052	$4,87 \cdot 10^{24}$	$108,2 \cdot 10^6$	5832
Земля	6378	$5,98 \cdot 10^{24}$	$149,6 \cdot 10^6$	24
Марс	3398	$6,42 \cdot 10^{23}$	$227,94 \cdot 10^6$	24,6
Юпитер	71 492	$1,90 \cdot 10^{27}$	$778 \cdot 10^6$	9,8
Сатурн	60 268	$5,69 \cdot 10^{26}$	$1429 \cdot 10^6$	10,2
Уран	25 559	$8,69 \cdot 10^{25}$	$2871 \cdot 10^6$	10,8
Нептун	24 764	$1,02 \cdot 10^{26}$	$4504 \cdot 10^6$	15,7

Выберите все верные утверждения.

- 1) Ускорение свободного падения на поверхности Юпитера равно $24,8 \text{ м/с}^2$.
- 2) Первая космическая скорость для Юпитера примерно равна 25 км/с .
- 3) Свет Солнца достигает Меркурия за $3,2$ минуты.
- 4) Радиосигнал с Земли может достичь Марса не менее чем за 260 с .
- 5) Вторая космическая скорость для Урана больше, чем для Сатурна.

Ответ: _____.

Часть 2

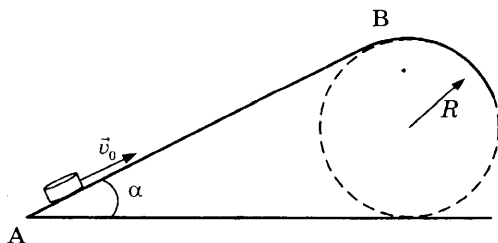
Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. Электрическая цепь состоит из аккумулятора, к которому последовательно подключены ключ, резистор сопротивлением 2 Ом , амперметр, показывающий силу тока $0,5 \text{ А}$, реостат, сопротивление которого меняется от 0 до 6 Ом . Параллельно аккумулятору подключен вольтметр, показывающий напряжение 2 В . Составьте принципиальную электрическую схему этой цепи. Объясните, как изменят-

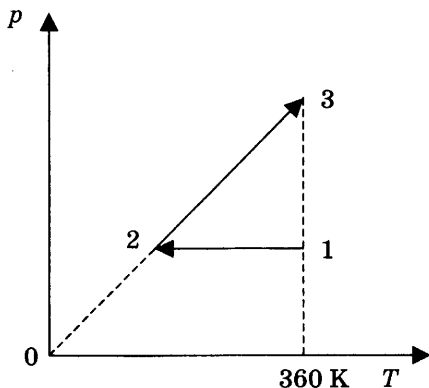
ся (уменьшатся или увеличатся) сила тока в цепи и напряжение на аккумуляторе при увеличении сопротивления реостата до максимального значения. Укажите законы, которые вы применили.

Полное правильное решение каждой из задач 26–32 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунк, поясняющий решение.

26. 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 м/с. Чему равно отношение массы первого осколка к массе второго осколка?
27. На входе в электрическую цепь квартиры стоит предохранитель, размыкающий цепь при силе тока 20 А. Подаваемое в цепь напряжение равно 220 В. Какое максимальное количество электрических чайников, мощность каждого из которых равна 1000 Вт, можно одновременно включить в квартире?
28. Предмет высотой 4 см расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии 20 см от ее оптического центра. Фокусное расстояние линзы 25 см. Найдите высоту изображения предмета.
29. Шайба после удара в точке А скользит вверх по наклонной плоскости с начальной скоростью $v_0 = 3$ м/с (см. рис.). В точке В наклонная плоскость без излома переходит в наружную поверхность горизонтальной трубы радиусом $R = 0,4$ м. Какой должна быть длина наклонной плоскости АВ, чтобы в точке В шайба отрывалась от опоры? Угол наклона плоскости $\alpha = 30^\circ$. Коэффициент трения между наклонной плоскостью и шайбой $\mu = 0,2$.

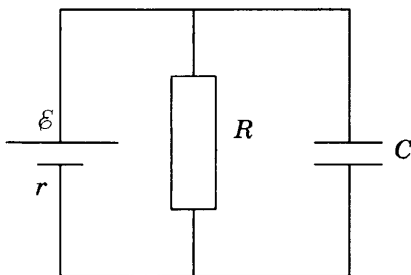


30. 2 моль идеального одноатомного газа сначала охладдили, уменьшив объем в 2 раза, а затем нагрели до первоначальной температуры 360 К (см. рис.).



Какое количество теплоты получил газ на участке 2–3?

31. К источнику тока с внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом подключили параллельно соединенные резистор сопротивлением $R = 9$ Ом и плоский конденсатор, расстояние между пластинами которого $d = 0,003$ м. Напряженность электрического поля между пластинами конденсатора $E = 3000$ В/м. Какова ЭДС источника тока?



32. В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока 2 мА. В некоторый момент времени заряд конденсатора равен 5 нКл, а сила тока в контуре 0,8 мА. Чему равен период колебаний в контуре?

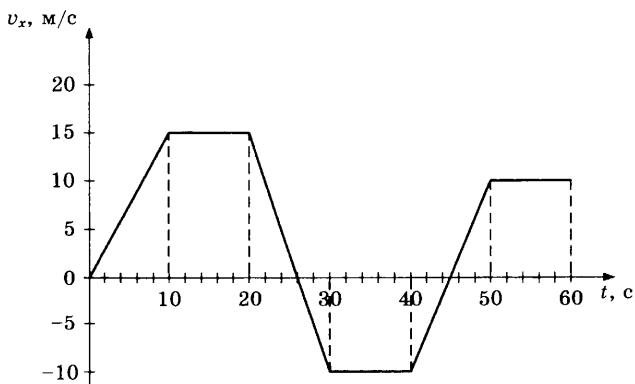
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания

ВАРИАНТ 12

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.



Чему равен модуль максимального ускорения тела в процессе движения?

Ответ: _____ м/с².

2. На брусок массой 5 кг, движущийся по горизонтальной поверхности, действует сила трения скольжения 10 Н. Чему будет равна сила трения скольжения, если, не изменяя коэффициент трения, увеличить в 2 раза скорость движения бруска?

Ответ: _____ Н.

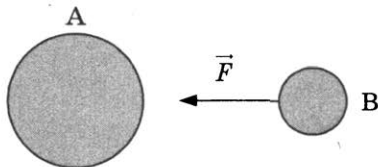
3. Масса грузовика $m_1 = 6000$ кг, масса легкового автомобиля $m_2 = 1000$ кг. Грузовик движется со скоростью $v_1 = 54$ км/ч, автомобиль — со скоростью $v_2 = 108$ км/ч. Чему равно отношение импульса грузовика к импульсу автомобиля?

Ответ: _____.

4. Максимальная скорость груза, совершающего колебания на пружине, равнялась 0,6 м/с. Не изменяя амплитуды колебаний, частоту уменьшили в 2 раза. Чему стала равна максимальная скорость груза?

Ответ: _____ м/с.

5. На рисунке показаны планета А, ее спутник В и направление силы, с которой планета действует на спутник. Величина силы составляет 15 МН. Выберите *два* верных утверждения.



- 1) Масса спутника равна $1,5 \cdot 10^6$ кг.
- 2) Планета А притягивается к спутнику В с силой, меньшей 15 МН.
- 3) На планету А со стороны спутника В действует сила, сонаправленная с \vec{F} .
- 4) На планету А со стороны спутника В действует сила, направленная противоположно \vec{F} .
- 5) Планета А притягивается к спутнику В с силой, равной 15 МН.

Ответ:

6. Математический маятник массой m совершает колебания с периодом T и амплитудой x_0 . Что произойдет с периодом и максимальной потенциальной энергией маятника, если при неизменной массе уменьшить длину нити маятника?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

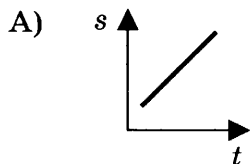
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период	Максимальная потенциальная энергия

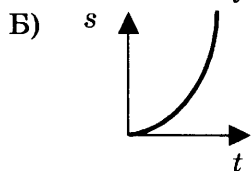
7. Установите соответствие между изображенными в первом столбце графиками различных движений и названием движения.

ГРАФИК

НАЗВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ

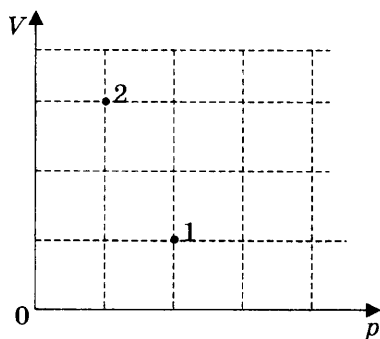


- 1) равномерное
- 2) равнозамедленное
- 3) равноускоренное
- 4) с переменным ускорением



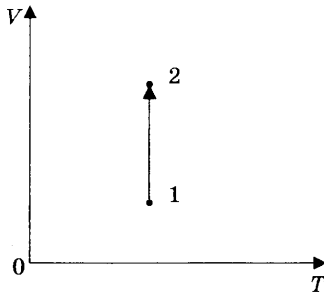
Ответ:

8. В сосуде находится некоторое количество идеального газа. Во сколько раз увеличится температура газа при переходе газа из состояния 1 в состояние 2 (см. рис.)?



Ответ: _____ раз.

9. В процессе, показанном на рисунке, газ получил 500 Дж теплоты. Найдите работу, совершенную газом в этом процессе.



Ответ: _____ Дж.

10. Тепловой двигатель с КПД $\eta = 40\%$ получает от нагревателя за цикл количество теплоты 12 кДж. Продолжительность цикла 1 минута. Определите полезную мощность двигателя.

Ответ: _____ Вт.

11. 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

Выберите **два** верных утверждения, соответствующих этому процессу.

- 1) Температура плавления вещества равна 125 °С.
- 2) Температура плавления вещества равна 115 °С.
- 3) Через 10 мин после начала измерений в сосуде находилось вещество только в твердом состоянии.
- 4) Через 15 мин после начала измерений в сосуде находилось вещество в жидком состоянии.
- 5) Через 20 мин после начала измерений в сосуде находилось вещество только в жидком состоянии.

Ответ:

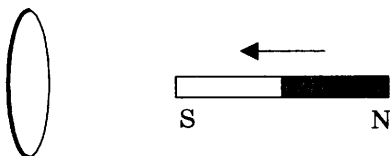
12. Идеальный одноатомный газ изохорно охлаждается. Как при этом изменяются его давление и внутренняя энергия? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Давление	Внутренняя энергия

13. К кольцу из алюминия приближают магнит, как показано на рисунке.



Как направлен (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) вектор магнитной индукции магнитного поля, возникшего в кольце? Ответ запишите словом (словами).

Ответ: _____.

14. Два точечных электрических заряда взаимодействуют с силой 8 мН. Чему стала равна сила взаимодействия между зарядами после увеличения расстояния между зарядами в 2 раза?

Ответ: _____ мН.

15. По катушке индуктивностью 4 мГн протекает постоянный ток 3 А. Чему равна энергия магнитного поля катушки?

Ответ: _____ мДж.

16. Исследовалась зависимость напряжения на обкладках конденсатора от заряда этого конденсатора. Результаты измерений представлены в таблице. Выберите два верных утверждения, соответствующих этим измерениям.

q , мкКл	0	1	2	3	4	5
U , В	0	1,2	2,6	3,5	5,3	6,4

- 1) Емкость конденсатора примерно равна 200 мкФ.
- 2) Емкость конденсатора примерно равна 800 нФ.
- 3) Заряду 2,5 мкКл будет соответствовать напряжение 3,4 В.

- 4) Энергия конденсатора при напряжении 2,5 В приблизительно равна 2,5 мкДж.
 5) Емкость конденсатора зависит от заряда.

Ответ:

--	--

17. Световая волна с длиной волны λ распространяется в воздухе и под некоторым углом падает на стеклянную пластинку. Как изменятся при уменьшении угла падения длина волны и угол отражения?

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.

Длина волны	Угол отражения

18. Установите соответствие между действием электрического тока и устройствами, в которых это действие используется.

**ДЕЙСТВИЕ
 ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА**

- А) магнитное
- Б) световое

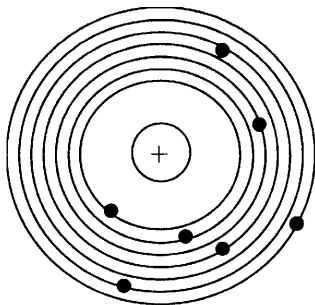
УСТРОЙСТВО

- 1) гальванический элемент
- 2) электроутюг
- 3) электродвигатель
- 4) лампа накаливания

Ответ:

А	Б

19. На рисунке изображена схема атома. Электроны обозначены черными точками. Число нуклонов в ядре этого атома равно 15.



Сколько протонов и нейтронов в ядре этого атома?

Ответ:

	Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Энергия одного фотона гамма-излучения равна $6,6 \cdot 10^{-14}$ Дж. Чему равна длина волны гамма-излучения? Ответ округлите до целых.

Ответ: _____ $\cdot 10^{-12}$ м.

21. При наблюдении фотоэффекта увеличили энергию падающих фотонов. Как при этом изменятся длина волны фотона и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов?

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.

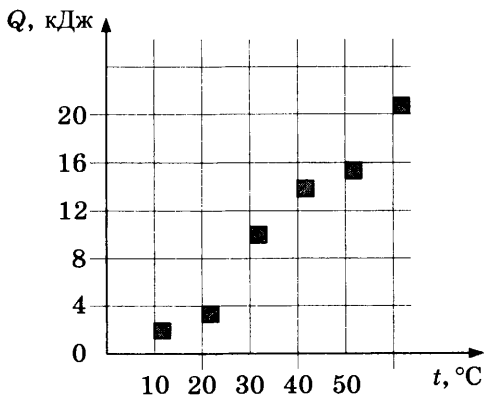
Длина волны	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

22. Цена деления гальванометра 1 мА, на шкале прибора имеются 100 делений, внутреннее сопротивление прибора 100 Ом. Каков предел измерений напряжения данного прибора с учетом погрешности (считаем погрешность равной цене деления)?

Ответ: (_____ ± _____) В.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. На графике представлены результаты измерения количества теплоты Q , затраченного на нагревание 1 кг некоторого вещества, при различных значениях температуры t этого вещества. Погрешность измерения количества теплоты $\Delta Q = \pm 400$ Дж, температуры $\Delta t = \pm 2$ К.



Выберите два утверждения, соответствующих результатам этих измерений.

- 1) Удельная теплоемкость вещества примерно равна $650 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$.
- 2) Для нагревания от 7°C до 313 К необходимо сообщить 13 кДж.
- 3) При охлаждении 1 кг вещества на 20 К выделится 13 000 Дж.
- 4) Для нагревания 2 кг вещества на 30 К необходимо сообщить примерно 24 кДж.
- 5) Удельная теплоемкость зависит от температуры.

Ответ:

24. Ниже приведена таблица, содержащая характеристики планет Солнечной системы.

Название	Радиус, км	Масса, кг	Среднее расстояние от Солнца, км	Период вращения вокруг оси, ч
Меркурий	2439	$3,30 \cdot 10^{23}$	$57,9 \cdot 10^6$	1411,2
Венера	6052	$4,87 \cdot 10^{24}$	$108,2 \cdot 10^6$	5832
Земля	6378	$5,98 \cdot 10^{24}$	$149,6 \cdot 10^6$	24
Марс	3398	$6,42 \cdot 10^{23}$	$227,94 \cdot 10^6$	24,6
Юпитер	71 492	$1,90 \cdot 10^{27}$	$778 \cdot 10^6$	9,8
Сатурн	60 268	$5,69 \cdot 10^{26}$	$1429 \cdot 10^6$	10,2
Уран	25 559	$8,69 \cdot 10^{25}$	$2871 \cdot 10^6$	10,8
Нептун	24 764	$1,02 \cdot 10^{26}$	$4504 \cdot 10^6$	15,7

Выберите все верные утверждения.

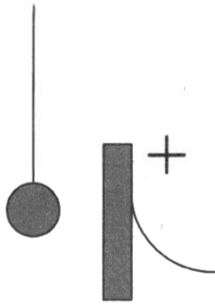
- 1) Ускорение свободного падения на поверхности Юпитера равно $10,4 \text{ м/с}^2$.
- 2) Отношение ускорений свободного падения на поверхности Нептуна и Сатурна приблизительно равно 1.
- 3) Для того чтобы покинуть поверхность Венеры, нужна скорость не меньше чем $7,3 \text{ км/с}$.
- 4) Свет Солнца достигает Марса за 6 минут.
- 5) Расстояние между орбитами Земли и Юпитера составляет $4,2$ астрономических единицы.

Ответ: _____.

Часть 2

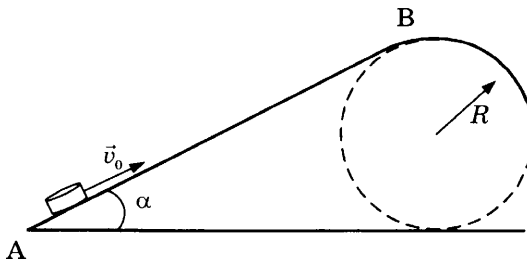
Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. Маленький легкий незаряженный металлический шарик подвесили на непроводящей нити вблизи металлической пластины, которую подключили к положительному полюсу источника тока. Опишите движение шарика и объясните его, указав, какими физическими явлениями и закономерностями оно вызвано.

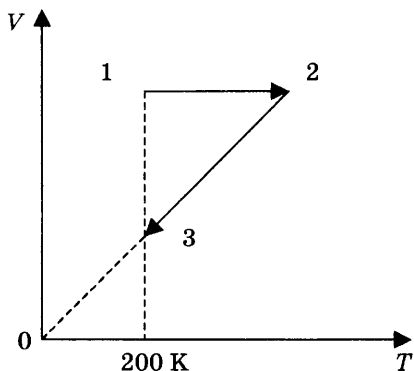


Полное правильное решение каждой из задач 26–32 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

26. Шарик массой 10 г вылетает из пружинного пистолета, пружина которого сжата на 10 см. Жесткость пружины 100 Н/м. С какой скоростью вылетит шарик?
27. Колебательный контур, содержащий катушку индуктивностью 4 мГн, излучает электромагнитные волны длиной 300 м. Найдите емкость конденсатора в этом контуре.
28. Собирающая линза увеличивает предмет, находящийся на ее главной оптической оси на расстоянии 40 см от линзы, в 3 раза. Чему равно фокусное расстояние линзы?
29. Шайба после удара в точке А скользит вверх по наклонной плоскости с начальной скоростью $v_0 = 3,5$ м/с (см. рис.). В точке В наклонная плоскость без излома переходит в наружную поверхность горизонтальной трубы радиусом $R = 0,4$ м. Каким должен быть коэффициент трения, чтобы в точке В шайба отрывалась от опоры? Длина наклонной плоскости $AB = L = 0,5$ м угол наклона плоскости $\alpha = 30^\circ$.



30. Четыре моль идеального одноатомного газа сначала нагрели, увеличив давление в 2 раза, а затем охладили до первоначальной температуры 200 К (см. рис.).



Какое количество теплоты отдал газ на участке 2-3?

31. Проводник длиной $l = 0,5$ м и массой $m = 0,2$ кг лежит на горизонтальных рельсах перпендикулярно к ним. В пространстве создано однородное магнитное поле индукцией $B = 0,2$ Тл, направленной вдоль рельсов. Через проводник пропускают ток $I = 4$ А. Какую минимальную горизонтальную силу надо приложить к проводнику, чтобы он равномерно двигался вдоль рельсов? Коэффициент трения между рельсами и проводником $\mu = 0,4$.
32. 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.

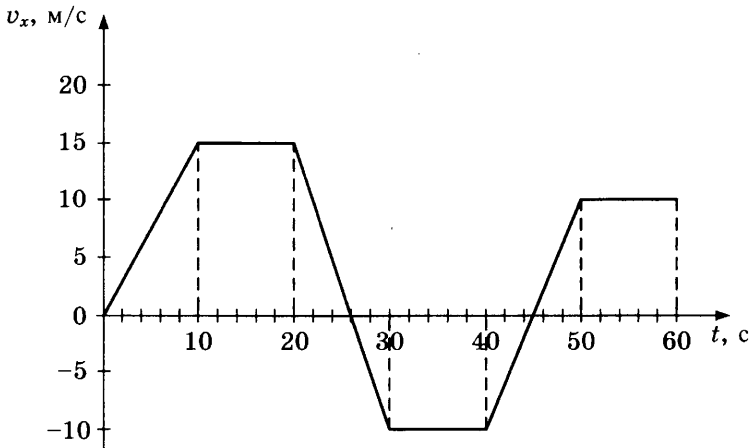
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания

ВАРИАНТ 13

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.



Чему равна проекция ускорения тела в промежутке времени от 0 до 6 с?

Ответ: _____ м/с².

2. Автомобиль массой 1,5 т буксируют с помощью троса с постоянным ускорением 0,1 м/с². Чему равна сила натяжения троса? (Соппротивление движению пренебрежимо мало.)

Ответ: _____ Н.

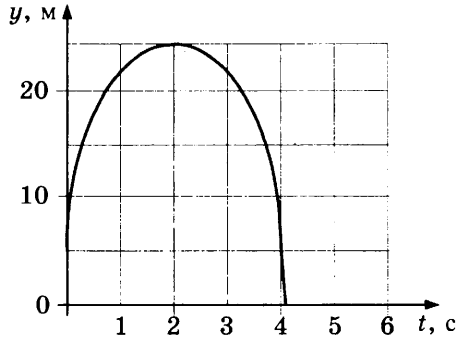
3. Тело массой 3 кг начинает двигаться с ускорением 0,5 м/с². Какова будет кинетическая энергия тела через 2 с после начала движения?

Ответ: _____ Дж.

4. В канистру высотой 50 см налит доверху керосин. Какое давление оказывает керосин на дно канистры?

Ответ: _____ кПа.

5. На графике показана зависимость от времени координаты тела, брошенного вертикально вверх. Выберите **два** утверждения, соответствующих этому движению.

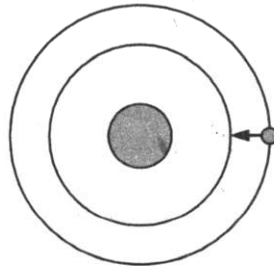


- 1) Начальная скорость тела 10 м/с.
- 2) Начальная скорость тела 20 м/с.
- 3) Перемещение тела равно 5 м.
- 4) Перемещение тела равно 0 м.
- 5) Пройденный телом путь равен 25 м.

Ответ:

--	--

6. У спутника, движущегося вокруг Земли по круговой орбите, уменьшился радиус орбиты. Как при этом изменятся сила притяжения спутника к Земле и его скорость?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила притяжения спутника к Земле	Скорость движения спутника

7. Груз массой m начинает двигаться по горизонтальной поверхности под действием постоянной горизонтальной силы F и за время t перемещается на расстояние s . Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими движение груза (левый столбец), и формулами, по которым их можно рассчитать (правый столбец). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ФОРМУЛА

- А) коэффициент трения груза о поверхность
 Б) ускорение груза

- 1) $\frac{F}{mg} - \frac{2s}{gt^2}$
- 2) $\sqrt{\frac{2s}{t}}$
- 3) $\frac{F}{mg}$
- 4) $\frac{2s}{t^2}$

Ответ:

А	Б

8. Идеальный газ находился при температуре 150 К. Какой будет температура газа при увеличении средней квадратичной скорости молекул в 2 раза?

Ответ: _____ К.

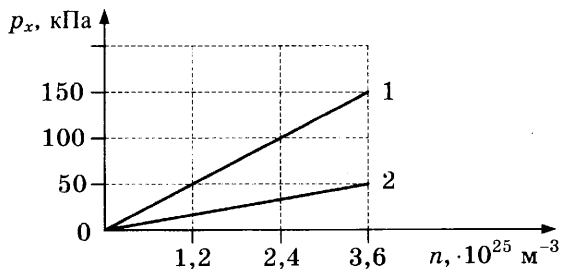
9. Одноатомному идеальному газу в количестве 2 моль сообщили количество теплоты 1 кДж, внешние силы совершили над газом работу 300 Дж. Чему равно изменение внутренней энергии газа?

Ответ: _____ кДж.

10. Нагретый стальной брусок А привели в соприкосновение со стальным холодным бруском Б меньшего размера. В процессе установления теплового равновесия брусок А отдал количество теплоты 15,2 кДж. Какое количество теплоты получил брусок Б?

Ответ: _____ кДж.

11. На рисунке представлен график зависимости давления газа от его концентрации для идеального одноатомного газа в количестве 3 моль. Выберите два верных утверждения, соответствующих данным процессам.

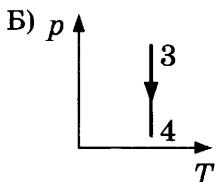
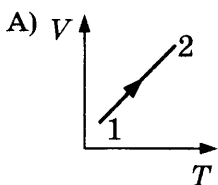


- 1) Процесс 1 происходит при более низкой температуре, чем процесс 2.
- 2) Процессу 2 соответствует температура 100 К.
- 3) Внутренняя энергия газа в процессе 2 увеличивается.
- 4) При фиксированной концентрации $1,2 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ разность внутренних энергий состояний 1 и 2 равна 7479 Дж.
- 5) При фиксированной концентрации $1,2 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ для перехода из состояния 1 в состояние 2 необходимо совершить работу 249 Дж.

Ответ:

12. На рисунках изображены графики процессов 1–2 и 3–4, происходящих с постоянным количеством идеального одноатомного газа. Установите соответствие между изображенными в первом столбце графиками процессов и утверждениями, соответствующими этим процессам.

ГРАФИКИ



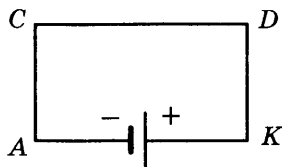
УТВЕРЖДЕНИЯ

- 1) газ совершает положительную работу, внутренняя энергия газа увеличивается
- 2) над газом совершают работу, внутренняя энергия газа уменьшается
- 3) газ совершает положительную работу, внутренняя энергия газа не изменяется
- 4) над газом совершают работу, внутренняя энергия газа увеличивается

Ответ:

A	B

13. На рисунке показан проволочный прямоугольник $ACDK$, подключенный к источнику тока и помещенный в однородное магнитное поле с индукцией B , направленной перпендикулярно плоскости рисунка.



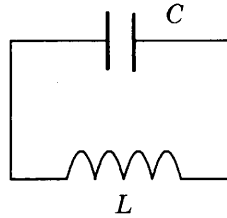
Как направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) сила, действующая со стороны магнитного поля на проводник CD ?

Ответ: _____.

14. Два проводника соединены последовательно и подключены к источнику тока. За одинаковое время на первом проводнике, сопротивление которого 7 Ом , выделилось количество теплоты, в 2 раза меньшее, чем на втором. Каково сопротивление второго проводника?

Ответ: _____ Ом.

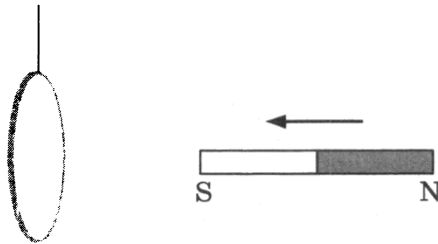
15. В колебательном контуре емкость конденсатора равна 100 нФ.



Какую индуктивность должна иметь катушка, включенная в контур, чтобы можно было получить электромагнитные волны длиной 94,2 км?

Ответ: _____ мГн.

16. К подвешенному на нити кольцу из алюминия приближают магнит, как показано на рисунке.

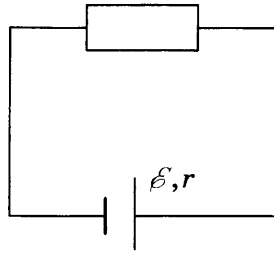


Выберите *два* верных утверждения.

- 1) При приближении магнита магнитный поток через кольцо уменьшается.
- 2) При приближении магнита индукционный ток направлен против часовой стрелки.
- 3) При приближении магнита индукционный ток направлен по часовой стрелке.
- 4) Кольцо притягивается к магниту.
- 5) Кольцо отталкивается от магнита.

Ответ:

17. На рисунке представлена электрическая цепь, состоящая из источника тока и резистора. Как изменятся сопротивление цепи и напряжение на зажимах источника при подключении такого же резистора последовательно к имеющемуся?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

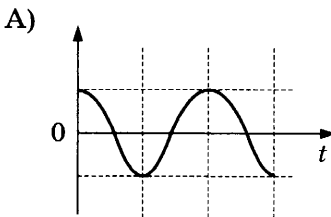
- 1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

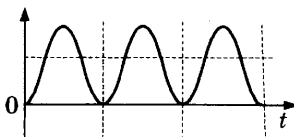
Сопротивление цепи	Напряжение

18. В идеальном колебательном контуре происходят электромагнитные колебания. На графиках А и Б представлены изменения со временем физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в контуре. В момент времени $t = 0$ зарядили конденсатор. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, которым соответствуют эти зависимости. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИК



Б)



ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

- 1) сила тока в контуре
- 2) заряд конденсатора
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) энергия магнитного поля катушки

Ответ:

А	Б

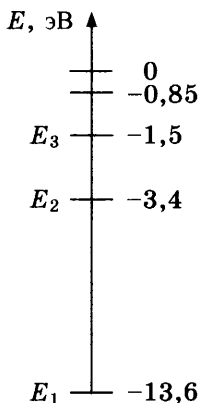
19. Сколько нейтронов и протонов содержится в ядре урана ${}_{92}^{236}\text{U}$?

Ответ:

Число нейтронов	Число протонов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. На рисунке показаны энергетические уровни атома водорода.



Какую энергию нужно сообщить атому, находящемуся в основном состоянии, чтобы он оказался на втором энергетическом уровне?

Ответ: _____ эВ.

21. При наблюдении фотоэффекта измерялись задерживающее напряжение U и длина волны $\lambda_{\text{кр}}$, при которой фотоэффект прекращается. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать (h — постоянная Планка, c — скорость света, e — заряд электрона). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ФОРМУЛА

- А) работа выхода электрона
 Б) кинетическая энергия электрона

- 1) $\frac{hc}{U}$
 2) eU
 3) $\frac{hc}{\lambda_{кр}}$
 4) $\lambda_{кр}U$

Ответ:

А	Б

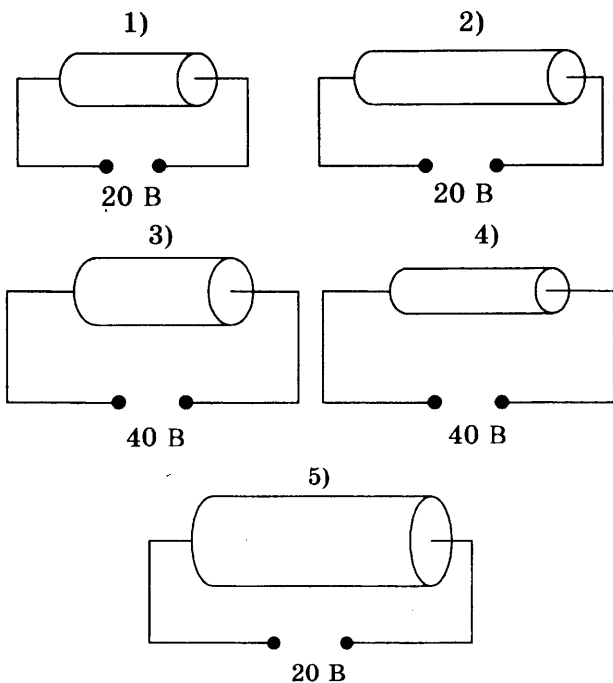
22. Температуру воздуха измеряли термометром, показанным на рисунке. Погрешность измерения температуры равна цене деления термометра. Запишите в ответе результат измерения температуры с учетом погрешности.



Ответ: (_____ ± _____) °C.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Цилиндрический проводник подключен к источнику тока. Была высказана гипотеза, что сопротивление проводника зависит от его длины. Для проверки этой гипотезы нужно выбрать следующие два опыта из представленных ниже (материал всех проводников одинаков).



Ответ:

24. Ниже приведена таблица, содержащая характеристики некоторых звезд.

Название	Радиус, в радиусах Солнца	Масса, кг	Расстояние, пк	Температура поверхности, К
Вега	2,8	$4,20 \cdot 10^{30}$	7,8	9600
Арктур	25,7	$2,2 \cdot 10^{30}$	11,3	4300
Альтаир	1,7	$3,6 \cdot 10^{30}$	5,2	8000
Спика А	7	$2,0 \cdot 10^{31}$	80,4	22 000
Кастор А	2	$4,0 \cdot 10^{30}$	15,3	10 000
Дубхе В	1,3	$3,4 \cdot 10^{30}$	38,0	7400
Алиот	3,7	$6,0 \cdot 10^{30}$	24,9	9400
Антарес	800	$2,5 \cdot 10^{31}$	184,1	3400

Выберите все верные утверждения.

- 1) Масса Дубхе В в 7,4 раза меньше массы Антареса.
- 2) Звезда Кастор является белой звездой.
- 3) Звезда Вега является голубым гигантом.
- 4) Свет Дубхе В достигает Земли за 38 лет.
- 5) Свет Альтаира идет до Земли 17 лет.

Ответ: _____.

Часть 2

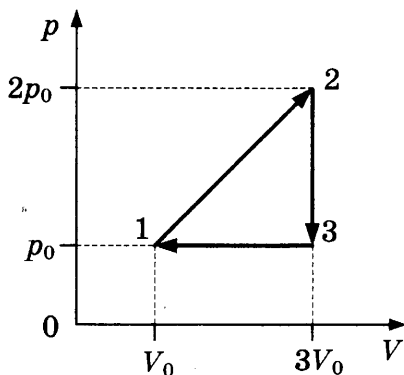
Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. Водолаз, находящийся на дне водоема, плохо видит части дна, находящиеся от него на расстоянии 15 м, и может хорошо видеть части дна, находящиеся от него на расстоянии 30 м и более. Дно водоема горизонтально. Построив ход лучей, докажите, что это возможно. Укажите, какие физические законы вы применили.

Полное правильное решение каждой из задач 26–32 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

26. Математический маятник совершает 20 малых колебаний за 37,7 с. Какова длина нити маятника?
27. Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно с температурой нагревателя 580 К и температурой холодильника 17 °С и совершает за один цикл работу 3 кДж. Какое количество теплоты получает за один цикл рабочее тело от нагревателя?
28. Шарик массой 2 мг и зарядом 15 мкКл поместили в электрическое поле с напряженностью 400 В/м. Какую скорость приобретет шарик через 10 с после помещения в электрическое поле?
29. Груз массой m , привязанный к закрепленной нерастяжимой нити длиной $l = 73$ см, вращается в горизонтальной плоскости с периодом вращения $T = 1,2$ с. Найдите угол отклонения нити от вертикали.

30. На рисунке показан циклический процесс, который совершает постоянное количество идеального одноатомного газа. Определите КПД этого цикла.



31. Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 20 мкФ и катушки индуктивностью 8 мГн. Амплитуда колебаний силы тока 6 мА. Какова максимальная энергия электрического поля конденсатора?
32. Работа выхода электрона из металлической пластины $A_{\text{вых}} = 3,68 \cdot 10^{-19}$ Дж. Каков максимальный импульс электронов, выбиваемых из пластины светом с частотой $\nu = 7 \cdot 10^{14}$ Гц?

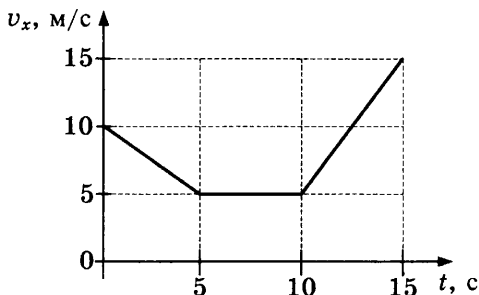
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания

ВАРИАНТ 14

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.



Чему равен путь, пройденный велосипедистом за промежуток времени от 5 с до 15 с?

Ответ: _____ м.

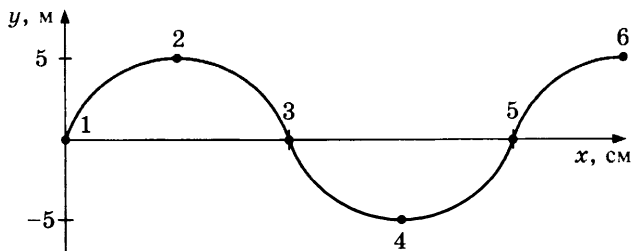
2. На тележке, двигающейся с постоянным ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$, покоится брусок. Со стороны тележки на брусок действует сила трения $1,5 \text{ Н}$. Чему равна сила трения, действующая на тележку со стороны бруска?

Ответ: _____ Н.

3. Кинетическая энергия тела, движущегося со скоростью 5 м/с , равна 50 Дж . Чему равна масса тела?

Ответ: _____ кг.

4. Волна распространяется по струне, как показано на рисунке.

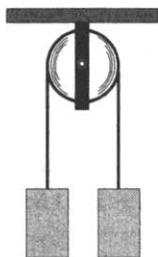


Какая из точек, отмеченных на рисунке, колеблется в противофазе с точкой 2?

Ответ: _____.

5. Два груза массами 2 кг и 3 кг закреплены на концах нерастяжимой нити, перекинутой через закрепленный блок. После освобождения грузов они начинают двигаться.

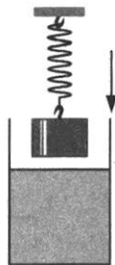
Выберите **два** верных утверждения.



- 1) Сила натяжения нити со стороны груза 3 кг больше, чем со стороны груза 2 кг.
- 2) Сила натяжения нити равна 10 Н.
- 3) Сила натяжения нити равна 24 Н.
- 4) Через 1 с после начала движения скорость груза 3 кг составит 1 м/с.
- 5) Через 2 с после начала движения скорость груза 2 кг составит 4 м/с.

Ответ:

6. Груз, подвешенный на пружине, погружают в сосуд с водой, как показано на рисунке. Как изменятся при погружении груза в сосуд сила Архимеда и сила упругости пружины?



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.

Сила Архимеда	Сила упругости

Груз массой m начинает двигаться по горизонтальной поверхности под действием постоянной горизонтальной силы F и за время t перемещается на расстояние s . Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими движение груза (левый столбец), и формулами, по которым их можно рассчитать (правый столбец, g — ускорение свободного падения). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

А) кинетическая энергия

Б) работа силы трения

ФОРМУЛА

1) $\frac{F}{mg} - \frac{2s}{gt^2}$

2) $2m \frac{s^2}{t^2}$

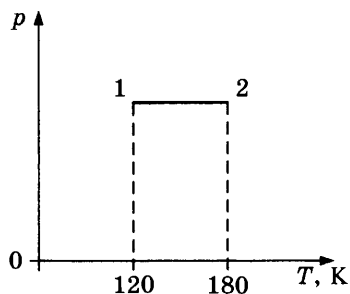
3) $m \frac{2s^2}{t^2} - Fs$

4) $m \frac{2s}{t^2}$

Ответ:

А	Б

8. На графике представлен процесс 1–2, происходящий с постоянной массой идеального газа. В состоянии 1 объем газа равен 4 л. Какой объем имеет газ в состоянии 2?



Ответ: _____ л.

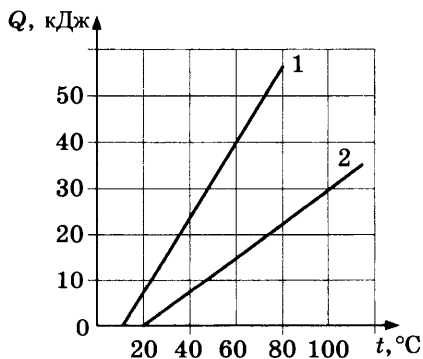
9. Идеальному газу сообщили количество теплоты 750 Дж, изменение внутренней энергии газа составило 1050 Дж. Какую работу совершили над газом внешние силы?

Ответ: _____ Дж.

10. Относительная влажность воздуха равна 41 %, парциальное давление пара при температуре 20 °С равно 897,9 Па. Чему равно давление насыщенного пара при данной температуре?

Ответ: _____ Па.

11. На графике представлены результаты измерения количества теплоты Q , затраченного на нагревание 1 кг вещества 1 и 1,5 кг вещества 2, при различных значениях температуры t этих веществ.



Выберите **два** верных утверждения, соответствующих результатам этих измерений.

- 1) Теплоемкости двух веществ одинаковы.
- 2) Теплоемкость первого вещества больше теплоемкости второго вещества.
- 3) Для нагревания 2 кг вещества 1 на 20°C необходимо количество теплоты 40 кДж.
- 4) При охлаждении 1 кг вещества 2 на 10°C выделится количество теплоты 2500 Дж.
- 5) Начальные температуры обоих веществ равны 10°C .

Ответ:

12. Постоянное количество идеального газа изотермически расширяется. Как при этом изменяются концентрация его молекул и давление?

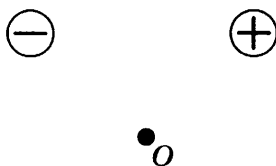
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Концентрация	Давление

13. На рисунке изображены два одинаковых по модулю электрических заряда. Как направлена напряженность (*вверх, вниз, влево, вправо*) электрического поля, создаваемого этими зарядами в точке O (равноудаленной от обоих зарядов)?



Ответ: _____.

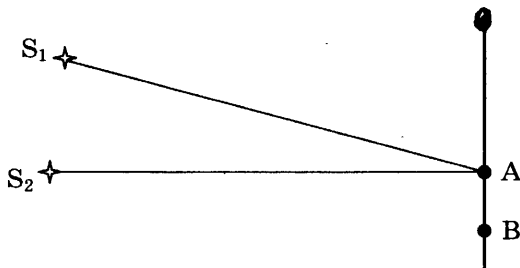
14. Два проводника соединены параллельно и подключены к источнику тока. За одинаковое время на первом проводнике, сопротивление которого равно 6 Ом, выделилось количество теплоты, в 2 раза меньшее, чем на втором. Каково сопротивление второго проводника?

Ответ: _____ Ом.

15. В идеальном колебательном контуре период колебаний равен 20 мкс. Катушку в контуре заменили на другую, индуктивность которой в 4 раза больше. Каким после этого стал период электромагнитных колебаний в контуре?

Ответ: _____ мкс.

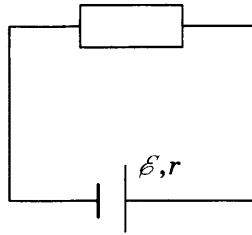
16. Два когерентных источника S_1 и S_2 , испускающие свет с длиной волны λ , находятся на разных расстояниях от точек А и В экрана. На экране наблюдается интерференционная картина в виде чередующихся темных и светлых полос. Выберите *два* верных утверждения, соответствующих этим наблюдениям.



- 1) В точке А наблюдается темная полоса при условии $S_1A - S_2A = 3\frac{\lambda}{2}$.
- 2) В точке А наблюдается темная полоса при условии $S_1A + S_2A = 3\frac{\lambda}{2}$.
- 3) В точке А наблюдается темная полоса при условии $S_1A - S_2A = 2\lambda$.
- 4) В точке В наблюдается светлая полоса при условии $S_1B - S_2B = 3\lambda$.
- 5) В точке В наблюдается светлая полоса при условии $S_1B + S_2B = 2\lambda$.

Ответ: _____.

17. На рисунке представлена электрическая цепь, состоящая из источника тока и резистора. Как изменятся сопротивление цепи и сила тока через источник при подключении такого же резистора параллельно к имеющемуся?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

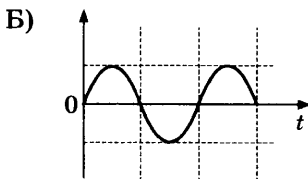
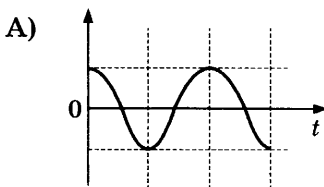
- 1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сопротивление цепи	Сила тока

18. В идеальном колебательном контуре происходят электромагнитные колебания. На графиках А и Б представлены изменения со временем физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в контуре. В момент времени $t = 0$ зарядили конденсатор. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, которым соответствуют эти зависимости. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИК



ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

- 1) сила тока в контуре
- 2) заряд конденсатора
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) энергия магнитного поля катушки

Ответ:

А	Б

19. Сколько нейтронов и протонов содержится в ядре плутония ${}_{94}^{244}\text{Pu}$?

Ответ:

Число нейтронов	Число протонов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Период полураспада ядер атомов радона ${}_{86}^{222}\text{Rn}$ составляет 3,8 суток. Во сколько раз по отношению к начальному уменьшится количество атомов в образце через 11,4 суток?

Ответ: _____ раз.

21. При наблюдении фотоэффекта увеличили интенсивность падающего света, не изменяя длины волны. Как при этом изменятся частота излучения фотонов и количество выбиваемых за 1 с фотоэлектронов?

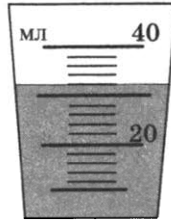
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота излучения фотонов	Количество выбиваемых за 1 с фотоэлектронов

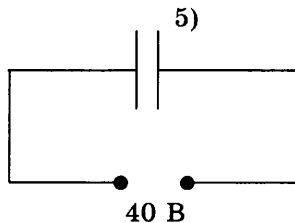
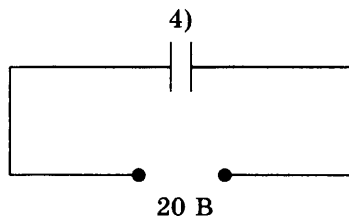
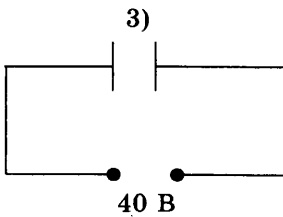
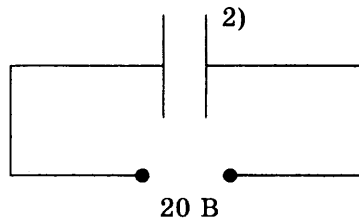
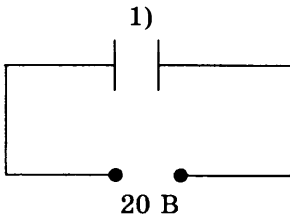
22. Объем жидкости измеряли с помощью мензурки, показанной на рисунке. Погрешность измерения объема равна цене деления мензурки. Запишите в ответе результат измерения объема с учетом погрешности.



Ответ: (_____ ± _____) мл.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Плоский воздушный конденсатор подключен к источнику тока. Была высказана гипотеза, что емкость конденсатора зависит от приложенного напряжения. Для проверки этой гипотезы нужно выбрать следующие два опыта из представленных ниже.



Ответ:

24. Ниже приведена таблица, содержащая характеристики некоторых звезд.

Название	Радиус, в радиусах Солнца	Масса, кг	Расстояние, пк	Температура поверхности, К
Вега	2,8	$4,20 \cdot 10^{30}$	7,8	9600
Арктур	25,7	$2,2 \cdot 10^{30}$	11,3	4300
Альтаир	1,7	$3,6 \cdot 10^{30}$	5,2	8000
Спика А	7	$2,0 \cdot 10^{31}$	80,4	22 000
Кастор А	2	$4,0 \cdot 10^{30}$	15,3	10 000
Дубхе В	1,3	$3,4 \cdot 10^{30}$	38,0	7400
Алиот	3,7	$6,0 \cdot 10^{30}$	24,9	10800
Антарес	800	$2,5 \cdot 10^{31}$	184,1	3400

Выберите все верные утверждения.

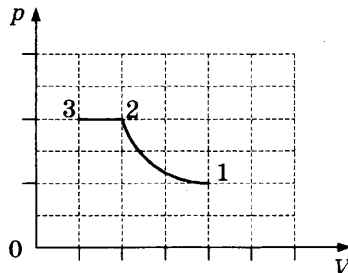
- 1) Звезды Вега и Кастор имеют примерно одинаковые массы.
- 2) Звезда Кастор является красным гигантом.
- 3) Звезды Дубхе и Альтаир относятся к одному спектральному классу.
- 4) Звезда Алиот является белой звездой.
- 5) Свет Солнца достигнет Альтаира через 5,2 года.

Ответ: _____.

Часть 2

Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

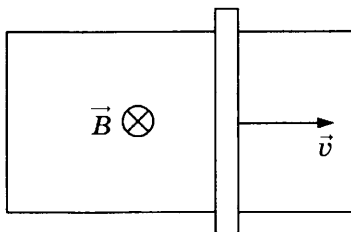
25. В закрытом сосуде под поршнем находится влажный воздух. На графике показана зависимость парциального давления пара от объема (процесс 1–2–3).



Объясните полученный характер зависимости, указав, какие физические законы вы применили.

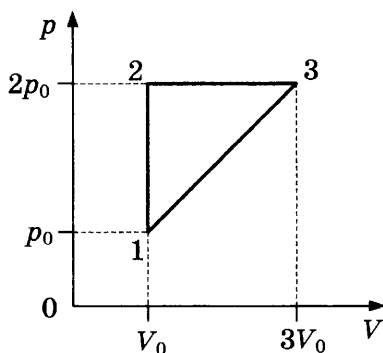
Полное правильное решение каждой из задач 26–32 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

26. Небольшой груз массой 320 г совершает вертикальные колебания на пружине, 100 колебаний совершаются за время 50,2 с. Какова жесткость пружины?
27. П-образный контур находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости контура (см. рис.). Индукция магнитного поля $B = 0,1$ Тл.



По контуру с постоянной скоростью $v = 1$ м/с скользит перемычка длиной $l = 30$ см и сопротивлением $R = 15$ Ом. Какова сила индукционного тока в контуре?

28. На дифракционную решетку перпендикулярно падает свет. Для длины волны 400 нм максимум третьего порядка наблюдается под углом 30° . Определите период решетки.
29. Какие скорость и период обращения должен иметь спутник, чтобы двигаться по круговой орбите на высоте $h = 600$ км от поверхности Земли? Радиус Земли $R_3 = 6400$ км, масса Земли $M_3 = 6 \cdot 10^{24}$ кг.
30. На рисунке показан циклический процесс, который совершает постоянное количество идеального одноатомного газа. Определите КПД этого цикла.



31. Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 20 мкФ и катушки индуктивностью $4,5 \text{ мГн}$. Амплитуда колебаний заряда конденсатора 10 нКл . В некоторый момент времени заряд конденсатора равен 6 нКл . Чему равна сила тока в контуре в этот момент времени?
32. Работа выхода электрона из металлической пластины $A_{\text{вых}} = 4,5 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Каков максимальный импульс электронов, выбиваемых из пластины светом с длиной волны $\lambda = 375 \text{ нм}$?

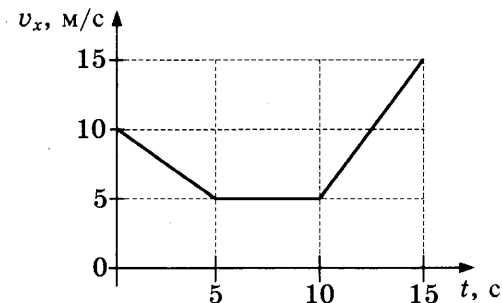
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания

ВАРИАНТ 15

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.



Чему равен путь, пройденный велосипедистом за первые 10 с?

Ответ: _____ м.

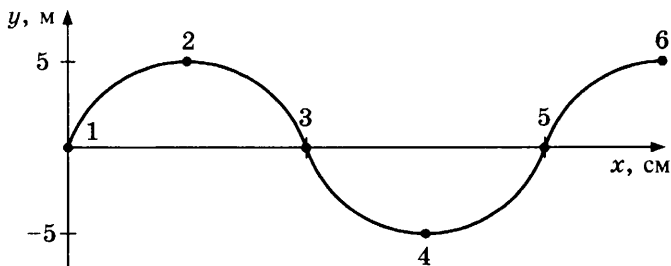
2. На брусок массой 5 кг, движущийся по горизонтальной поверхности, действует сила трения скольжения 5 Н. Продолжая двигаться горизонтально, брусок выезжает на более гладкую поверхность, так что коэффициент трения между бруском и поверхностью уменьшается в 2 раза. Чему стала равна сила трения скольжения, действующая на брусок?

Ответ: _____ Н.

3. Тело движется, имея кинетическую энергию 5 Дж. Какой станет кинетическая энергия тела при увеличении скорости движения тела в 2 раза?

Ответ: _____ Дж.

4. Волна распространяется по струне, как показано на рисунке.



Какая из точек, отмеченных на рисунке, колеблется в фазе с точкой 5?

Ответ: _____.

5. Бруску массой 0,4 кг, находящемуся на горизонтальной шероховатой поверхности, сообщили скорость v .

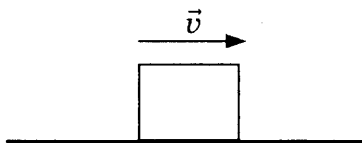
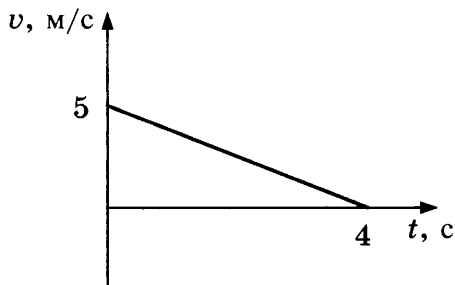


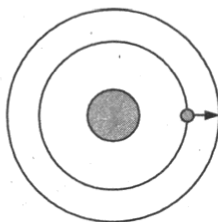
График зависимости скорости бруска от времени показан на рисунке. Выберите *два* верных утверждения.



- 1) Импульс бруска не изменяется.
- 2) Изменение импульса бруска за 2 с составило $2 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$.
- 3) Изменение импульса бруска за 2 с составило $1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$.
- 4) Действующая на брусок сила трения равна $0,3 \text{ Н}$.
- 5) Путь, пройденный бруском, равен 10 м .

Ответ:

6. У спутника, движущегося вокруг Земли по круговой орбите, увеличился радиус орбиты. Как при этом изменятся ускорение спутника и период его обращения вокруг Земли?



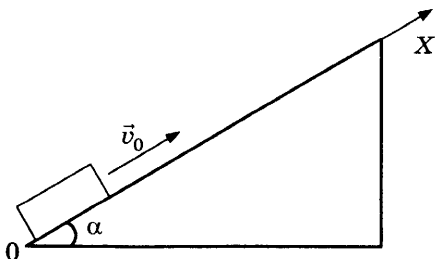
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ускорение спутника	Период обращения

7. Бруску массой m , находящемуся на наклонной плоскости, в момент $t = 0$ сообщили направленную вдоль оси X скорость \vec{v}_0 (см. рис.). Угол наклона плоскости к горизонту α , коэффициент трения μ . Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими движение бруска (левый столбец), и формулами, по которым их можно рассчитать (правый столбец, g — ускорение свободного падения). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ФОРМУЛА

- А) время движения бруска до остановки
 Б) сила трения

- 1) μmg
 2) $\frac{v_0}{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha}$
 3) $\mu mg \cos \alpha$
 4) $\frac{v_0}{\mu g \cos \alpha}$

Ответ:

8. Температура идеального газа составляла 267 °С. Какой будет температура газа при уменьшении средней кинетической энергии его молекул в 2 раза?

Ответ: _____ К.

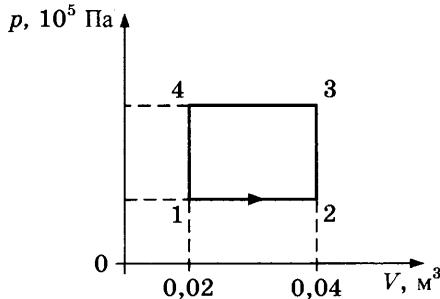
9. Одноатомному идеальному газу в количестве 2 моль было сообщено количество теплоты 449 Дж, температура газа при этом увеличилась на 10 К. Какую работу совершил газ в этом процессе? Ответ округлите до целых.

Ответ: _____ Дж.

10. Относительная влажность воздуха в сосуде под поршнем составляет 55 %. Какой станет относительная влажность этого воздуха при уменьшении объема под поршнем в 2 раза при постоянной температуре?

Ответ: _____ %.

11. На рисунке показан график процесса, происходящего с постоянной массой газа. Выберите **два** верных утверждения, соответствующих этому процессу.



- 1) В процессе 4–1 происходит изохорное нагревание газа.
- 2) В процессе 3–4 газ совершает отрицательную работу.
- 3) В процессе 2–3 над газом совершают работу.
- 4) В процессе 2–3 газ отдает тепло.
- 5) В процессе 1–2 газ получает тепло.

Ответ:

--	--

12. В идеальной тепловой машине увеличилось количество теплоты, поступающее от нагревателя при неизменной работе, совершаемой газом за один цикл. Как при этом изменятся коэффициент полезного действия машины и количество теплоты, отдаваемое за один цикл холодильнику?

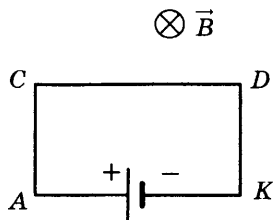
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Коэффициент полезного действия	Количество теплоты, отдаваемое холодильнику

13. На рисунке показан проволочный прямоугольник $ACDK$, подключенный к источнику тока и помещенный в однородное магнитное поле с индукцией B , направленной перпендикулярно плоскости рисунка.



Как направлена (вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю) сила, действующая со стороны магнитного поля на проводник AC ?

Ответ: _____.

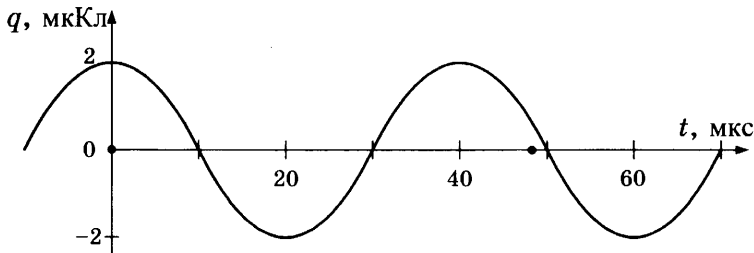
14. Заряд 15 нКл помещен в электрическое поле с напряженностью 400 В/м . Какая сила действует на заряд со стороны поля?

Ответ: _____ мкН.

15. В идеальном колебательном контуре период колебаний равен 20 мкс . Конденсатор в контуре заменили на другой, емкость которого в 4 раза меньше. Каким после этого стал период электромагнитных колебаний в контуре?

Ответ: _____ мкс.

16. На рисунке приведен график гармонических колебаний заряда конденсатора в колебательном контуре. Емкость конденсатора 6 мкФ . Выберите два верных утверждения.



- 1) Период колебаний равен 40 мкс .
- 2) Период колебаний равен 20 мкс .
- 3) Максимальная электрическая энергия колебаний равна $0,33 \text{ мкДж}$.
- 4) Максимальная магнитная энергия колебаний равна $0,2 \text{ мкДж}$.
- 5) Амплитуда колебаний напряжения составляет 12 В .

Ответ:

17. Плоский воздушный конденсатор емкостью C подключили к источнику тока. Как изменятся емкость конденсатора и напряжение на его обкладках, если, отключив конденсатор от источника тока, увеличить расстояние между его обкладками?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

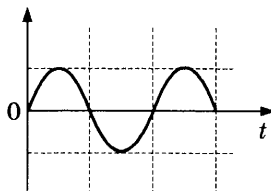
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Емкость конденсатора	Напряжение

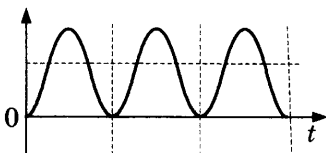
18. В идеальном колебательном контуре происходят электромагнитные колебания. На графиках А и Б представлены изменения со временем физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в контуре. В момент времени $t = 0$ зарядили конденсатор. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, которым соответствуют эти зависимости. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИК

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКАЯ
ВЕЛИЧИНА

- 1) сила тока в контуре
- 2) заряд конденсатора
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) энергия магнитного поля катушки

Ответ:

А	Б

19. Сколько нейтронов и протонов содержится в ядре серебра ${}_{47}^{107}\text{Ag}$?

Ответ:

Число нейтронов	Число протонов

В бланк ответов №1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Частота видимого света равна $0,5 \cdot 10^{15}$ Гц, частота рентгеновского излучения 10^{18} Гц. Во сколько раз импульс одного рентгеновского фотона больше импульса одного фотона видимого света?

Ответ: _____ раз.

21. При наблюдении фотоэффекта уменьшили длину волны падающего света. Как при этом изменятся работа выхода и величина задерживающего напряжения?

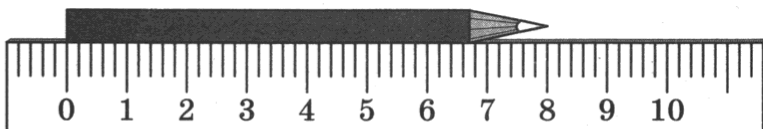
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Работа выхода	Задерживающее напряжение

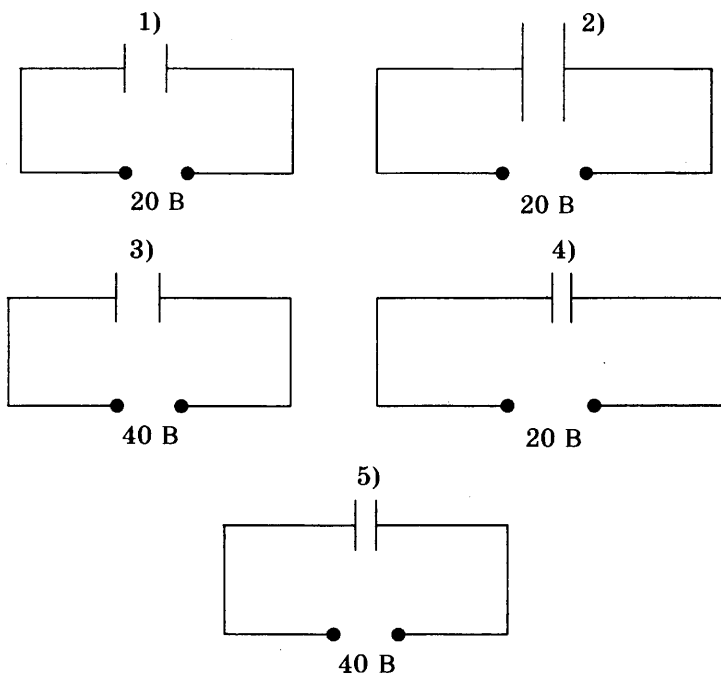
22. Длину карандаша измеряли с помощью линейки, показанной на рисунке. Погрешность измерения длины равна цене деления линейки. Запишите в ответе результат измерения длины с учетом погрешности.



Ответ: _____ мм.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Плоский воздушный конденсатор подключен к источнику тока. Была высказана гипотеза, что электроемкость конденсатора зависит от площади его пластин. Для проверки этой гипотезы нужно выбрать следующие два опыта из представленных ниже.



Ответ:

24. Ниже приведена таблица, содержащая характеристики планет Солнечной системы. Орбиты планет приближенно можно считать круговыми.

Название	Радиус, км	Масса, кг	Среднее расстояние от Солнца, км	Период вращения вокруг оси, ч
Меркурий	2439	$3,30 \cdot 10^{23}$	$57,9 \cdot 10^6$	1411,2
Венера	6052	$4,87 \cdot 10^{24}$	$108,2 \cdot 10^6$	5832
Земля	6378	$5,98 \cdot 10^{24}$	$149,6 \cdot 10^6$	24
Марс	3398	$6,42 \cdot 10^{23}$	$227,94 \cdot 10^6$	24,6
Юпитер	71 492	$1,90 \cdot 10^{27}$	$778 \cdot 10^6$	9,8
Сатурн	60 268	$5,69 \cdot 10^{26}$	$1429 \cdot 10^6$	10,2
Уран	25 559	$8,69 \cdot 10^{25}$	$2871 \cdot 10^6$	10,8
Нептун	24 764	$1,02 \cdot 10^{26}$	$4504 \cdot 10^6$	15,7

Выберите все верные утверждения.

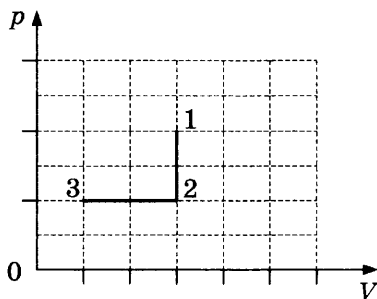
- 1) Для того чтобы покинуть поверхность Венеры, нужна скорость не меньше чем 15,6 км/с.
- 2) Свет Солнца достигает Марса за 12,5 мин.
- 3) Расстояние между орбитами Меркурия и Земли составляет 1 а. е.
- 4) Ускорение свободного падения на поверхности Юпитера равно 25 м/с^2 .
- 5) Отношение периодов обращения Земли и Венеры вокруг Солнца равно 1,6.

Ответ: _____

Часть 2

Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. В закрытом сосуде находится влажный воздух. Сосуд медленно охлаждают. На графике показана зависимость парциального давления пара от объема (процесс 1–2–3).

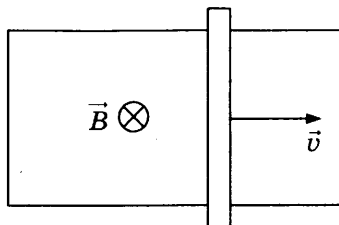


Объясните полученный характер зависимости, указав, какие физические законы вы применили.

Полное правильное решение каждой из задач 26–32 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.

26. Математический маятник совершает гармонические колебания по закону $x = 0,102 \sin(\pi t)$ (м). Чему равно максимальное ускорение груза маятника?

27. П-образный контур находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости контура (см. рис.).



- По контуру с постоянной скоростью $v = 1$ м/с скользит перемычка длиной $l = 30$ см и сопротивлением $R = 15$ Ом. Сила индукционного тока в контуре $I = 6$ мА. Какова индукция магнитного поля?
28. Гирлянда состоит из 10 лампочек сопротивлением по 110 Ом каждая, соединенных последовательно. Определите мощность, выделяющуюся на гирлянде при ее подключении к напряжению 220 В.
29. Снаряд летит по параболе и разрывается в верхней части траектории на высоте $H = 1000$ м на две равные части. Одна половина снаряда упала вертикально вниз за время $t_1 = 10$ с, вторая — на расстоянии $s = 4000$ м по горизонтали от места разрыва. Найти скорость снаряда перед разрывом.
30. Одноатомный газ в количестве 1 моль совершает циклический процесс, состоящий из изобарного расширения, адиабатического расширения и изотермического сжатия. Максимальная температура в цикле равна $T_1 = 400$ К, минимальная температура $T_2 = 200$ К. Работа в изотермическом процессе равна $-2,88$ кДж. Найти КПД этого цикла.
31. В идеальном колебательном контуре происходят электромагнитные колебания с периодом $6\pi \cdot 10^{-4}$ с. Амплитуда колебаний силы тока 5 мА, в некоторый момент времени сила тока в контуре равна 3 мА. Чему равен заряд конденсатора в этот момент времени?
32. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла $\lambda_{кр} = 497$ нм. Каков максимальный импульс электронов, выбиваемых из пластины светом с длиной волны $\lambda = 375$ нм?

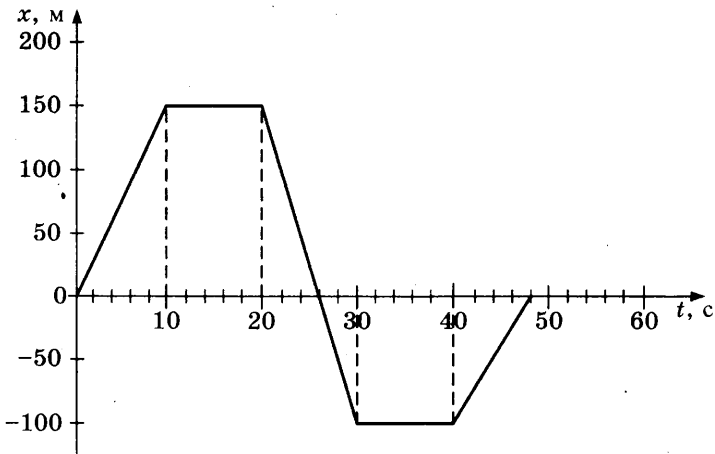
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания

ВАРИАНТ 16

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

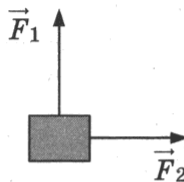
1. На рисунке приведен график зависимости координаты прямолинейно движущегося тела от времени.



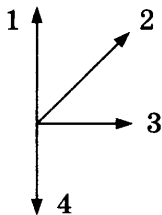
Найдите проекцию скорости тела на ось Ox в интервале времени от 20 до 30 с.

Ответ: _____ м/с.

2. К телу, движущемуся в инерциальной системе отсчета, приложены две силы, как показано на рисунке.



Какая из стрелок правильно показывает направление ускорения тела? В ответе укажите ее номер.



Ответ: _____.

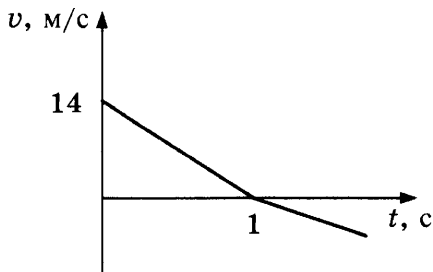
3. Какую работу совершит сила натяжения 10 Н, перемещая тело массой 3 кг по горизонтальной поверхности на расстояние 2 м? Сила направлена под углом 60° к поверхности.

Ответ: _____ Дж.

4. Период колебаний математического маятника равен 2 с. Каким будет период колебаний маятника при уменьшении длины маятника в 4 раза?

Ответ: _____ с.

5. Мяч подброшен вертикально вверх со скоростью v . График зависимости проекции скорости мяча от времени показан на рисунке. Выберите **два** верных утверждения.

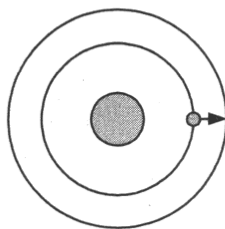


- 1) Потенциальная энергия мяча максимальна при $t = 1$ с.
- 2) Потенциальная энергия мяча минимальна при $t = 1$ с.
- 3) Полная механическая энергия системы сохраняется.
- 4) Мяч поднимется на максимальную высоту 7 м.
- 5) Мяч поднимется на максимальную высоту 14 м.

Ответ:

--	--

6. У спутника, движущегося вокруг Земли по круговой орбите, увеличился радиус орбиты. Как при этом изменятся сила притяжения спутника к Земле и его кинетическая энергия?



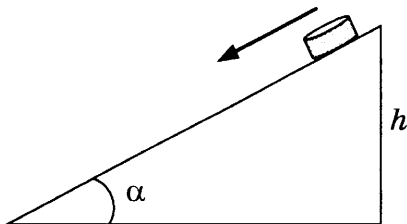
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась 2) уменьшилась 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила притяжения	Кинетическая энергия

7. Небольшая шайба массой m соскальзывает из состояния покоя по наклонной плоскости (см. рис.). Угол наклона плоскости к горизонту α , коэффициент трения μ , высота наклонной плоскости h . Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими движение шайбы (левый столбец), и формулами, по которым их можно рассчитать (правый столбец, g — ускорение свободного падения). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ФОРМУЛА

А) ускорение шайбы

1) $g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$

Б) работа, совершенная силой трения за время движения по наклонной плоскости

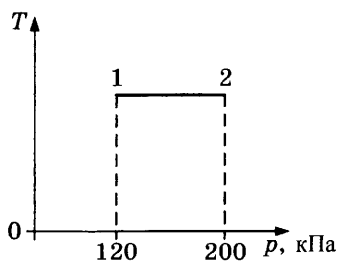
2) $g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha$

3) $-\mu mgh \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$

4) $-\mu mgh \cos \alpha$

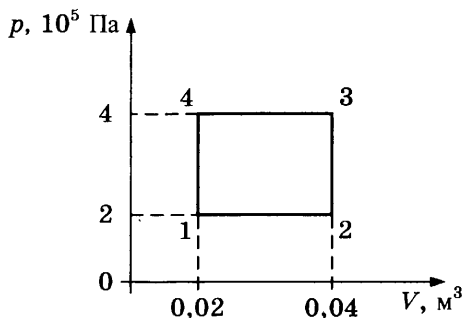
Ответ:

8. На графике представлен процесс 1–2, происходящий с постоянной массой идеального газа. В состоянии 1 объем газа равен 4 л. Какой объем имеет газ в состоянии 2?



Ответ: _____ л.

9. На рисунке показан график процесса, происходящего с постоянной массой газа.



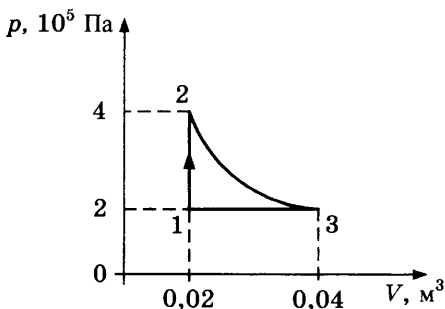
Какую работу совершил газ в процессе 1–2–3–4–1?

Ответ: _____ кДж.

10. Над идеальным одноатомным газом в количестве 2 моль внешние силы совершили работу 166 Дж, температура газа при этом уменьшилась на 10 К. Какое количество теплоты отдал газ? Ответ округлите до целых.

Ответ: _____ Дж.

11. На рисунке показан график процесса, происходящего с постоянной массой газа. Выберите *два* верных утверждения, соответствующих этому процессу.



- 1) В процессе 1–2 происходит изобарное нагревание газа.
- 2) В процессе 3–1 газ совершает отрицательную работу.
- 3) В процессе 2–3 внешние силы совершают над газом работу.
- 4) В процессе 2–3 газ отдает тепло.
- 5) В процессе 1–2 газ получает тепло.

Ответ:

12. Идеальный газ в количестве 1 моль адиабатически расширяется. Как при этом изменяются концентрация его молекул и температура?

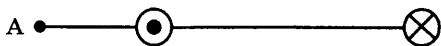
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Концентрация	Температура

13. На рисунке изображены два проводника с равными токами $I = 5$ А, текущими в противоположных направлениях. Как направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) магнитная индукция результирующего магнитного поля в точке А?

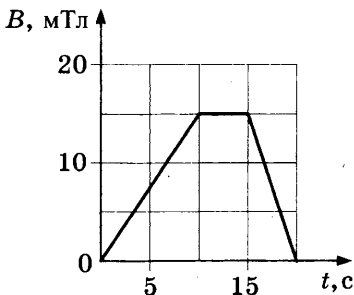


Ответ: _____.

14. Электрическое поле действует на заряд 20 нКл силой 40 мкН. Какова напряженность электрического поля?

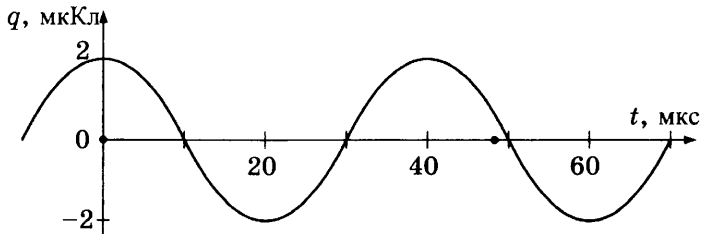
Ответ: _____ кВ/м.

15. На графике показана зависимость индукции магнитного поля от времени. Линии магнитной индукции пересекают замкнутый контур площадью 300 см² перпендикулярно плоскости контура. Определите ЭДС индукции, возникающую в контуре в промежутке времени от 0 до 10 с.



Ответ: _____ мкВ.

16. На рисунке приведен график гармонических колебаний заряда конденсатора в колебательном контуре. Электроемкость конденсатора 6 мкФ. Выберите *два* верных утверждения.



- 1) Частота колебаний равна 50 кГц.
- 2) Частота колебаний равна 25 кГц.
- 3) Максимальная электрическая энергия колебаний равна 0,2 мкДж.
- 4) Максимальная магнитная энергия колебаний равна 0,33 мкДж.
- 5) Амплитуда колебаний напряжения составляет 12 В.

Ответ:

--	--

17. Плоский воздушный конденсатор емкостью C подключили к источнику тока. Как изменятся электроемкость конденсатора и его заряд, если, не отключая конденсатор от источника тока, уменьшить расстояние между его обкладками?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

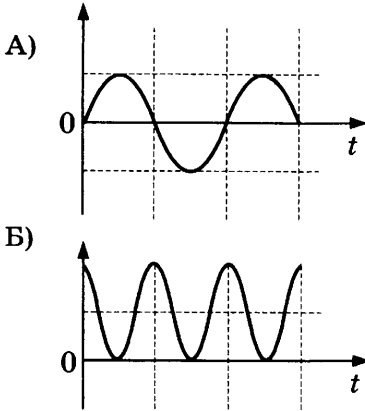
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Электроемкость конденсатора	Заряд конденсатора

18. В идеальном колебательном контуре происходят электромагнитные колебания. На графиках А и Б представлены изменения со временем физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в контуре. В момент времени $t = 0$ зарядили конденсатор. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, которым соответствуют эти зависимости. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКАЯ
ВЕЛИЧИНА

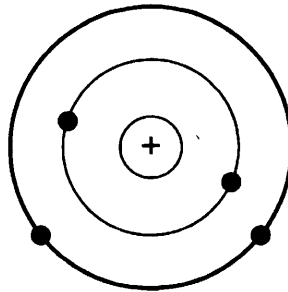
- 1) сила тока в контуре
- 2) заряд конденсатора
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) энергия магнитного поля катушки

Ответ:

А	Б

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

19. На рисунке изображена схема атома Be, в ядре которого содержатся 9 нуклонов. Электроны обозначены черными точками.



Сколько нейтронов и протонов находится в ядре этого атома?

Ответ:

Число нейтронов	Число протонов

20. Импульс одного фотона видимого излучения равен $1,1 \cdot 10^{-27}$ кг · м/с. Чему равна частота такого излучения? Ответ умножьте на 10^{15} .

Ответ: _____ Гц.

21. При наблюдении фотоэффекта величина задерживающего напряжения уменьшилась. Как при этом изменились длина волны падающего света и максимальная скорость электронов?

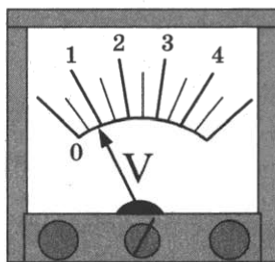
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина волны	Максимальная скорость электронов

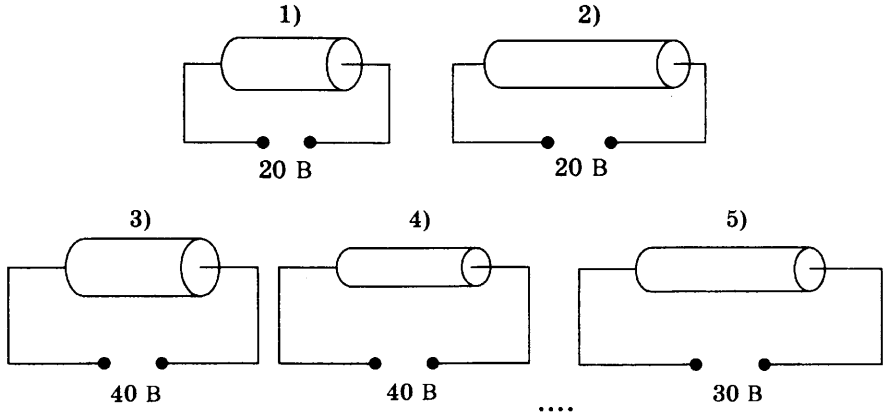
22. Ученик измерил напряжение с помощью вольтметра, показанного на рисунке. Погрешность измерения равна цене деления вольтметра. Чему равно измеренное напряжение с учетом погрешности?



Ответ: (_____ ± _____) В.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Цилиндрический проводник подключен к источнику тока. Была высказана гипотеза, что сопротивление проводника зависит от его площади поперечного сечения. Для проверки этой гипотезы нужно выбрать следующие два опыта из представленных ниже (материал всех проводников одинаков).



Ответ: _____.

24. Ниже приведена таблица, содержащая характеристики планет Солнечной системы. Орбиты планет приблизительно можно считать круговыми.

Название	Радиус, км	Масса, кг	Среднее расстояние от Солнца, км	Период вращения вокруг оси, ч
Меркурий	2439	$3,30 \cdot 10^{23}$	$57,9 \cdot 10^6$	1411,2
Венера	6052	$4,87 \cdot 10^{24}$	$108,2 \cdot 10^6$	5832
Земля	6378	$5,98 \cdot 10^{24}$	$149,6 \cdot 10^6$	24
Марс	3398	$6,42 \cdot 10^{23}$	$227,94 \cdot 10^6$	24,6
Юпитер	71 492	$1,90 \cdot 10^{27}$	$778 \cdot 10^6$	9,8
Сатурн	60 268	$5,69 \cdot 10^{26}$	$1429 \cdot 10^6$	10,2
Уран	25 559	$8,69 \cdot 10^{25}$	$2871 \cdot 10^6$	10,8
Нептун	24 764	$1,02 \cdot 10^{26}$	$4504 \cdot 10^6$	15,7

Выберите все верные утверждения.

- 1) Свет Солнца достигает Юпитера за 12,5 мин.
- 2) Угловая скорость вращения Сатурна вокруг своей оси в 1,5 раза больше угловой скорости вращения Нептуна.
- 3) Вторая космическая скорость для Сатурна составляет 35,6 км/с.
- 4) Отношение периодов обращения Юпитера и Земли вокруг Солнца равно 1,6.
- 5) Первая космическая скорость для Сатурна составляет 25,4 км/с.

Ответ: _____.

Часть 2

Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

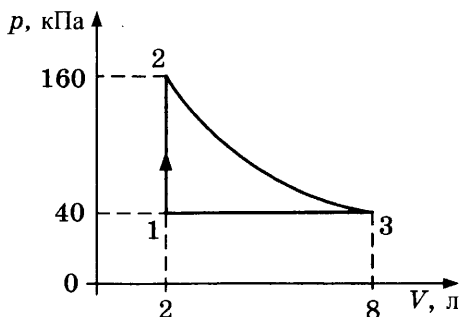
25. Рабочее тело теплового двигателя, находящегося в контакте с холодильником, медленно сжимают, а затем нагревают до температуры нагревателя. Начальное состояние газа характеризуется параметрами $p_0, 2V_0, T_0$, конечное состояние — $4p_0, V_0, 2T_0$. Количество вещества не меняется. Постройте график зависимости давления газа от его объема в описанном процессе. Построение поясните, указав, какие физические закономерности вы применили.

Полное правильное решение каждой из задач 26–32 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.

26. Маятник совершает гармонические колебания, при этом скорость маятника изменяется по закону $v = 0,63 \sin(\pi t)$ (м/с). Чему равна амплитуда колебаний маятника?
27. Две частицы с одинаковыми зарядами и отношением масс $\frac{m_1}{m_2} = 2$ попадают в однородное магнитное поле, вектор магнитной индукции которого перпендикулярен векторам скорости частиц. Кинетическая энергия первой частицы в 2 раза больше, чем второй. Чему равно отношение радиу-

сов кривизны траекторий $\frac{R_1}{R_2}$ первой и второй частиц в магнитном поле?

28. Для некоторого вещества красная граница фотоэффекта составляет 450 нм. Определите работу выхода электронов для этого вещества.
29. В тело массой $M = 0,09$ кг, лежащее на полу и соединенное со стеной недеформированной пружиной жесткостью $k = 4$ Н/м, попадает пуля массой $m = 0,01$ кг, летевшая со скоростью $v_0 = 50$ м/с горизонтально. Коэффициент трения между телом и полом $\mu = 0,6$. Найти скорость тела к моменту, когда оно пройдет расстояние $s = 0,5$ м.
30. Одноатомный идеальный газ совершает показанный на рисунке циклический процесс. На участке изотермического расширения газ совершает работу 443 Дж. Найти КПД теплового двигателя, работающего по такому циклу.



31. В идеальном колебательном контуре происходят электромагнитные колебания с периодом $2\pi \cdot 10^{-5}$ с. В некоторый момент времени заряд конденсатора равен 5 нКл, а сила тока в контуре 0,8 мА. Чему равна амплитуда колебаний силы тока?
32. На пластинку, которая отражает 70 % и поглощает 30 % падающего света, каждую секунду перпендикулярно падают $N = 3 \cdot 10^{20}$ одинаковых фотонов, которые оказывают на пластинку действие силой $F = 0,675$ мкН. Определите длину волны падающего света.

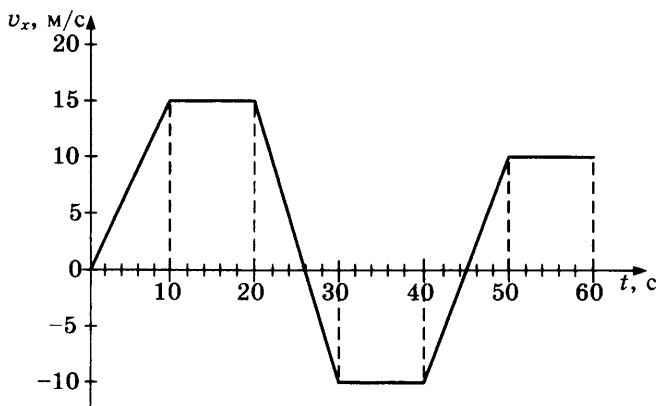
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания

ВАРИАНТ 17

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

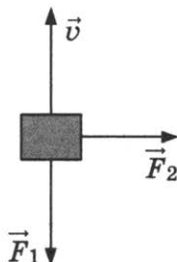
1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.



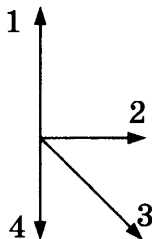
Чему равна проекция ускорения тела в промежутке времени от 24 до 30 с?

Ответ: _____ м/с².

2. К телу, движущемуся в инерциальной системе отсчета со скоростью \vec{v} , приложены две силы \vec{F}_1 и \vec{F}_2 , как показано на рисунке.



Какая из стрелок правильно показывает направление ускорения тела? В ответе укажите ее номер.



Ответ: _____.

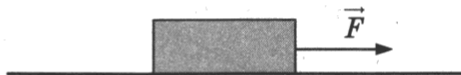
3. Мяч массой 200 г падает с высоты 1,5 м, сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Чему равна кинетическая энергия мяча перед ударом о землю?

Ответ: _____ Дж.

4. Частота колебаний математического маятника равна 1 Гц. Чему будет равна частота колебаний маятника при увеличении его длины в 4 раза?

Ответ: _____ Гц.

5. Брусок массой 0,4 кг, находящийся на горизонтальной поверхности, движется равномерно под действием силы $F = 1,2$ Н.



Выберите *два* верных утверждения.

- 1) Коэффициент трения бруска о плоскость равен 0,3.
- 2) Кинетическая энергия бруска уменьшается.
- 3) При перемещении бруска на 2 м сила тяжести совершила работу 8 Дж.
- 4) При перемещении бруска на 2 м сила трения совершила работу $(-2,4)$ Дж.
- 5) Работа, совершаемая силой F , равна работе, совершаемой силой тяжести.

Ответ:

--	--

6. Брусок, движущийся по горизонтальной поверхности под действием постоянной силы, выезжает на более шероховатую поверхность. Как при этом изменятся вес бруска и его ускорение?

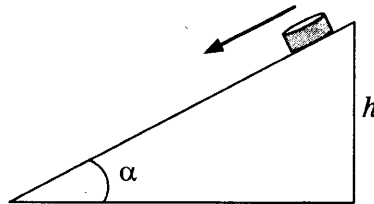
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила давления бруска на плоскость	Ускорение бруска

7. Небольшая шайба массой m соскальзывает из состояния покоя по наклонной плоскости (см. рис.). Угол наклона плоскости к горизонту α , коэффициент трения μ , высота наклонной плоскости h . Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими движение шайбы (левый столбец), и формулами, по которым их можно рассчитать (правый столбец, g — ускорение свободного падения). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

- А) скорость шайбы в конце наклонной плоскости
 Б) работа, совершенная силой тяжести за время движения по наклонной плоскости

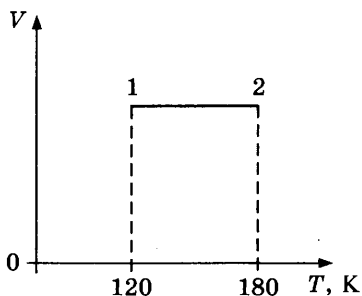
ФОРМУЛА

- 1) $-\mu mgh \sin \alpha$
 2) $2gh (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$
 3) mgh
 4) $\sqrt{2gh(1 - \mu \cdot \operatorname{ctg} \alpha)}$

Ответ:

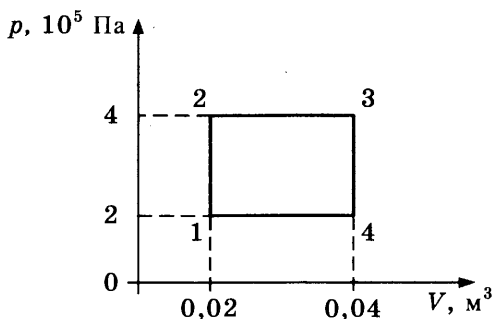
А	Б

8. На графике представлен процесс 1–2, происходящий с постоянной массой идеального газа. В состоянии 1 давление газа равно 90 кПа. Какое давление создает газ в состоянии 2?



Ответ: _____ кПа.

9. На рисунке показан график процесса, происходящего с постоянной массой газа.



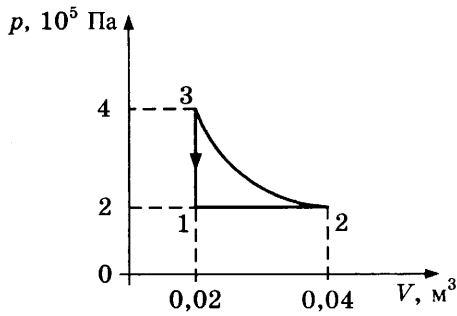
Чему равно изменение внутренней энергии газа в процессе 1–2–3–4–1?

Ответ: _____ кДж.

10. Какова масса алюминиевого бруска, если после сообщения ему количества теплоты 37,8 кДж он нагрелся на 30 °С?

Ответ: _____ кг.

11. На рисунке показан график процесса, происходящего с постоянной массой газа. Выберите *два* верных утверждения, соответствующих этому процессу.



- 1) В процессе 3–1 происходит изобарное охлаждение газа.
- 2) В процессе 3–1 газ совершает отрицательную работу.
- 3) В процессе 2–3 внешние силы совершают над газом работу.
- 4) В процессе 2–3 внутренняя энергия газа увеличивается.
- 5) В процессе 1–2 газ получает тепло.

Ответ:

--	--

12. В сосуде под поршнем находится смесь сухого воздуха и насыщенного водяного пара. Объем смеси уменьшили, температура оставалась неизменной. Как изменились в результате парциальные давления сухого воздуха и пара?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилось
- 2) уменьшилось
- 3) не изменилось

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Парциальное давление сухого воздуха	Парциальное давление пара

13. Точечный отрицательный заряд помещен вблизи одинаковых разноименно заряженных шариков (см. рис.). Как направлена (*вверх, вниз, влево, вправо*) равнодействующая кулоновских сил, действующих на заряд q ?

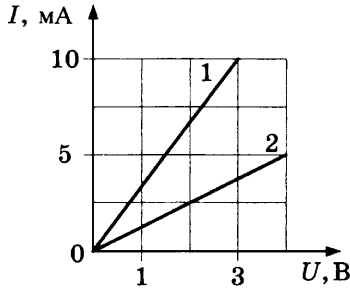


• $q < 0$



Ответ: _____.

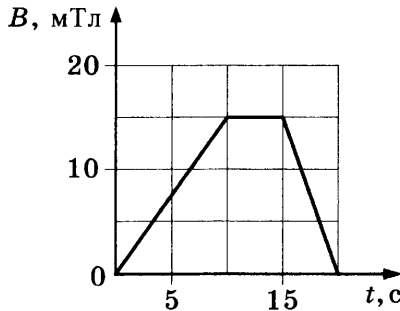
14. Зависимость силы тока от напряжения для различных проводников представлена на рисунке.



Чему равно сопротивление проводника 1?

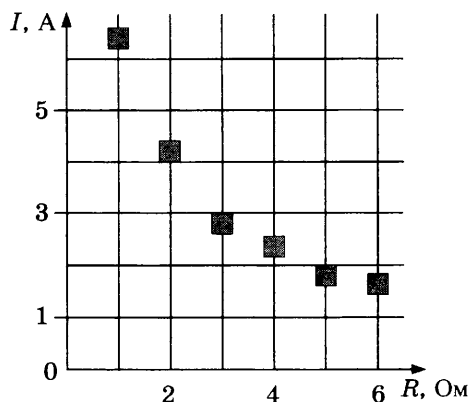
Ответ: _____ Ом.

15. На графике показана зависимость индукции магнитного поля от времени. Линии магнитной индукции пересекают замкнутый контур площадью 300 см^2 перпендикулярно плоскости контура. Определите ЭДС индукции, возникающую в контуре в промежутке времени от 10 до 15 с.



Ответ: _____ мкВ.

16. На графике представлены результаты измерения силы тока на реостате I при различных значениях сопротивления реостата R . Погрешность измерения силы тока $\Delta I = \pm 0,2 \text{ А}$, сопротивления $\Delta R = \pm 0,5 \text{ Ом}$.



Выберите *два* утверждения, соответствующих результатам этих измерений.

- 1) При сопротивлении 2 Ом напряжение на реостате примерно равно 8,5 В.
- 2) При сопротивлении 1 Ом напряжение на реостате примерно равно 7 В.
- 3) При сопротивлении 6 Ом мощность тока примерно равна 17 Вт.
- 4) При сопротивлении 3 Ом мощность тока примерно равна 8,5 Вт.
- 5) При силе тока 4 А мощность тока примерно равна 20 Вт.

Ответ:

--	--

17. В колебательном контуре с индуктивностью L и электроемкостью C происходят электромагнитные колебания с периодом T и амплитудой q_0 . Что произойдет с периодом и максимальной энергией катушки, если при неизменных амплитуде и индуктивности увеличить электроемкость?

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	Максимальная энергия катушки

18. Частица с зарядом q и массой m движется в магнитном поле с индукцией B по окружности радиуса R . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ФОРМУЛА

А) импульс частицы

1) $2mq^2B^2R^2$

Б) энергия частицы

2) qBR

3) $\frac{q^2B^2R^2}{2m}$

4) qB^2R^2

Ответ:

А	Б

19. Ядро лития ${}^1_3\text{Li}$ испустило бета-частицу. Каковы массовое и зарядовое число ядра, образовавшегося в результате распада?

Ответ:

Массовое число	Зарядовое число

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Импульс одного фотона видимого излучения равен $1,6 \cdot 10^{-27}$ кг · м/с. Чему равна энергия фотона такого излучения?

Ответ: _____ эВ.

21. При наблюдении фотоэффекта уменьшили интенсивность падающего света, не изменяя длины волны. Как при этом изменятся количество падающих на поверхность металла за 1 с фотонов и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов?

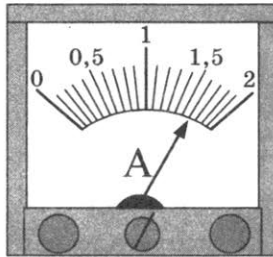
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Количество падающих за 1 с фотонов	Максимальная кинетическая энергия электронов

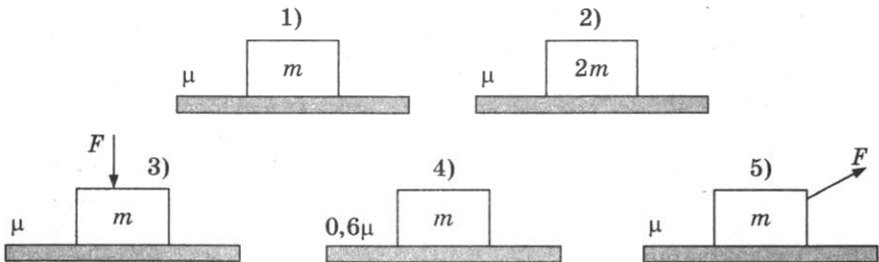
22. Ученик измерил силу тока с помощью амперметра, показанного на рисунке. Погрешность измерения равна цене деления амперметра. Чему равна измеренная сила тока с учетом погрешности?



Ответ: (_____ ± _____) А.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Для исследования зависимости силы трения от коэффициента трения необходимо выбрать две установки из предложенных ниже (m — масса тела, μ — коэффициент трения, F — сила).



Запишите в ответ номера выбранных установок.

Ответ:

24. Ниже приведена таблица, содержащая характеристики некоторых звезд.

Название	Радиус, в радиусах Солнца	Масса, кг	Расстояние, пк	Температура поверхности, К
Вега	2,8	$4,2 \cdot 10^{30}$	7,8	9600
Арктур	25,7	$2,2 \cdot 10^{30}$	11,3	4300
Альтаир	1,7	$3,6 \cdot 10^{30}$	5,2	8000
Спика А	7	$2,0 \cdot 10^{31}$	80,4	22 000
Регул А	3,5	$7,0 \cdot 10^{30}$	23,6	10 300
Дубхе В	1,3	$3,4 \cdot 10^{30}$	38,0	7400
Алиот	3,7	$6,0 \cdot 10^{30}$	24,9	9400
Антарес	800	$2,5 \cdot 10^{31}$	184,1	3400

Выберите все верные утверждения.

- 1) Масса Арктура в 11,4 раза меньше массы Антареса.
- 2) Максимум излучения звезды Дубхе приходится на фиолетовую область спектра.
- 3) Звезды Арктур и Солнце относятся к одному спектральному классу.
- 4) Звезда Антарес является красным гигантом.
- 5) Свет Солнца достигнет Веги через 7,8 года.

Ответ: _____.

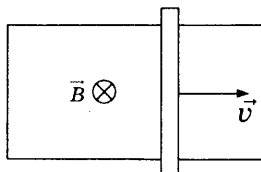
Часть 2

Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. Рабочее тело теплового двигателя, находящегося в контакте с холодильником, медленно сжимают, а затем нагревают до температуры нагревателя. Начальное состояние газа характеризуется параметрами p_0 , $2V_0$, T_0 , конечное состояние — $4p_0$, V_0 , $2T_0$. Количество вещества не меняется. Постройте график зависимости объема газа от его температуры в описанном процессе. Построение поясните, указав, какие физические закономерности вы применили.

Полное правильное решение каждой из задач 26–32 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.

26. Шарик массой 50 г бросили вертикально вверх с начальной скоростью 10 м/с. Шарик поднялся на высоту 7,5 м и упал обратно. Перед ударом о землю скорость шарика была 5 м/с. Чему равна сила сопротивления движению шарика?
27. П-образный контур находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости контура (см. рисунок). Индукция магнитного поля $B = 0,2$ Тл.



- По контуру со скоростью $v = 1$ м/с скользит перемычка сопротивлением $R = 5$ Ом. Сила индукционного тока в контуре $I = 4$ мА. Чему равна длина перемычки?
28. На поверхность падает световой поток, за каждую секунду на поверхность попадает $2 \cdot 10^{15}$ фотонов с длиной волны 550 нм. Какова мощность этого светового потока?
29. Из двух соударяющихся абсолютно упругих шаров больший шар покоится. В результате центрального удара меньший шар потерял $\frac{3}{4}$ своей кинетической энергии. Определите отношение масс шаров.
30. Воздух с относительной влажностью 40 % находится в объеме $1,2$ м³ при температуре 20 °С. Какое количество росы выпадет при уменьшении объема в 3 раза? Давление насыщенного пара при температуре 20 °С равно 2330 Па, температура не меняется.
31. Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 20 мкФ и катушки индуктивностью 4,5 мГн. Амплитуда колебаний силы тока 6 мА. Какова амплитуда колебаний напряжения на конденсаторе в контуре?
32. На пластинку площадью $S = 4$ см², которая отражает 70 % и поглощает 30 % падающего света, свет падает перпендикулярно. Мощность светового потока 120 Вт. Какое давление оказывает свет на пластинку?

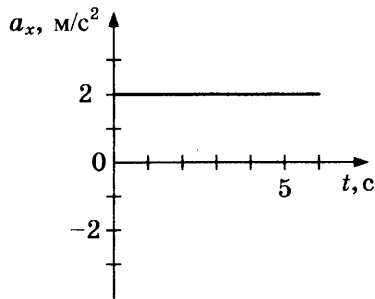
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания

ВАРИАНТ 18

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции ускорения тела от времени.



Определите проекцию скорости тела через 5 с, считая начальную скорость равной 4 м/с.

Ответ: _____ м/с.

2. На брусок массой 5 кг, движущийся по горизонтальной поверхности, действует сила трения скольжения 2 Н. Чем будет равна сила трения скольжения, если ускорение тела увеличится в 2 раза при неизменной силе давления бруска на плоскость?

Ответ: _____ Н.

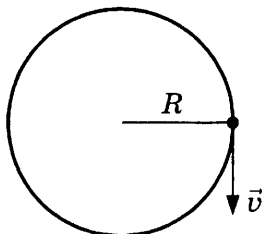
3. Кинетическая энергия тела, первоначально движущегося со скоростью 1 м/с, увеличилась в 9 раз. Какой стала при этом скорость тела?

Ответ: _____ м/с.

4. Ускорение маятника, совершающего гармонические колебания, зависит от времени согласно уравнению $a = 0,2 \cos 4,5t$, где все величины выражены в системе СИ. Какова циклическая частота колебаний?

Ответ: _____ рад/с.

5. Точка движется по окружности радиуса 1 м с постоянной скоростью $v = 0,5$ м/с, как показано на рисунке. Выберите *два* верных утверждения, соответствующих данному движению.



- 1) За 10 с точка совершит 5 оборотов.
- 2) Частота вращения точки равна 0,05 Гц.
- 3) Точка совершит полный оборот за 12,6 с.
- 4) Ускорение точки равно $0,25$ м/с².
- 5) Ускорение точки равно нулю.

Ответ:

--	--

6. Тело брошено с некоторой высоты горизонтально со скоростью v_0 , сопротивлением воздуха можно пренебречь. Как изменятся при движении тела его ускорение и кинетическая энергия?

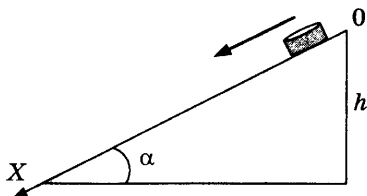
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ускорение	Кинетическая энергия

7. Небольшая шайба соскальзывает по наклонной плоскости из состояния покоя (см. рис.).



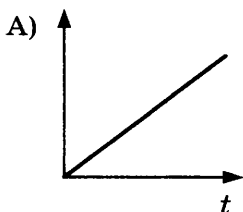
Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение шайбы, от времени.

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

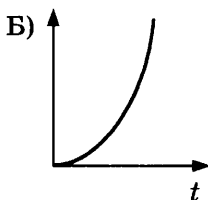
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИК

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА



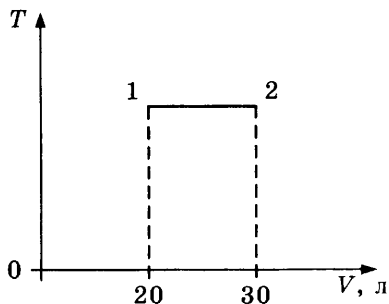
- 1) проекция импульса на ось X
- 2) проекция равнодействующей силы на ось X
- 3) проекция ускорения на ось X
- 4) кинетическая энергия



Ответ:

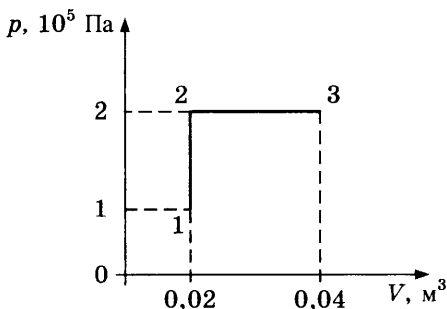
А	Б

8. На графике представлен процесс 1–2, происходящий с постоянной массой идеального газа. В состоянии 1 давление газа равно 90 кПа. Какое давление создает газ в состоянии 2?



Ответ: _____ кПа.

9. Какую работу совершает газ при переходе из состояния 1 в состояние 3, показанном на графике?

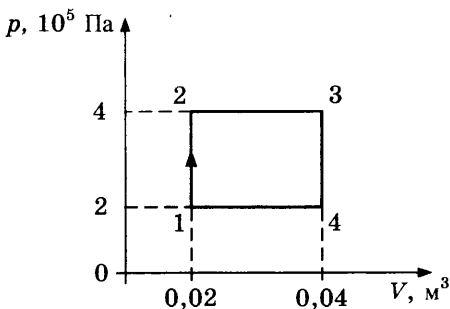


Ответ: _____ Дж.

10. Какое количество теплоты нужно сообщить куску свинца, находящемуся при температуре 283 К, чтобы нагреть его до температуры плавления 327 °С? Масса свинца 200 г.

Ответ: _____ Дж.

11. На рисунке показан график процесса, происходящего с постоянной массой газа. Выберите два верных утверждения, соответствующих этому процессу.



- 1) В процессе 1–2 происходит изохорное нагревание газа.
- 2) В процессе 3–4 газ совершает отрицательную работу.
- 3) В процессе 2–3 над газом совершают работу.
- 4) В процессе 2–3 газ получает тепло.
- 5) В процессе 3–4 газ получает тепло.

Ответ:

--	--

12. Установите соответствие между названием изопроцесса (левый столбец) и формулами, описывающими превращение энергии в этих процессах (правый столбец, Q — количество теплоты, ΔU — изменение внутренней энергии, A — работа газа).

НАЗВАНИЕ
ИЗОПРОЦЕССА

ФОРМУЛА ДЛЯ
РАСЧЕТА

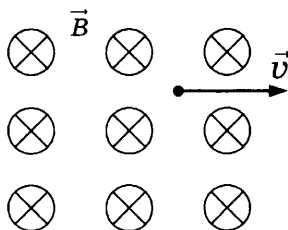
- А) изохорный
Б) изотермический

- 1) $Q = \Delta U + A$
- 2) $Q = A$
- 3) $Q = \Delta U$
- 4) $\Delta U = -A$

Ответ:

А	Б

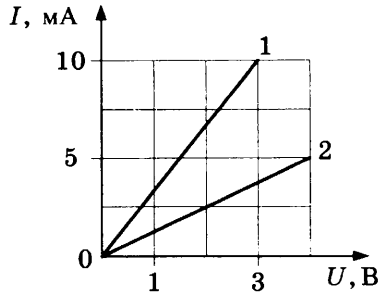
13. Положительно заряженная частица движется в однородном магнитном поле со скоростью v . Вектор скорости частицы направлен перпендикулярно вектору магнитной индукции.



Как направлена (вниз, вверх, вправо, влево, от наблюдателя, к наблюдателю) действующая на частицу сила?

Ответ: _____.

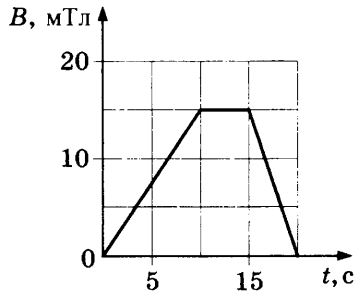
14. Зависимость силы тока от напряжения для различных проводников представлена на рисунке.



Чему равно сопротивление проводника 2?

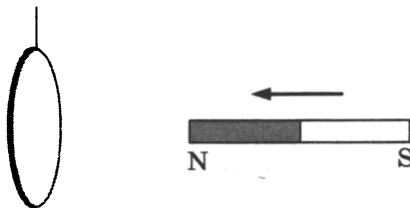
Ответ: _____ Ом.

15. На графике показана зависимость индукции магнитного поля от времени. Линии магнитной индукции пересекают замкнутый контур площадью 300 см^2 перпендикулярно плоскости контура. Определите ЭДС индукции, возникающую в контуре в промежутке времени от 15 до 20 с.



Ответ: _____ мВ.

16. К подвешенному на нити кольцу из алюминия приближают магнит, как показано на рисунке.



Выберите *два* верных утверждения.

- 1) При приближении магнита магнитный поток через кольцо уменьшается.
- 2) При приближении магнита индукционный ток направлен против часовой стрелки.
- 3) При приближении магнита индукционный ток направлен по часовой стрелке.
- 4) Кольцо притягивается к магниту.
- 5) Кольцо отталкивается от магнита.

Ответ: _____.

17. В колебательном контуре с индуктивностью L и электроемкостью C происходят электромагнитные колебания с частотой ν и амплитудой q_0 . Что произойдет с частотой и максимальной энергией конденсатора, если при неизменных амплитуде и индуктивности увеличить электроемкость?

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.

Частота	Максимальная энергия конденсатора

18. Частица с зарядом q и массой m движется в электрическом поле с напряженностью E в направлении линий напряженности в течение времени t . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ФОРМУЛА

А) импульс частицы

Б) энергия частицы

1) $\frac{q^2 E^2}{2m}$

2) $\frac{qEt^2}{m}$

3) $\frac{q^2 E^2 t^2}{2m}$

4) qEt

Ответ:

А	Б

19. Ядро радия ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ испустило альфа-частицу. Каковы массовое и зарядовое число ядра, образовавшегося в результате распада?

Ответ:

Массовое число	Зарядовое число

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Длина волны гамма-излучения равна 0,05 нм. Чему равен импульс одного фотона гамма-излучения? Ответ умножьте на 10^{23} .

Ответ: _____ кг · м/с.

21. При измерении давления света на поверхность уменьшили интенсивность падающего света, не изменяя частоты. Как при этом изменятся длина световой волны и количество фотонов, падающих на поверхность каждую секунду?

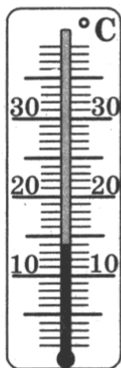
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина волны	Количество фотонов, падающих на поверхность за 1 с

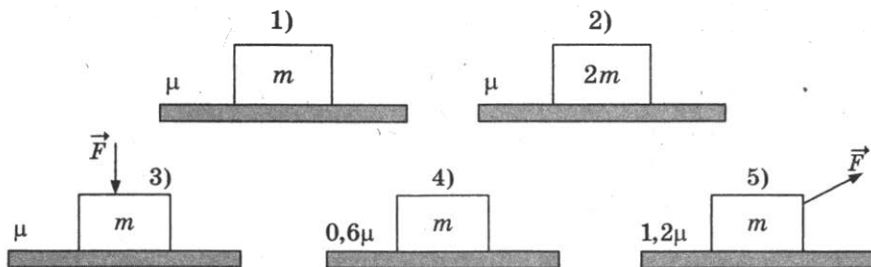
22. Температуру воздуха измеряли термометром, показанным на рисунке. Погрешность измерения температуры равна половине цены деления термометра. Запишите в ответе результат измерения температуры с учетом погрешности.



Ответ: (_____ \pm _____) °C.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Для исследования зависимости силы трения от силы давления на плоскость необходимо выбрать две установки из предложенных ниже (m — масса тела, μ — коэффициент трения, F — сила).



Запишите в ответ номера выбранных установок.

Ответ:

24. Ниже приведена таблица, содержащая характеристики некоторых звезд.

Название	Радиус, в радиусах Солнца	Масса, кг	Расстояние, ПК	Температура поверхности, К
Вега	2,8	$4,20 \cdot 10^{30}$	7,8	9600
Арктур	25,7	$2,2 \cdot 10^{30}$	11,3	4300
Альтаир	1,7	$3,6 \cdot 10^{30}$	5,2	8000
Спика А	7	$2,0 \cdot 10^{31}$	80,4	22 000
Регул А	3,5	$7,0 \cdot 10^{30}$	23,6	10 300
Кастор А	2	$4,0 \cdot 10^{30}$	15,3	10 000
Алиот	3,7	$6,0 \cdot 10^{30}$	24,9	9400
Антарес	800	$2,5 \cdot 10^{31}$	184,1	3400

Выберите все верные утверждения.

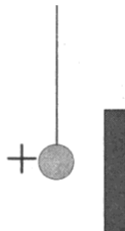
- 1) Объем Спики в 8 раз больше объема Регула.
- 2) Звезда Регул является красным карликом.
- 3) Звезды Вега и Кастор относятся к одному спектральному классу.
- 4) Звезда Антарес является голубым гигантом.
- 5) Свет Альтаира достигнет Земли через 17 лет.

Ответ: _____.

Часть 2

Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. Маленький легкий заряженный положительно металлический шарик подвесили на непроводящей нити вблизи незаряженной металлической пластины (см. рис.). Опишите движение шарика и объясните его, указав, какими физическими явлениями и закономерностями оно вызвано.



Полное правильное решение каждой из задач 26–32 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.

26. Шайбе массой 100 г, находящейся на наклонной плоскости, сообщили направленную вниз скорость 2 м/с. Шайба остановилась, пройдя вдоль наклонной плоскости расстояние 2 м. Угол наклона плоскости 30° . Чему равна сила трения шайбы о плоскость?
27. Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно, совершая за один цикл работу 2 кДж. Количество теплоты 6 кДж рабочее тело двигателя получает за один цикл от нагревателя, температура которого 219°C . Чему равна температура холодильника?
28. На поверхность падает световой поток, за каждую секунду на поверхность попадает $2 \cdot 10^{15}$ фотонов, мощность светового потока составляет 1,1 мВт. Какова длина волны этого светового потока?
29. Маленький груз массой $m = 0,6$ кг подвешен на невесомой и нерастяжимой нити, которая выдерживает максимальное натяжение $T_0 = 12$ Н. На какой максимальный угол можно отвести груз от положения равновесия, чтобы при дальнейшем его движении нить не оборвалась?
30. Горизонтальный теплоизолированный сосуд разделен на две равные части закрепленной нетеплопроводящей перегородкой. В одной части сосуда находится 3 моль гелия при температуре 250 К и давлении 50 кПа, в другой — 2 моль неона при температуре 300 К и давлении 80 кПа. Перегородку убирают. Определите парциальное давление гелия после установления равновесия.
31. Проводник массой $m = 25$ г и длиной $l = 10$ см положили на гладкую наклонную плоскость, составляющую угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом. В пространстве создано однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,5$ Тл, направленное вертикально вверх. Какой минимальный ток нужно пропустить по проводнику, чтобы он двигался вверх по наклонной плоскости равномерно?
32. Вдоль оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 15$ см расположен предмет, один конец которого находится на расстоянии $d_1 = 20$ см от линзы, а другой конец — на расстоянии $d_2 = 25$ см. Определите увеличение изображения.

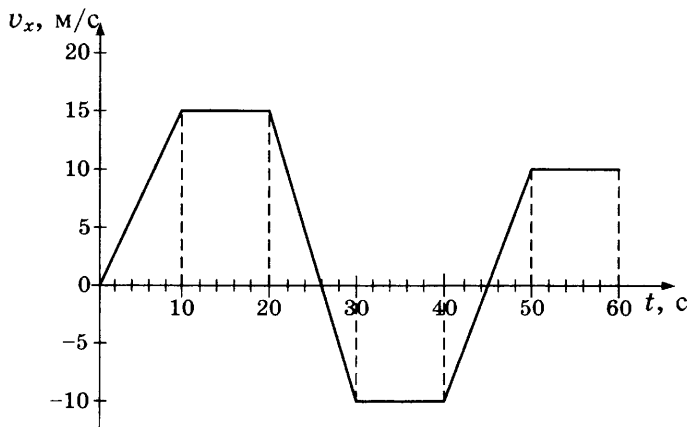
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания

ВАРИАНТ 19

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.



Чему равна проекция ускорения тела в промежутке времени от 42 до 50 с?

Ответ: _____ м/с².

2. На брусок массой 2 кг, движущийся по горизонтальной плоскости, действует сила трения скольжения 3 Н. Чему будет равна сила трения скольжения, если, не изменяя коэффициент трения, увеличить в 2 раза силу давления бруска на плоскость?

Ответ: _____ Н.

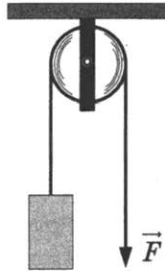
3. Потенциальная энергия растянутой пружины составила 0,02 Дж. Чему будет равна потенциальная энергия этой пружины при увеличении деформации в 2 раза?

Ответ: _____ Дж.

4. Ускорение маятника, совершающего гармонические колебания, зависит от времени согласно уравнению $a = 0,2 \cos 4,5t$, где все величины выражены в системе СИ. Какова амплитуда колебаний ускорения маятника?

Ответ: _____ м/с².

5. Груз массой 20 кг поднимают с помощью троса, перекинутого через закрепленный блок. К свободному концу троса приложена сила F . Ускорение груза равно 0,2 м/с².

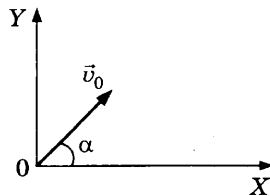


Выберите **два** верных утверждения.

- 1) Сила натяжения троса равна 200 Н.
- 2) Сила F меньше 200 Н.
- 3) Сила натяжения троса равна 204 Н.
- 4) При перемещении груза на 0,5 м сила F совершит работу 100 Дж.
- 5) При перемещении груза на 0,5 м сила тяжести совершит работу (-100) Дж.

Ответ:

6. Тело брошено под углом α к горизонту со скоростью v_0 , сопротивлением воздуха можно пренебречь. Как изменятся при движении тела до верхней точки траектории вертикальная проекция скорости и полная механическая энергия?

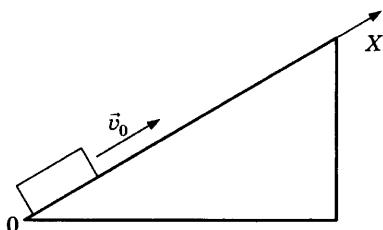


Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится
 Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Вертикальная проекция скорости	Полная механическая энергия

7. Бруску, находящемуся на наклонной плоскости, в момент $t = 0$ сообщили направленную вдоль оси X скорость v_0 (см. рис.).



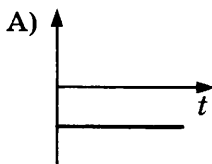
Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение бруска, от времени.

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

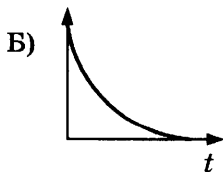
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИК

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА



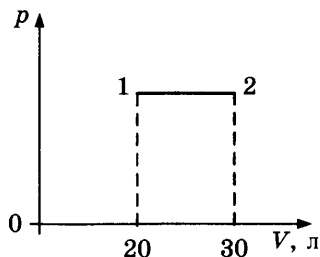
- 1) проекция импульса на ось X
- 2) проекция равнодействующей силы на ось X
- 3) потенциальная энергия
- 4) кинетическая энергия



Ответ:

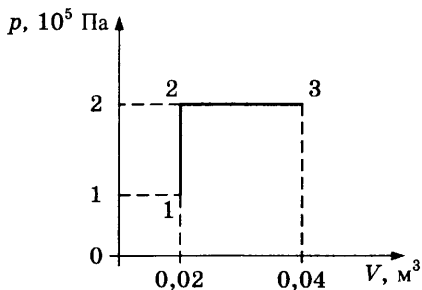
А	Б

8. На графике представлен процесс 1–2, происходящий с постоянной массой идеального газа. В состоянии 1 температура газа равна 220 К. Какова температура газа в состоянии 2?



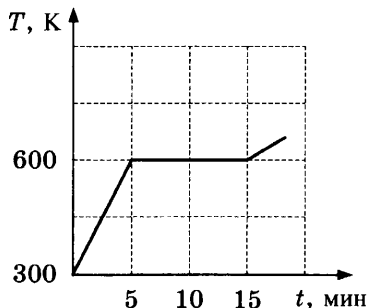
Ответ: _____ К.

9. Каким будет изменение внутренней энергии идеального одноатомного газа при переходе из состояния 1 в состояние 3, показанном на графике?



Ответ: _____ Дж.

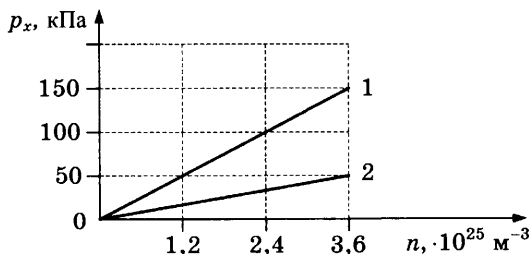
10. На рисунке представлен график зависимости температуры нагреваемого вещества от времени нагрева. Мощность нагрева составляла 54 кДж/мин, масса вещества равна 1 кг. В начальный момент времени вещество находилось в твердом состоянии.



Чему равна удельная теплоемкость данного вещества?

Ответ: _____ Дж/(кг · К).

11. На рисунке представлен график зависимости давления газа от его концентрации для идеального одноатомного газа в количестве 3 моль. Выберите **два** верных утверждения, соответствующих данным процессам.



- 1) Процесс 2 происходит при более низкой температуре, чем процесс 1.
- 2) Процессу 1 соответствует температура 200 К.
- 3) Внутренняя энергия газа в процессе 1 увеличивается.
- 4) При фиксированной концентрации $2,4 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ разность внутренних энергий состояний 1 и 2 равна 7479 Дж.
- 5) При фиксированной концентрации $2,4 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ для перехода из состояния 1 в состояние 2 необходимо совершить работу 249 Дж.

Ответ:

--	--

12. Идеальный одноатомный газ изобарно расширяется. Как при этом изменятся его давление и внутренняя энергия?

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.

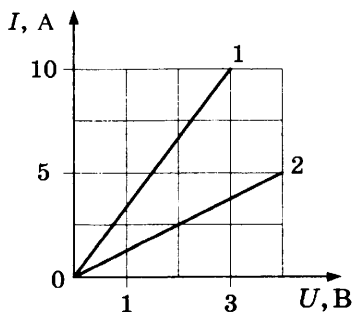
Давление	Внутренняя энергия

13. На рисунке изображены два одинаковых по модулю электрических заряда. Как направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) напряженность электрического поля, создаваемого этими зарядами в точке O ?



Ответ: _____.

14. Зависимость силы тока от напряжения для различных проводников представлена на рисунке.



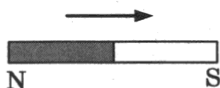
Какую мощность выделяет ток в проводнике 1 при напряжении 3 В?

Ответ: _____ Вт.

15. Энергия магнитного поля катушки 16 мДж. Какой станет энергия магнитного поля катушки при увеличении силы тока в 2 раза?

Ответ: _____ мДж.

16. Магнит отодвигают от подвешенного на нити кольца из алюминия, как показано на рисунке.



Выберите *два* верных утверждения.

- 1) При отдалении магнита магнитный поток через кольцо уменьшается.
- 2) При отдалении магнита индукционный ток направлен против часовой стрелки.
- 3) При отдалении магнита индукционный ток направлен по часовой стрелке.
- 4) Кольцо остается неподвижным.
- 5) Кольцо отталкивается от магнита.

Ответ:

--	--

17. В колебательном контуре с индуктивностью L и емкостью C происходят электромагнитные колебания с частотой ν и амплитудой q_0 . Что произойдет с частотой и максимальной энергией катушки, если при неизменных амплитуде и емкости увеличить индуктивность?

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.

Частота	Максимальная энергия катушки

18. Частица с зарядом q и массой m движется противоположно направлению линий напряженности однородного электрического поля с напряженностью E и останавливается, пройдя расстояние s . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ФОРМУЛА

А) начальный импульс частицы

1) $\sqrt{2mqEs}$

Б) начальная энергия частицы

2) \sqrt{qEs}

3) $\frac{qEs}{2m}$

4) qEs

Ответ:

А	Б

19. Ядро углерода $^{15}_6\text{C}$ испустило бета-частицу. Каковы массовое и зарядовое числа ядра, образовавшегося в результате распада?

Ответ:

Массовое число	Зарядовое число

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Пучок фотонов с длиной волны 400 нм падает на зачерненную поверхность перпендикулярно поверхности. Число фотонов в пучке 10^{24} . Какой импульс передаст этот пучок поверхности?

Ответ: _____ г · м/с.

21. При измерении давления света на поверхность уменьшили частоту падающего света, не изменяя число фотонов, падающих на поверхность каждую секунду. Как при этом изменятся интенсивность падающего света и давление, оказываемое на поверхность?

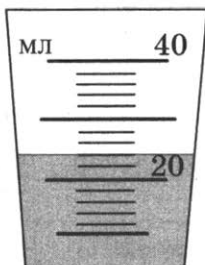
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Интенсивность	Давление

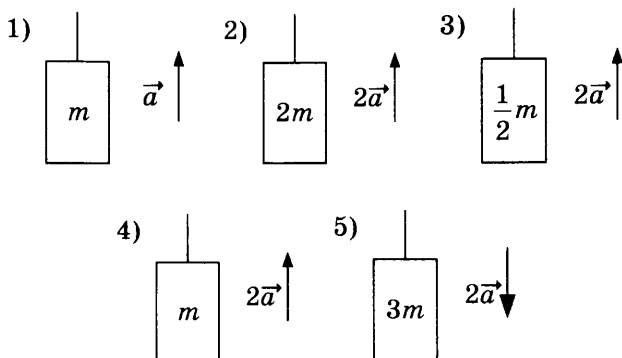
22. Объем жидкости измеряли с помощью мензурки, показанной на рисунке. Погрешность измерения объема равна половине цены деления мензурки. Запишите в ответе результат измерения объема с учетом погрешности.



Ответ: (_____ ± _____) мл.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Для исследования зависимости силы натяжения от ускорения необходимо выбрать две установки из предложенных ниже (m — масса тела, a — ускорение).



Запишите в ответ номера выбранных установок.

Ответ:

24. Ниже приведена таблица, содержащая характеристики планет Солнечной системы. Орбиты планет приближенно можно считать круговыми.

Название	Радиус, км	Масса, кг	Среднее расстояние от Солнца, км	Период вращения вокруг оси, ч
Меркурий	2439	$3,30 \cdot 10^{23}$	$57,9 \cdot 10^6$	1411,2
Венера	6052	$4,87 \cdot 10^{24}$	$108,2 \cdot 10^6$	5832
Земля	6378	$5,98 \cdot 10^{24}$	$149,6 \cdot 10^6$	24
Марс	3398	$6,42 \cdot 10^{23}$	$227,94 \cdot 10^6$	24,6
Юпитер	71 492	$1,90 \cdot 10^{27}$	$778 \cdot 10^6$	9,8
Сатурн	60 268	$5,69 \cdot 10^{26}$	$1429 \cdot 10^6$	10,2
Уран	25 559	$8,69 \cdot 10^{25}$	$2871 \cdot 10^6$	10,8
Нептун	24 764	$1,02 \cdot 10^{26}$	$4504 \cdot 10^6$	15,7

Выберите все верные утверждения.

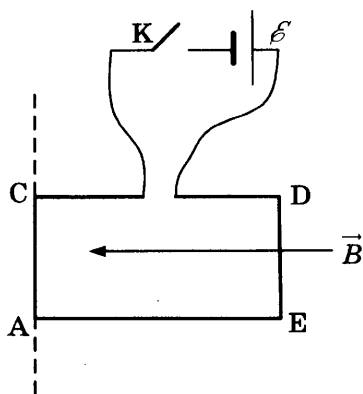
- 1) Расстояние между орбитами Венеры и Земли составляет 0,28 а. е.
- 2) Первая космическая скорость для Сатурна составляет 42,1 км/с.
- 3) Отношение периодов обращения Сатурна и Земли вокруг Солнца равно 29.
- 4) Свет Солнца достигает Юпитера за 43 мин.
- 5) Вторая космическая скорость для Марса составляет 11,8 км/с.

Ответ: _____.

Часть 2

Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. На рисунке изображен проволочный контур ACDE, подключенный через ключ К к источнику тока (см. рисунок). Контур находится в однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} и может свободно вращаться вокруг стороны AC.



Как будет двигаться контур после замыкания ключа? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы применили.

Полное правильное решение каждой из задач 26–32 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.

26. Пуля массой 10 г, летящая со скоростью 200 м/с, пробивает доску толщиной 1 см. Сила сопротивления доски движению пули равна 8,75 кН. Какой будет скорость пули после вылета из доски?
27. В термос с большим количеством льда при температуре $t_1 = 0^\circ\text{C}$ заливают $m = 1,5$ кг воды с температурой $t_2 = 22^\circ\text{C}$. Какая масса льда Δm расплавится при установлении теплового равновесия в сосуде?
28. Четыре параллельно соединенные лампы сопротивлением 200 Ом каждая подключены к напряжению 220 В. Определите мощность, выделяющуюся на лампах.
29. Кубик со стороной 10 см плавает в воде, погрузившись на четверть своего объема. На воду сверху налили керосин слоем 2,5 см. Какая часть объема кубика будет после этого погружена в воду?

30. Горизонтальный теплоизолированный сосуд разделен на две равные части закрепленной нетеплопроводящей перегородкой. В одной части сосуда находится 3 моль гелия при температуре 250 К и давлении 50 кПа, в другой — 2 моль неона при температуре 300 К и давлении 80 кПа. Перегородку убирают. Определите парциальное давление неона после установления равновесия.
31. Проводник массой $m = 25$ г и длиной $l = 10$ см положили на наклонную плоскость, составляющую угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом. В пространстве создано однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,5$ Тл, направленное вертикально вверх. По проводнику пропускают ток $I = 5$ А. Каким должен быть коэффициент трения, чтобы проводник двигался вверх по наклонной плоскости равномерно?
32. Красная граница фотоэффекта для калия $\lambda_0 = 577$ нм. Поверхность калия освещается светом длиной волны $\lambda = 400$ нм. Вблизи поверхности создано однородное магнитное поле с индукцией $B = 5 \cdot 10^{-4}$ Тл, направленное параллельно поверхности. На какое максимальное расстояние от поверхности калия сможет удалиться электрон? Считать, что электрон вылетает перпендикулярно поверхности и обладает максимально возможной скоростью.

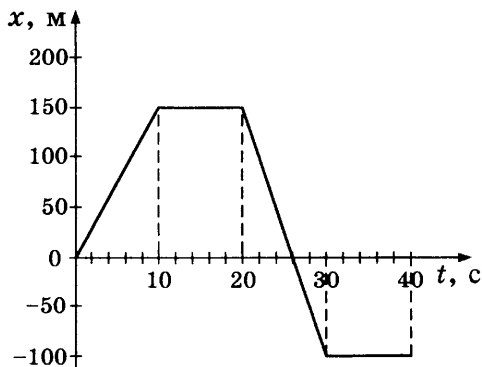
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания

ВАРИАНТ 20

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

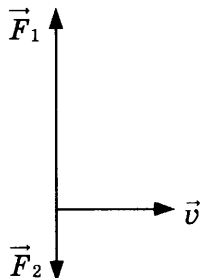
1. На рисунке приведен график зависимости координаты прямолинейно движущегося тела от времени.



Найдите проекцию скорости тела на ось Ox в интервале времени от 14 до 20 с.

Ответ: _____ м/с.

2. К телу массой 2 кг, движущемуся горизонтально со скоростью $\vec{v} = 1$ м/с в инерциальной системе отсчета, приложены две вертикальные силы $\vec{F}_1 = 3$ Н и $\vec{F}_2 = 1$ Н, как показано на рисунке.



Чему равно ускорение тела в этой системе отсчета?

Ответ: _____ м/с².

3. Пуля массой 10 г, летящая со скоростью 100 м/с, попадает в покоящийся деревянный брусок массой 490 г и застревает в нем. С какой скоростью будет двигаться брусок сразу после попадания в него пули?

Ответ: _____ м/с.

4. Волна длиной 2 м распространяется по поверхности воды в озере со скоростью 4 м/с. Какова частота колебаний в волне?

Ответ: _____ Гц.

5. Груз на пружине совершает малые вертикальные колебания. В таблице представлены результаты измерений смещения x груза относительно положения равновесия для различных моментов времени t .

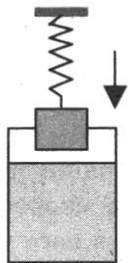
$t, \text{ с}$	0	0,125	0,25	0,375	0,5	0,625	0,75	0,875	1,0
$x, \text{ см}$	2	1,4	0	-1,4	-2	-1,4	0	1,4	2

Выберите **два** верных утверждения, соответствующих результатам этих измерений.

- 1) Период колебаний равен 0,5 с.
- 2) Частота колебаний равна 1 Гц.
- 3) Скорость груза минимальна в момент времени $t = 0,75$ с.
- 4) Кинетическая энергия груза максимальна только в момент времени $t = 0,25$ с.
- 5) Кинетическая энергия груза максимальна в моменты времени $t = 0,25$ с и $t = 0,75$ с.

Ответ:

6. Груз, подвешенный на пружине, погружают в сосуд с водой, как показано на рисунке. Как изменятся при погружении груза в воду растяжение пружины и действующая на груз сила тяжести?



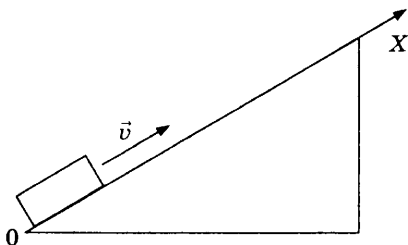
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Растяжение пружины	Сила тяжести

7. Бруску, находящемуся на наклонной плоскости, в момент $t = 0$ сообщили направленную вдоль оси X скорость (см. рис.). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение бруска, от времени.

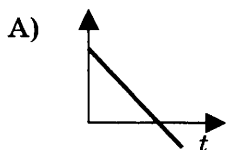


Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

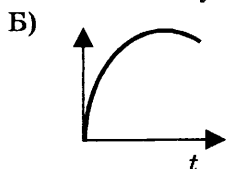
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИК

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА



- 1) потенциальная энергия
- 2) кинетическая энергия
- 3) проекция ускорения на ось X
- 4) проекция скорости на ось X



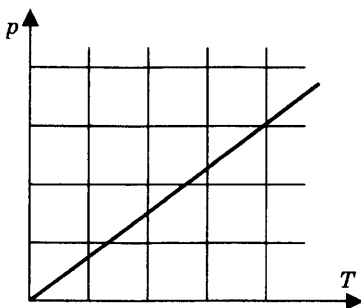
Ответ:

А	Б

8. Идеальный газ с начальным давлением 10^5 Па изотермически расширился, при этом давление изменилось в 2 раза, а объем увеличился на 5 л. Найдите начальное значение объема.

Ответ: _____ л.

9. На p - T -диаграмме представлен процесс изменения состояния идеального одноатомного газа неизменной массы. В этом процессе газ получил 20 кДж теплоты.



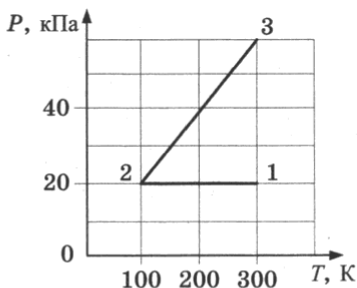
Определите работу газа в этом процессе.

Ответ: _____ кДж.

10. Относительная влажность воздуха в сосуде под поршнем составляет 25 %. Какой станет относительная влажность этого воздуха при уменьшении объема под поршнем в 2 раза при постоянной температуре?

Ответ: _____ %.

11. С идеальным одноатомным газом в количестве 0,1 моль происходит процесс 1–2–3, результаты измерений параметров газа в этом процессе показаны на графике.



Выберите **два** верных утверждения.

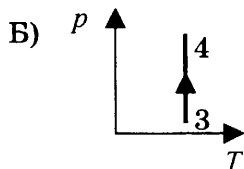
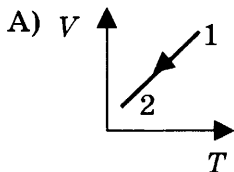
- 1) Объем газа в состоянии 1 в 3 раза меньше, чем в состоянии 2.
- 2) Объем газа в состоянии 3 равен 4,2 л.
- 3) В процессе 1–2 внешние силы совершили над газом работу 166 Дж.
- 4) В процессе 2–3 внешние силы совершили над газом работу 250 Дж.
- 5) В процессе 1–2 газ отдал 166 Дж теплоты.

Ответ:

--	--

12. На рисунках изображены графики процессов 1–2 и 3–4, происходящих с постоянным количеством идеального одноатомного газа. Установите соответствие между изображенными в первом столбце графиками процессов и утверждениями, соответствующими этим процессам.

ГРАФИКИ



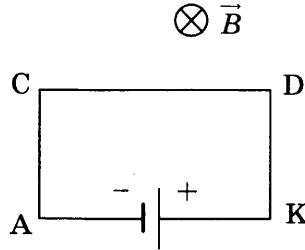
УТВЕРЖДЕНИЯ

- 1) газ совершает положительную работу, внутренняя энергия газа не изменяется
- 2) над газом совершают работу, внутренняя энергия газа уменьшается
- 3) газ совершает отрицательную работу, внутренняя энергия газа не изменяется
- 4) над газом совершают работу, внутренняя энергия газа увеличивается

Ответ:

А	Б

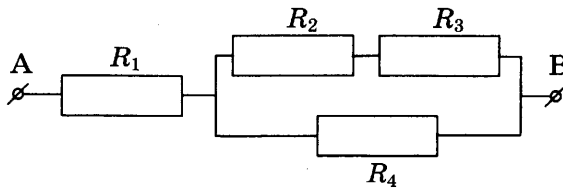
13. На рисунке показан проволочный прямоугольник АСДК, подключенный к источнику тока и помещенный в однородное магнитное поле с индукцией B , направленной перпендикулярно плоскости рисунка.



Как направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) сила, действующая со стороны магнитного поля на проводник ДК? Ответ запишите словом (словами).

Ответ: _____.

14. В представленной на рисунке электрической схеме сопротивления всех резисторов $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 30$ Ом. Напряжение между точками А и В $U_{AB} = 25$ В.



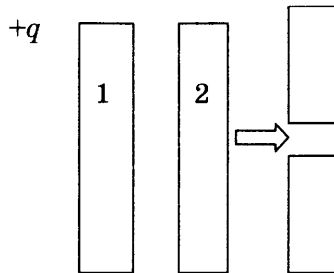
Чему равно напряжение на резисторе R_1 ?

Ответ: _____ В.

15. Луч света падает на границу раздела двух сред под углом 30° к поверхности. Чему равен угол между падающим и отраженным лучами?

Ответ: _____ $^\circ$.

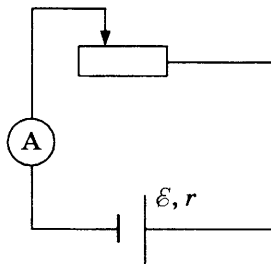
16. Металлической пластине 1 сообщили заряд $+6$ нКл и поднесли к незаряженной металлической пластине 2. После этого пластину 2 разрезали горизонтально и раздвинули ее верхнюю и нижнюю части. Выберите два верных утверждения, соответствующих результатам этих опытов.



- 1) Перед раздвижением на левой стороне пластины 2 находился заряд -6 нКл.
- 2) Перед раздвижением на левой стороне пластины 2 находился заряд -3 нКл.
- 3) Перед раздвижением на правой стороне пластины 2 находился заряд $+3$ нКл.
- 4) После раздвижения заряд верхней части стал равен -3 нКл.
- 5) После раздвижения заряд нижней части стал равен 0 .

Ответ:

17. На рисунке представлена электрическая цепь, состоящая из источника тока, реостата и амперметра. Как изменятся сопротивление реостата и сила тока в цепи при движении ползунка реостата вправо?



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.

Сопротивление реостата	Сила тока

18. Электрический заряд q массой m движется в течение времени t вдоль линий напряженности электрического поля E , а затем попадает в магнитное поле с индукцией B , направленной перпендикулярно скорости заряда, где движется по окружности радиуса R . Установите соответствие между записанными в первом столбце физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ФОРМУЛА

А) конечная скорость заряда в электрическом поле

1) $\frac{qBR}{m}$

Б) скорость заряда в магнитном поле

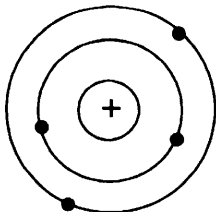
2) $\frac{qEt}{m}$

3) $\frac{mR}{qB}$

4) $\frac{mt}{qE}$

Ответ:

19. На рисунке изображена схема атома. Электроны обозначены черными точками.



Сколько протонов в ядре этого атома и каким (в единицах заряда электрона) является заряд этого атома?

Ответ:

Число протонов	Заряд атома

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

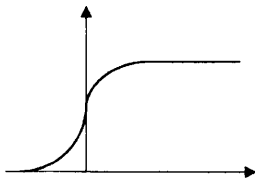
20. В результате ядерной реакции ${}^3_1\text{H} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^6_3\text{Li} + X$ образуется частица X. Какой заряд (в элементарных зарядах) имеет эта частица?

Ответ: _____.

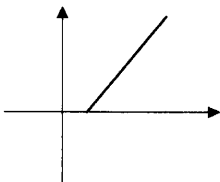
21. При изучении фотоэффекта были получены некоторые зависимости. Установите соответствие между графиками А и Б и видами зависимостей.

ГРАФИКИ

А)



Б)



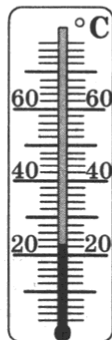
ВИДЫ ЗАВИСИМОСТЕЙ

- 1) зависимость тока насыщения от интенсивности света
- 2) зависимость кинетической энергии электронов от частоты света
- 3) зависимость фототока от напряжения
- 4) зависимость тока насыщения от частоты света

Ответ:

А	Б

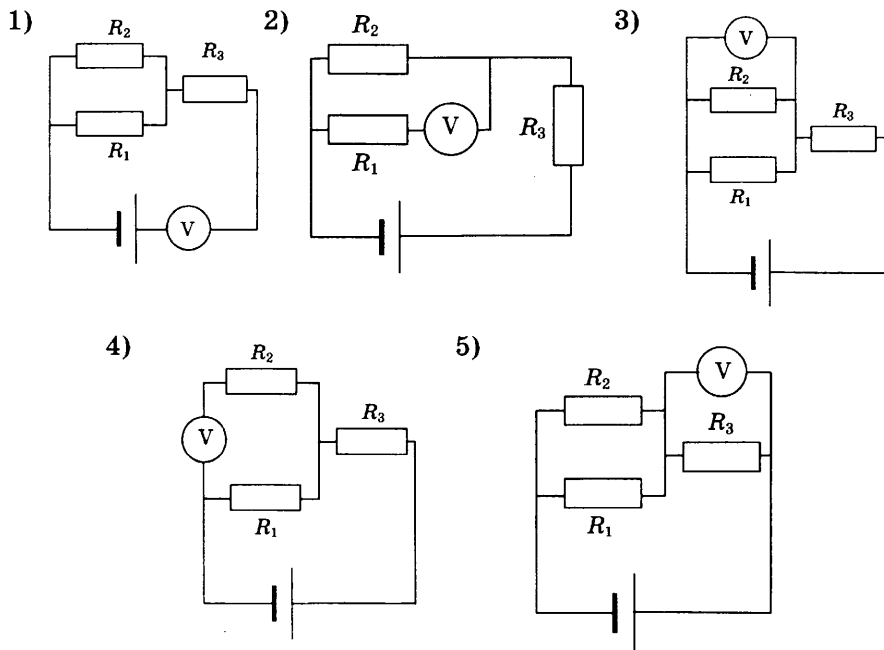
22. Ученик измерял температуру воздуха с помощью термометра, показания которого приведены на рисунке. Погрешность измерений равна цене деления прибора. В ответ запишите результат измерения температуры с учетом погрешности.



Ответ: (_____ ± _____) °C.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Во время лабораторной работы необходимо было измерить напряжение на сопротивлениях R_1 и R_3 . Выберите две схемы, с помощью которых можно провести эти измерения.



Ответ:

24. Ниже приведена таблица, содержащая характеристики некоторых звезд.

Название	Радиус, км	Масса, кг	Расстояние, св. лет	Температура поверхности, К
Вега	$1,95 \cdot 10^6$	$4,20 \cdot 10^{30}$	25,3	9600
Арктур	$1,79 \cdot 10^7$	$2,2 \cdot 10^{30}$	36,7	4300
Полярная А	$1,6 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^{31}$	434	7000
Альтаир	$1,16 \cdot 10^6$	$3,6 \cdot 10^{30}$	17	8000
Спика А	$4,87 \cdot 10^6$	$2,0 \cdot 10^{31}$	262	22 000
Регул А	$2,44 \cdot 10^6$	$7,0 \cdot 10^{30}$	77	10 300
Алиот	$2,58 \cdot 10^6$	$6,0 \cdot 10^{30}$	81	9400
Антарес	$5,57 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^{31}$	600	3400

Выберите все верные утверждения.

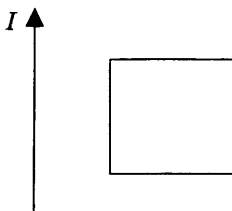
- 1) Вега находится ближе к Земле, чем Альтаир.
- 2) Диаметр Полярной звезды в 23 раза больше диаметра Солнца.
- 3) Звезда Спика относится к белым карликам.
- 4) Звезда Арктур относится к оранжевым гигантам.
- 5) Свет звезды Регул достигнет Земли за 77 лет.

Ответ: _____.

Часть 2

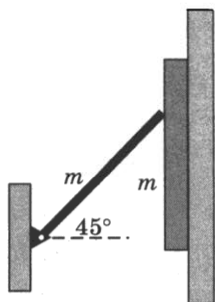
Для записи ответов на задания (25–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (25, 26 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

25. На рисунке изображен длинный проводник с током, в плоскости которого располагается проволочная рамка. Направление тока в проводнике указано стрелкой. Почему при выключении и включении тока в проводнике ток в рамке будет иметь различные направления? Укажите стрелками направления тока в рамке, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.



Полное правильное решение каждой из задач 26–32 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.

26. Пуля вылетела из пружинного пистолета горизонтально с некоторой высоты. Через 1,5 с скорость пули оказалась направленной под углом 30° к горизонту. Чему равна начальная скорость пули?
27. Две частицы с одинаковыми зарядами и отношением масс $\frac{m_1}{m_2} = 2$ попадают в однородное магнитное поле, вектор магнитной индукции которого перпендикулярен векторам скорости частиц. Кинетическая энергия первой частицы в 4 раза больше, чем второй. Чему равно отношение радиусов кривизны траекторий $\frac{R_1}{R_2}$ первой и второй частиц в магнитном поле?
28. 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.
29. Длинная узкая пластина массой m скользит вдоль вертикальной стенки. Пластина прижимается к стенке однородным жестким стержнем такой же массы m (см. рис.). Другой конец стержня закреплен в шарнире так, что стержень составляет с горизонтом постоянный угол 45° . Коэффициент трения между пластиной и стенкой $\mu_1 = 0,2$. Каким должен быть коэффициент трения между пластиной и стержнем, чтобы пластина двигалась равномерно?



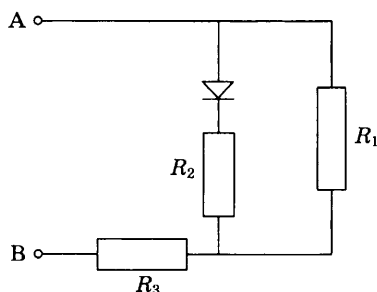
30. За какое время можно растопить в алюминиевой кастрюле массой 300 г 1,5 кг льда, имеющего начальную температуру $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, на плитке мощностью 600 Вт с КПД 30 % ?

31. Определите, какая мощность выделяется на сопротивлении R_1 участка цепи, показанного на рисунке:

а) при подключении ЭДС $\mathcal{E} = 15\text{ В}$ положительным полюсом к точке А, отрицательным полюсом — к точке В;

б) при подключении ЭДС $\mathcal{E} = 15\text{ В}$ положительным полюсом к точке В, отрицательным — к точке А.

Сопротивление $R_1 = 12\text{ Ом}$, $R_2 = 8\text{ Ом}$, $R_3 = 15\text{ Ом}$. Внутренним сопротивлением источника пренебречь, сопротивление диода в прямом направлении пренебрежимо мало, в обратном направлении очень велико.



32. Покоящееся ядро урана испустило α -частицу. Кинетическая энергия α -частицы составила 6 МэВ. Зная массу α -частицы $m = 6,645 \cdot 10^{-27}\text{ кг}$ и массу образовавшегося ядра $M = 2,3 \cdot 10^{-25}\text{ кг}$, найдите скорость образовавшегося ядра.

Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания

РАЗБОР ТИПОВОГО ВАРИАНТА

ВАРИАНТ 1

Часть 1

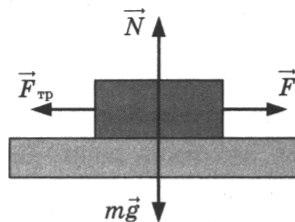
1. Для определения скорости необходимо изменение координаты разделить на промежуток времени, за который это изменение произошло: $v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t}$.

В промежутке времени от 0 до 10 с характер движения не изменялся, поэтому можно не искать координату в момент времени 2 с. По графику определяем, что координата в промежутке времени от 0 до 10 с изменялась от 0 до 150 м. Следовательно, скорость равна $\frac{150}{10} = 15$ м/с.

Ответ в бланке: 15.

2. Брусок движется равномерно прямолинейно, следовательно, действующие на него силы скомпенсированы. По вертикали скомпенсированы сила тяжести и сила реакции опоры, по горизонтали — сила тяги и сила трения. Таким образом, действующая на брусок горизонтальная сила равна силе трения:

$$F = F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg = 0,3 \cdot 0,6 \cdot 10 = 1,8 \text{ Н.}$$



Ответ в бланке: 1,8.

3. Изменение полной механической энергии мяча при его падении происходит за счет работы силы сопротивления воздуха:

$$\Delta E = A_{\text{сопр}}, \text{ т.е. } A_{\text{сопр}} = E_2 - E_1 = E_k - E_{\text{п}} = 3,5 - 5 = -1,5 \text{ Дж.}$$

Сила сопротивления препятствует движению и совершает отрицательную работу.

Ответ в бланке: -1,5.

4. Период колебаний пружинного маятника зависит от массы груза и коэффициента жесткости пружины: $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m_1}{k}}$

в первом случае, $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{m_2}{k}}$ во втором случае. Так как пружина та же самая, то отношение периодов определяется отношением масс грузов $\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} = \sqrt{\frac{1,6}{0,4}} = 2$. Зная период колебаний

в первом случае, находим период $T_2 = 2 \cdot T_1 = 0,8$ с.

Ответ в бланке: 0,8.

5. Зависимость координаты мяча от времени представляет собой параболу, ветви которой направлены вниз. Такая зависимость соответствует равноускоренному движению с отрицательным ускорением.

Проверим справедливость сформулированных в задании утверждений.

1) В момент времени $t = 0$ с импульс мяча равен 0.

Если бы импульс мяча был равен 0 в начальный момент времени, мяч имел бы нулевую начальную скорость и не смог бы полететь вверх. Утверждение неверно.

2) В момент времени $t = 2$ с импульс мяча равен 0.

Момент времени $t = 2$ с соответствует вершине параболы, максимальной координате, т.е. мяч достиг высшей точки траектории. В этот момент скорость мяча равна 0, следовательно, импульс также равен 0. Утверждение верно.

3) Пройденный мячом путь равен 5 м.

Движение мяча начинается в точке с координатой $y = 5$ м, далее координата увеличивается, затем уменьшается. Путь есть сумма всех пройденных расстояний и больше 5 м. Утверждение неверно.

4) Пройденный мячом путь равен 25 м. Координата мяча изменялась от 25 м до 0 в промежутке времени от 2 до 4,2 с во время движения мяча вниз. 25 м — это часть пути, но не весь путь. Утверждение неверно.

5) Пройденный мячом путь равен 45 м.

Координата мяча изменялась от 5 до 25 м в промежутке времени от 0 до 2 с при движении мяча вверх и от 25 м до 0 в промежутке времени от 2 с до 4,2 с во время движения мяча вниз. 20 м и 25 м — это части пути, весь путь равен сумме этих частей, т. е. 45 м. Утверждение верно.

2	5
---	---

Ответ в бланке: 25.

6. Спутник движется вокруг Земли по круговой орбите под действием силы всемирного тяготения, сообщающей спутнику центростремительное ускорение, которое также является ускорением свободного падения для данной орбиты.

$a_{\text{ц}} = g = G \frac{M}{r^2}$, где G — гравитационная постоянная, M —

масса Земли, r — радиус орбиты спутника. С уменьшением радиуса орбиты ускорение увеличивается. Центростремительное ускорение можно выразить через частоту $a_{\text{ц}} = 4\pi^2 \nu^2 r = G \frac{M}{r^2}$, от-

куда следует $\nu^2 = G \frac{M}{4\pi^2 r^3}$, т. е. с уменьшением радиуса орбиты частота увеличивается.

Ускорение спутника	Частота обращения
Увеличилось — 1	Увеличилась — 1

Ответ в бланке: 11.

7. Полная механическая энергия шарика складывается из кинетической энергии и потенциальной энергии относительно уровня земли. Сопротивление воздуха мало, поэтому полная механическая энергия сохраняется: $\frac{mv^2}{2} + mgh = E$, откуда следует

$v_0 = \sqrt{\frac{2E}{m} - 2gh}$ (формула 4). По горизонтальной оси движение равномерное, по вертикальной — равноускоренное с ускорением свободного падения. Время движения находится из условия

$$y = h - \frac{gt^2}{2} = 0, \text{ т. е. } t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \text{ (формула 2).}$$

А	Б
4	2

Ответ в бланке: 42.

8. Газ находится в закрытом сосуде, объем не изменяется, процесс изохорный. Из уравнения Менделеева–Клапейрона следует, что не изменяется отношение $\frac{p}{T} = \text{const}$. Если давление уменьшилось в 3 раза, то температура также уменьшилась в 3 раза: $T_2 = \frac{300}{3} = 100 \text{ К}$.

Ответ в бланке: 100.

9. Работа газа определяется как площадь под графиком процесса в координатах (p, V) . Для процесса 1–2–3 работа равна площади прямоугольника со сторонами $p = 4 \cdot 10^5 \text{ Па}$ и $\Delta V = 0,02 \text{ м}^3$. $A = 4 \cdot 10^5 \cdot 0,02 = 8 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 8 \text{ кДж}$.

Ответ в бланке: 8.

10. В процессе плавления температура вещества не изменяется, по графику определяем, что плавление происходит при температуре $T = 600 \text{ К}$ и продолжается 10 минут. За 10 минут к веществу поступило количество теплоты $Q = Pt = 540 \text{ кДж}$. Удельная теплота плавления определяется формулой

$$\lambda = \frac{Q}{m} = 540 \frac{\text{кДж}}{1 \text{ кг}} = 540 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Ответ в бланке: 540.

11. На графике представлены два изопроцесса: 1–2 при постоянном давлении (изобарный) и 2–3 при постоянном объеме (изохорный).

1) Точкам 1 и 2 соответствует одинаковое давление, но температура в точке 1 в 3 раза больше, чем в точке 2. При постоянном давлении большей температуре соответствует больший объем, т. е. $V_1 = 3V_2$. Первое утверждение неверно.

2) Используя данные графика и уравнение Менделеева–Клапейрона $pV = \nu RT$, (где ν — число молей), найдем объем в состоянии 2: $V = \frac{\nu RT}{p} = \frac{0,1 \cdot 8,31 \cdot 300}{60 \cdot 10^3} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 4,2 \text{ л}$ — второе утверждение верно.

3) В процессе 1–2 происходит изобарное охлаждение (сжатие), температура уменьшается на $\Delta T = 200 \text{ К}$, внешние силы совершают над газом работу $A_{\text{вн}} = p\Delta V = \nu R\Delta T = 0,1 \cdot 8,31 \cdot 200 = 166,2 \text{ Дж}$, работа газа равна работе внешних сил с обратным знаком — третье утверждение неверно.

4) В процессе 2–3 происходит изохорное нагревание, работа равна 0. Утверждение 4 неверно.

5) В процессе 1–2 согласно первому закону термодинамики $Q = \Delta U + A$. Изменяется температура, следовательно, происходит изменение (уменьшение) внутренней энергии:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \cdot 0,1 \cdot 8,31 \cdot (100 - 300) = -249,3 \text{ Дж.}$$

Работа газа посчитана в пункте 3 и равна $A = -166,2 \text{ Дж}$. Количество теплоты в процессе 1–2: $Q = -249,3 - 166,2 = -415,5 \text{ Дж}$. Количество теплоты меньше 0, значит, газ отдает теплоту. Утверждение 5 верно.

Ответ в бланке: 25.

12. В изохорном процессе объем газа не изменяется, количество молекул постоянно. Так как концентрация есть число частиц в единице объема $n = \frac{N}{V}$, то концентрация не изменится. С увеличением температуры внутренняя энергия газа увеличивается.

Концентрация молекул	Внутренняя энергия
3	1

Ответ в бланке: 31.

13. Направление магнитной индукции определяется по правилу правой руки: проводник с направлением тока «к нам» создаёт справа от себя магнитную индукцию B_1 , направленную вверх; проводник с направлением тока «от нас» создает магнитную индукцию B_2 , направленную вниз. Так как точка наблюдения находится ближе ко второму проводнику, то магнитная индукция второго проводника больше, чем первого: $B_2 > B_1$. Поэтому магнитная индукция результирующего поля направлена так же, как и B_2 , т.е. вниз.

Ответ в бланке: вниз.

14. Согласно закону Кулона сила взаимодействия точечных зарядов прямо пропорциональна произведению зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}.$$

При уменьшении одного из зарядов в 2 раза сила Кулона также уменьшится в 2 раза. При уменьшении расстояния между зарядами в 2 раза сила Кулона увеличится в 4 раза. После двух названных изменений сила Кулона возрастет в 2 раза, т. е. $F_2 = 2F_1 = 16$ мН.

Ответ в бланке: 16.

15. Явление самоиндукции состоит в появлении ЭДС самоиндукции в контуре при изменении силы тока в этом контуре:

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

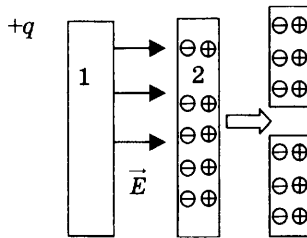
По графику определяем, что сила тока изменяется на 0,2 А за 20 с. Тогда ЭДС самоиндукции

$$\varepsilon_i = 5 \cdot 10^{-3} \frac{0,2}{20} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ В} = 0,05 \text{ мВ}.$$

Ответ в бланке: 0,05.

16. Металлическая заряженная пластина создает вокруг себя электрическое поле, напряженность которого E направлена перпендикулярно пластине. Под действием этого поля связанные заряды в стеклянной пластине 2 смещаются: положительные по направлению поля, отрицательные — противоположно. На поверхностях стеклянной пластины остаются поляризационные заряды. Электрическое поле в пластине ослаблено, но не равно 0. Поэтому поляризационный заряд на поверхности пластины 2 меньше заряда металлической пластины. Перед раздвижением на левой стороне пластины 2 будет отрицательный заряд, меньший по модулю (6 нКл), на правой стороне — положительный заряд, меньший (+6 нКл). Утверждение 2 верно, утверждения 1 и 3 неверны.

Если затем разрезать пластину, как показано на рисунке, в верхней и нижней частях останется одинаковое количество положительных и отрицательных зарядов. Поэтому заряд верхней и нижней частей будет равен нулю. Утверждение 5 верно, утверждение 4 неверно.



Ответ в бланке: 25.

17. При движении электрона внутри конденсатора электрическое поле конденсатора действует на электрон, притягивая его к положительной пластине. Сила равна $F = qE = q \frac{U}{d}$, т. е. с увеличением напряжения между обкладками конденсатора сила увеличивается — 1. Действующая на электрон сила перпендику-

лярна начальной скорости и не влияет на время пролета электрона через конденсатор. Это время зависит от длины пластины и начальной скорости электрона (по горизонтальному направлению движение равномерное) $t = \frac{l}{v_0}$. С увеличением напряжения

на конденсаторе время пролета электрона не изменится — 3 (при условии, что электрон вылетает из конденсатора).

Сила, действующая на электрон	Время пролета
Увеличится — 1	Не изменится — 3

Ответ в бланке: 13.

18. По закону Ома для замкнутой цепи сила тока $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$.

Напряжение на резисторе определяется по закону Ома для участка цепи $U = IR = \frac{\varepsilon R}{R+r}$ — формула 2). Мощность электрического

тока, выделяющаяся на резисторе, $P = IU = \frac{\varepsilon}{R+r} \cdot \frac{\varepsilon R}{R+r} = \frac{\varepsilon^2 R}{(R+r)^2}$ —

формула 3).

А	Б
3	2

Ответ в бланке: 32.

19. Символическая запись атомного ядра имеет вид ${}^A_Z X$, где X — символ химического элемента; Z — зарядовое число, равное числу протонов в ядре; A — массовое число, равное общему количеству протонов и нейтронов в ядре. Альфа-частица представляет собой ядро гелия, в состав которого входят 2 протона и 2 нейтрона. В ядерных реакциях выполняется закон сохранения заряда. Это означает, что сумма зарядовых чисел до реакции равна сумме зарядовых чисел после реакции. Зарядовое число после реакции $84 - 2 = 82$. Аналогично для массового числа $210 - 4 = 206$. Реакция имеет вид ${}^{210}_{84} \text{Po} \rightarrow {}^4_2 \text{He} + {}^{206}_{82} X$.

<i>Ответ:</i>	Массовое число	Зарядовое число
	206	82

Ответ в бланке: 20682.

20. Периодом полураспада называют время, за которое распадается половина начального количества ядер. По графику определяем, что число ядер уменьшилось в 2 раза через 5 суток.

Ответ в бланке: 5.

21. Энергия одного фотона $E_{\phi} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$. Для получения энергии светового пучка надо энергию одного фотона умножить на их количество: $E = \frac{hc}{\lambda} N$. Световая мощность есть энергия в единицу времени: $P = \frac{hc}{\lambda} \frac{N}{t} = \frac{hc}{\lambda} n$ — формула 2).

При поглощении фотон передает свой импульс поверхности. Импульс одного фотона $p_{\phi} = \frac{h}{\lambda}$, за время t поверхность получит импульс от nt фотонов, т. е. поверхность получит импульс $\Delta p = \frac{h}{\lambda} nt$ — формула 3).

А	Б
2	3

Ответ в бланке: 23.

22. Цена деления вольтметра (1 вольт) : (2 деления) = 0,5. Измеренное значение напряжения 2 В. С учетом погрешности измерений ($2,00 \pm 0,25$) В.

Ответ в бланке: 2,000,25.

23. Для обнаружения зависимости силы Архимеда от плотности необходимо выбрать 2 опыта, в которых изменяться будет только плотность жидкости, а все остальные условия (размер предмета, масса предмета) изменяться не будут. Этим условиям удовлетворяют установки 3 и 5.

Ответ в бланке: 35.

24. В задании приведена таблица, содержащая характеристики планет Солнечной системы.

Название	Радиус, км	Масса, кг	Среднее расстояние от Солнца, км	Период вращения вокруг оси, ч
Меркурий	2439	$3,30 \cdot 10^{23}$	$57,9 \cdot 10^6$	1411,2
Венера	6052	$4,87 \cdot 10^{24}$	$108,2 \cdot 10^6$	5832
Земля	6378	$5,98 \cdot 10^{24}$	$149,6 \cdot 10^6$	24
Марс	3398	$6,42 \cdot 10^{23}$	$227,94 \cdot 10^6$	24,6
Юпитер	71 492	$1,90 \cdot 10^{27}$	$778 \cdot 10^6$	9,8
Сатурн	60 268	$5,69 \cdot 10^{26}$	$1429 \cdot 10^6$	10,2
Уран	25 559	$8,69 \cdot 10^{25}$	$2871 \cdot 10^6$	10,8
Нептун	24 764	$1,02 \cdot 10^{26}$	$4504 \cdot 10^6$	15,7

Проанализируем предложенные утверждения.

1) 1 астрономическая единица = $150 \cdot 10^6$ км, 5 а.е. = $750 \cdot 10^6$ км, расстояние между орбитами Сатурна и Земли $1429 \cdot 10^6 - 149,6 \cdot 10^6 = 1279,4 \cdot 10^6$ км — утверждение неверное.

2) Первая космическая скорость определяется по формуле $v_1 = \sqrt{G \frac{M}{R}}$, где M — масса планеты, R — ее радиус. Для Меркурия $v_1 = \sqrt{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{3,3 \cdot 10^{23}}{2,439 \cdot 10^6}} = 3 \cdot 10^3$ м/с = 3 км/с — утверждение верное.

3) Согласно третьему закону Кеплера квадраты периодов обращения планет относятся как кубы больших полуосей их орбит (радиусов орбит). Для периодов обращения вокруг Солнца Сатурна и Земли $\frac{T^2}{T_3^2} = \frac{r^3}{r_3^3} = \left(\frac{1429 \cdot 10^6}{149,6 \cdot 10^6} \right)^3 = 871,57 = 29,5^2$ — утверждение верное.

4) Время распространения света от Солнца до Венеры

$$t = \frac{r}{c} = \frac{108,2 \cdot 10^9 \text{ м}}{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}} = 360,7 \text{ с} = 6 \text{ мин} \text{ — утверждение верное.}$$

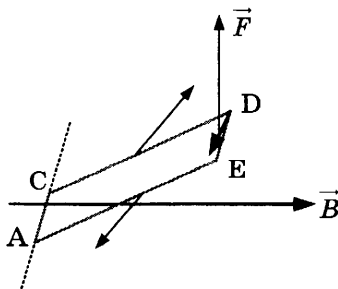
5) Угловая скорость вращения связана с периодом вращения $\omega = \frac{2\pi}{T}$. Отношение угловых скоростей Венеры и Меркурия

$$\frac{\omega_{\text{В}}}{\omega_{\text{М}}} = \frac{T_{\text{М}}}{T_{\text{В}}} = \frac{1411,2}{5832} = 0,242 \text{ — утверждение неверное.}$$

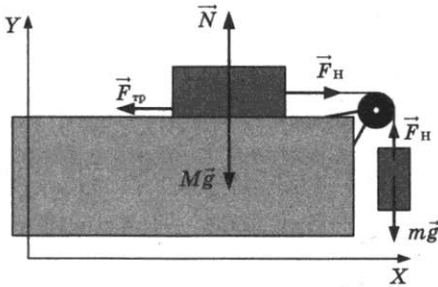
Ответ в бланке: 234.

Часть 2

25. После замыкания ключа по контуру ACDE начинает течь электрический ток в направлении от «плюса» к «минусу», т.е. в направлении от D к E (по часовой стрелке). На проводник с током в магнитном поле действует сила Ампера $F_A = ILB \sin \alpha$, направление которой определяется по правилу левой руки (пальцы левой руки направляем по направлению тока, линии магнитной индукции входят в ладонь, большой палец показывает направление силы Ампера). На сторону DE действует сила Ампера, направленная перпендикулярно плоскости рисунка вверх; стороны CD и EA параллельны магнитным линиям, действующая на них сила в начальном положении контура равна 0. Так как контур может вращаться вокруг стороны AC, то он начнет поворачиваться против часовой стрелки.



26.



Дано:

$$M = 600 \text{ г} = 0,6 \text{ кг}$$

$$\mu = 0,5$$

$$m = 400 \text{ г} = 0,4 \text{ кг}$$

Найти: F_H .

Решение

На брусок действуют сила тяжести, сила реакции опоры, сила трения, сила натяжения нити. На груз действуют сила тяжести и сила натяжения нити. Покажем силы на рисунке, выберем координатные оси OX и OY и запишем второй закон Ньютона в проекциях на эти оси.

$$OX : F_H - F_{\text{тр}} = Ma$$

$$OY : N - Mg = 0$$

$$F_H - mg = -ma$$

Учтем связь силы трения и силы реакции опоры $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu Mg$. Тогда $F_H - \mu Mg = Ma$. Вычитая из полученного уравнения третье уравнение, получим $mg - \mu Mg = Ma + ma$.

Находим ускорение: $a = \frac{mg - \mu Mg}{M + m} = \frac{4 - 3}{1} = 1 \text{ м/с}^2$ и силу натяжения нити $F_H = mg - ma = 4 - 0,4 = 3,6 \text{ Н}$.

Ответ: 3,6 Н.

27. Дано:

$$T_1 = 207 \text{ }^\circ\text{C} = 480 \text{ К}$$

$$T_2 = 288 \text{ К}$$

$$A_n = A_{\text{ц}} = 3 \text{ кДж}$$

Найти: Q_x

Решение

КПД идеальной тепловой машины находится по формуле

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}, \text{ где } T_1 \text{ — температура нагревателя, } T_2 \text{ — температура холодильника.}$$

Температура нагревателя $T_1 = 207 + 273 = 480 \text{ К}$, $\eta = \frac{480 - 288}{480} = 0,4$. Для любой тепловой машины КПД равно отношению полезной работы к поступившему от нагревателя количеству теплоты:

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{Q_{\text{н}}} = \frac{Q_{\text{н}} - Q_{\text{х}}}{Q_{\text{н}}}. \text{ Отсюда}$$

$$Q_{\text{х}} = Q_{\text{н}} - \eta Q_{\text{н}} = \frac{A_{\text{п}}}{\eta} - A_{\text{п}} = \frac{3}{0,4} - 3 = 4,5 \text{ кДж.}$$

Ответ: 4,5 кДж.

28.

Дано:

$$A_{\text{вых}} = 1,8 \text{ эВ} = 1,8 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

Найти: $\lambda_{\text{кр}}$.

Решение

Согласно законам фотоэффекта существует такая длина волны излучения, при которой фотоэффект прекращается. Граничную длину волны легко получить из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта, положив кинетическую энергию электрона равной 0:

$$h\nu = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}} = A_{\text{вых}}. \text{ Работа выхода задана в электрон-вольтах,}$$

не забывая перевести ее в джоули. Искомая длина волны

$$\lambda_{\text{кр}} = \frac{hc}{A_{\text{вых}}} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,8 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 6,875 \cdot 10^{-7} = 687,5 \text{ нм.}$$

Ответ: 687,5 нм.

29.

Дано: $R = 36$ см

Найти: h

Решение

Так как поверхность трубы гладкая, то полная механическая энергия сохраняется: в начальный момент тела обладают потенциальной энергией, которая в нижней точке трубы переходит в кинетическую. Закон сохранения энергии имеет вид

$$mgR = \frac{mv^2}{2}, \quad 2mgR = \frac{2mv^2}{2}.$$

Таким образом, в нижней точке трубы оба тела обладают одинаковой скоростью

$$v = \sqrt{2gR}.$$

Закон сохранения импульса для неупругого удара

$$2m\sqrt{2gR} - m\sqrt{2gR} = 3mu.$$

Скорость совместного движения сразу после удара

$$u = \frac{\sqrt{2gR}}{3}.$$

Далее тела совместно движутся по гладкой поверхности трубы, их кинетическая энергия переходит в потенциальную:

$$\frac{3mu^2}{2} = 3mgh.$$

Отсюда выражаем искомую высоту:

$$h = \frac{u^2}{2g} = \frac{2gR}{9 \cdot 2g} = \frac{R}{9} = \frac{36}{9} = 4 \text{ см.}$$

Ответ: $h = 4$ см.

30.

Дано: $M = 200$ кг

$V = 350$ м³

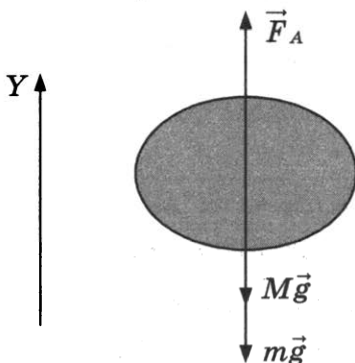
$t_0 = 0$ °С

Найти: $t_{\text{в}}$

Решение

Аэростат будет подниматься, если выталкивающая сила Архимеда превысит силу тяжести, действующую на оболочку шара и находящийся внутри воздух. Сделаем рисунок, на котором покажем действующие на аэростат силы: силу тяжести оболочки Mg , силу тяжести воздуха mg , силу Архимеда F_A . Выберем координатную ось Y и спроецируем на неё силы:

$$OY : F_A - Mg - mg = 0$$



Сила Архимеда равна $F_A = \rho_0 gV$, где ρ_0 — плотность окружающего аэростат воздуха. Массу воздуха внутри аэростата можно найти из уравнения Клапейрона–Менделеева

$$pV = \frac{m}{\mu} R t_b .$$

Для нахождения плотности воздуха снаружи аэростата воспользуемся этим же уравнением в форме $p = \frac{\rho_0}{\mu} R t_0$. Из записанных уравнений следует $m = \rho_0 V - M$ или

$$\frac{pV\mu}{R t_b} = \frac{p\mu}{R t_0} V - M .$$

Выразим искомую температуру

$$t_B = \frac{pV\mu}{R \left(\frac{p\mu}{Rt_0} V - M \right)} = \frac{pV\mu t_0}{(p\mu V - MRt_0)} = \frac{10^5 \cdot 350 \cdot 0,029 \cdot 273}{10^5 \cdot 350 \cdot 0,029 - 200 \cdot 8,31 \cdot 273} = 493 \text{ К.}$$

Ответ: $t_B = 493 \text{ К} = 220 \text{ }^\circ\text{С}$.

31.

Дано: $\mathcal{E} = 5 \text{ В}$

$r = 1 \text{ Ом}$

$R = 4 \text{ Ом}$

$C = 10^{-6} \text{ Ф}$

Найти: W .

Решение

Постоянный ток только заряжает конденсатор и не проходит через него. Энергия электрического поля конденсатора

$$W = \frac{CU^2}{2}.$$

Конденсатор и резистор соединены параллельно, напряжения на них равны $U = U_R = IR$.

По закону Ома для замкнутой цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} = \frac{5}{4+1} = 1 \text{ А}$.

Энергия

конденсатора

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C(IR)^2}{2} = \frac{10^{-6} \cdot (1 \cdot 4)^2}{2} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 8 \text{ мкДж.}$$

Ответ: $W = 8 \text{ мкДж}$.

32.

Дано: $m = 10^{-7} \text{ кг}$

$q = 10^{-5} \text{ Кл}$

$R = 2 \text{ см}$

$B = 2 \text{ Тл}$

$d = 15 \text{ см}$

$F = 10 \text{ см}$

Найти: $v_{из}$

Решение

В магнитном поле на движущуюся заряженную частицу действует сила Лоренца $F_{л} = qvB\sin\alpha$. Траекторией движения частицы является окружность. В этом случае векторы скорости и магнитной индукции перпендикулярны, угол $\alpha = 90^\circ$ и $\sin\alpha = 1$. Сила Лоренца сообщает частице центростремительное ускорение

$$a_{ц} = \frac{v^2}{R}. \text{ Второй закон Ньютона для частицы имеет вид } F_{л} = ma_{ц}.$$

Подставив формулы для силы Лоренца и центростремительного ускорения, получим $qvB = m\frac{v^2}{R}$. Из последнего равенства выражаем скорость частицы:

$$v = \frac{qBR}{m} = \frac{10^{-5} \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{10^{-7}} = 4 \text{ м/с}.$$

Центр окружности, по которой движется частица, находится на главной оптической оси собирающей линзы, плоскость окружности перпендикулярна главной оптической оси. Поэтому изображение частицы также будет двигаться в плоскости, перпендикулярной главной оптической оси.

По формуле линзы $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ найдем расстояние от линзы

до этой плоскости: $f = \frac{Fd}{F-d} = \frac{10 \cdot 15}{5} = 30$ см. Расстояние от изо-

бражения до линзы в 2 раза больше расстояния от частицы до линзы, таким же будет отношение радиусов окружностей, по которым движутся изображение и частица. Увеличение

$$\frac{f}{d} = \frac{R_{из}}{R} = \frac{30}{15} = 2.$$

Время, за которое частица делает полный оборот, равно времени, за которое изображение частицы делает полный обо-

рот: $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi R_{из}}{v_{из}}$. Отсюда находим скорость изображения

$$v_{из} = v \frac{R}{R_{из}} = 4 \cdot 2 = 8 \text{ м/с}.$$

Ответ: $v = 8$ м/с.

ОТВЕТЫ

Часть 1

	Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.4	Вар.5	Вар.6
1	15	6	3,5	4	1	225
2	1,8	900	25	10	50	50
3	- 1,5	25	5	65	0,5	3
4	0,8	6	7	5	0,8	4
5	25	14	45	13	25	24
6	11	13	11	31	23	31
7	42	13	32	41	43	13
8	100	3	12,5	230	500	150
9	8	0	700	450	3	415
10	540	2	86	1009	50	750
11	25	24	15	23	12	14
12	31	13	12	14	11	34
13	вниз	вниз	вверх	к наблю- дателю	вниз	вниз
14	16	24	600	2	0,05	0,5
15	0,05	45	40	16	0,2	15
16	25	13	23	24	14	25
17	13	32	12	23	11	23
18	32	42	41	43	41	34
19	20682	2022	91228	23290	97232	86224
20	5	44	13,6	3,8	5700	12,1
21	23	11	31	23	13	31
22	2,000,25	4,000,25	0,1200,00 5	0,600,05	105	282
23	35	13	24	12	15	13
24	234	125	345	235	345	234

	Вар.7	Вар.8	Вар.9	Вар.10	Вар.11	Вар.12
1	0	0,5	125	1	37,5	2,5
2	128	1,5	50	100	7	10
3	0	4	17	4	144	3
4	1	1250	0,2	3	2	0,3
5	35	24	34	24	24	45
6	32	32	33	13	32	22
7	24	21	13	31	24	13
8	300	200	83,1	4	6	1,5
9	-500	9	45	2	249	500

	Вар.7	Вар.8	Вар.9	Вар.10	Вар.11	Вар.12
10	66	250	60	50	4	80
11	34	15	15	34	14	23
12	22	12	43	23	23	22
13	вверх	влево	вниз	вверх	вправо	влево
14	5	1,2	0,8	3	5	2
15	300000	35	30	10.	400	18
16	25	34	14	24	25	24
17	13	12	12	23	13	32
18	21	32	34	32	21	34
19	86	84210	4747	90229	43	78
20	4	2,24	3,3	1,5	100	3
21	23	11	21	12	23	21
22	1001	5,40,2	3,30,1	2	25	10,00,1
23	24	23	14	45	13	24
24	145	125	245	134	134	235

	Вар.13	Вар.14	Вар.15	Вар.16	Вар.17	Вар.18	Вар.19	Вар.20
1	1,5	75	62,5	-25	-2,5	14	2	0
2	150	1,5	2,5	2	3	2	6	1
3	1,5	4	20	10	3	3	0,08	2
4	4	4	1	1	0,5	4,5	0,2	2
5	23	35	35	14	14	34	35	25
6	11	12	21	22	32	31	23	23
7	14	23	23	13	43	14	24	41
8	600	6	270	2,4	135	60	330	5
9	1,3	300	200	4	0	4000	9000	0
10	15,2	2190	100	415	1,4	8242	900	50
11	24	24	25	25	35	14	14	23
12	13	22	21	22	13	32	31	23
13	вниз	влево	влево	вниз	влево	вверх	вправо	влево
14	14	3	6	2	300	800	30	15
15	25	40	10	45	0	0,09	64	120
16	35	14	13	24	13	25	13	15
17	11	21	21	11	12	22	23	21
18	24	21	14	13	23	43	14	21
19	14492	15094	6047	54	114	22286	157	40
20	10,2	8	2000	0,5	3	1,32	1,65	0
21	32	31	31	12	23	32	22	32
22	271	322	802	1,00,5	1,60,1	14,00,5	241	222
23	12	13	12	34	14	13	14	35
24	125	134	245	235	124	135	134	245

Часть 2

	Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.4	Вар.5	Вар.6	Вар.7	Вар.8	Вар.9	Вар.10	Вар.11	Вар.12
26	3,6 Н	12 м	1	0,6 м/с	0,2 Н	10 мДж	0,75	0,3 Н	0,12 5 Н	7500 Н	2	10 м/с
27	4,5 кДж	332 Дж	420 г	90 Вт	0,5	20 А	420 г	315 г	307 °С	16 мДж	4	6,3 пФ
28	687,5 нм	2,8	1,5 м/с	231 м/с	500 нм	15 см	64 м	1,4	10 Ом	3 см	20 см	30 см

	Вар.13	Вар.14	Вар.15	Вар.16	Вар.17	Вар.18	Вар.19	Вар.20
26	0,9 м	50 Н/м	1 м/с ²	0,2 м	0,125 Н	0,6 Н	150 м/с	26 м/с
27	6000 Дж	2 мА	0,3 Тл	2	10 см	55 °С	420 г	2,8
28	30 км/с	2,4 мкм	44 Вт	2,75 эВ	0,72 мВт	360 нм	968 Вт	9 см

	29	30	31	32
Вар. 1	4 см	220 °С	8 мкДж	8 м/с
Вар. 2	10,6 Н	19 кг	14,6 Вт; 8,8 Вт	8 м/с вправо
Вар. 3	75 м	37,5 Дж	0,3 А 19,2 В	0,978 МэВ
Вар. 4	1,96 м	7,5 кДж	0,06 А 20,3 В	1,7 мПа
Вар. 5	18,75 Н	60 кПа	4 мкКл	6 нКл
Вар. 6	1 м	16 м/с	15 В	$4,6 \cdot 10^5$ м/с
Вар. 7	80 м	11 м/с	1,8 мкКл	$6,6 \cdot 10^{-8}$ с
Вар. 8	0,07 м	8 К	3 А	$4,2 \cdot 10^5$ м/с
Вар. 9	25 м	5 К	108 мДж	1,6 пДж
Вар. 10	1,78 м	129 кг	1 мФ	$5,3 \cdot 10^5$ м/с
Вар. 11	0,4 м	4,5 кДж	10 В	17 мкс
Вар. 12	0,44	16,6 кДж	0,64 Н	$2,7 \cdot 10^{-22}$ кг · м/с
	29	30	31	32

	29	30	31	32
Вар. 13	60°	9,5 %	144 нДж	$4,1 \cdot 10^{-25}$ кг · м/с
Вар. 14	7650 м/с 5746 с	8,7 %	27 мкА	$3,8 \cdot 10^{-25}$ кг · м/с
Вар. 15	100 м/с	31 %	1,2 мкКл	$4,8 \cdot 10^{-25}$ кг · м/с
Вар. 16	3 м/с	25 %	0,94 мА	500 нм
Вар. 17	3	1,65 г	90 мВ	$1,7 \cdot 10^{-3}$ Па
Вар. 18	60°	36 кПа	2,9 А	4,5
Вар. 19	0,05	24 кПа	0,42	6,56 мм
Вар. 20	0,6	≈ 47 мин	1,1 Вт; 3,76 Вт	$4,9 \cdot 10^5$ м/с

ГЛАВА III. СБОРНИК ЗАДАНИЙ

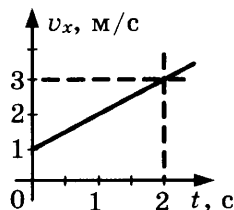
ЧАСТЬ 1 ЕГЭ

1. Механика

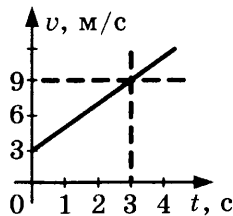
1. На парте лежит учебник. Относительно каких тел эта книга покоится? Относительно каких — движется?
2. В каких задачах искусственный спутник Земли нельзя считать материальной точкой?
3. В каких задачах автобус можно считать материальной точкой?
4. Вертолет поднимается вертикально вверх. Какова траектория 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.
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 м/с. Какой объем 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 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 пройдет автомобиль до полной остановки, если шофер резко тормозит при скорости 60 км/ч , а от начала торможения до остановки проходит 6 с ?
25. Длина дорожки для взлета самолета 450 м . Какова скорость самолета при взлете, 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.



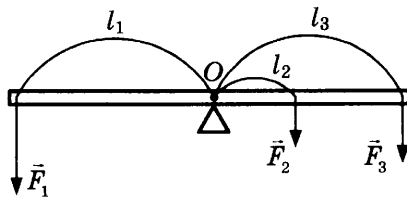
28. По графику зависимости модуля скорости от времени, представленному на рисунке, определите ускорение прямолинейно движущегося тела в момент времени 2 с.



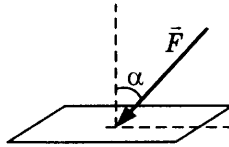
29. Камень брошен с некоторой высоты вертикально вниз с начальной скоростью 2 м/с. Чему будет равна скорость камня через 0,6 с после броска?
30. Камень брошен вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. Чему будет равен модуль скорости камня через 1,5 с после начала движения?
31. Материальная точка 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 $60 \text{ см} \times 20 \text{ см}$, толщина 5 мм . Какова его масса? Плотность стекла 2500 кг/м^3 .
39. На два тела действуют равные силы. Первое тело массой 300 г движется с ускорением 2 м/с^2 . Определите массу второго тела, если оно движется с ускорением 10 см/с^2 .
40. Сила 40 Н сообщает телу ускорение $0,8 \text{ м/с}^2$. Какая сила сообщит этому телу ускорение 2 м/с^2 ?
41. Порожний грузовой автомобиль массой 5 т начинает движение с ускорением $0,3 \text{ м/с}^2$. После загрузки при той же силе тяги он трогается с места с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$. Сколько тонн груза принял автомобиль? Соппротивлением 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 массы 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 $6,43 \cdot 10^{23}$ кг, а радиус $3,38 \cdot 10^6$ 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 землей, 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. рис.). Запишите условие равновесия рычага.



59. На горизонтальную поверхность действует сила \vec{F} , образующая с вертикалью угол α (см. рис.). 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-Боғаз-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 поднимается 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 дм^3 . Плотность воздуха $1,3 \text{ кг/м}^3$.
66. Железобетонная плита размером $4 \text{ м} \times 0,5 \text{ м} \times 0,25 \text{ м}$ погружена в воду на половину своего объема. Чему равна архимедова сила, действующая на нее? Плотность воды 1000 кг/м^3 .
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/с^2 .
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 $20 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ до $32 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. 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 , движущийся со скоростью $0,5 \text{ м/с}$, 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.

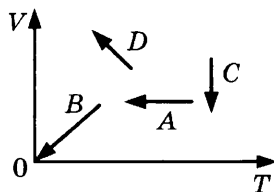
74. Установленная на очень гладком льду замерзшего озера пушка массой 200 кг стреляет в горизонтальном направлении. Масса выстреливаемого ядра 5 кг, его скорость при вылете из ствола 80 м/с. Какова скорость пушки после выстрела?
75. Мальчик тянет санки за веревку с силой 50 Н. Пройдя с санками 100 м, 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

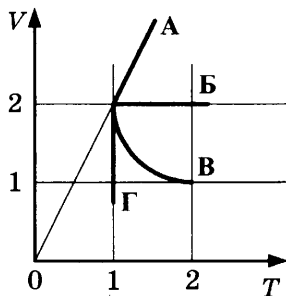
85. Как изменяется скорость движения броуновской частицы при понижении температуры?
86. В каком агрегатном состоянии молекулы участвуют в скачкообразном движении?
87. На поверхность воды поместили каплю масла массой 0,2 мг. Капля растеклась, образовав пятно, толщиной в одну молекулу. Рассчитайте диаметр молекулы масла, если ее 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 $4,14 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$. 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 $8,31 \cdot 10^5 \text{ Па}$ и при температуре 320 К. Чему равна масса кислорода? Молярная масса кислорода 0,032 кг/моль.
94. Азот массой 0,3 кг при температуре 280 К оказывает давление на стенки сосуда, равное $8,31 \cdot 10^4 \text{ Па}$. Чему равен объем газа? Молярная масса азота 0,028 кг/моль.
95. Газ при давлении 0,2 МПа и температуре $15 \text{ }^\circ\text{C}$ имеет объем 5 л. Чему равен объем 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 объем уменьшается в 17 раз, а давление возрастает в 50 раз.

97. Газ находится в цилиндре с подвижным поршнем и при температуре 300 К занимает объем 250 см³. Какой объем (в см³) займет газ, если температура понизится до 270 К? Давление постоянно.
98. При изобарном нагревании газа его объем увеличился вдвое по сравнению с объемом при 0 °С. На сколько градусов нагрели газ?
99. Некоторое количество идеального газа нагревается при постоянном давлении от 27 °С до температуры 127 °С. Объем газа при этом увеличился на 1 л. Определите первоначальный объем газа.

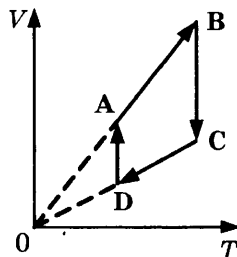
100. На рисунке показаны графики четырех процессов изменения состояния идеального газа. Какой процесс является изохорным охлаждением?



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 $16\text{ }^{\circ}\text{C}$.

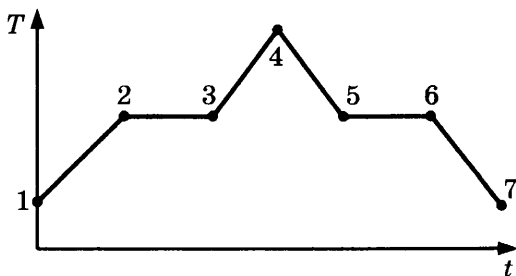
Психрометрическая таблица										
Показания сухого термометра, $^{\circ}\text{C}$	Разность показаний сухого и влажного термометра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Относительная влажность, %									
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17
16	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.

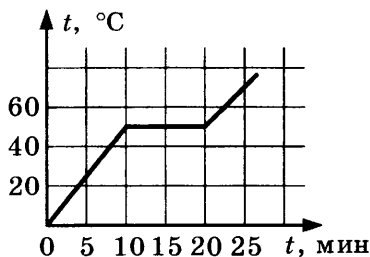
3. Термодинамика

106. Газ в сосуде нагрелся и поднял поршень. Как изменяется 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 $380\text{ Дж / (кг} \cdot \text{К)}$.

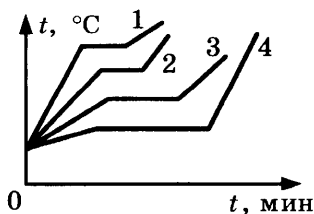
112. Для получения 1800 Дж теплоты 200 г железа нагрели на $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Какова удельная теплоемкость железа?
113. Какую массу воды можно нагреть от $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до кипения, передав жидкости 672 кДж теплоты? Удельная теплоемкость воды $4200\text{ Дж / (кг} \cdot \text{K)}$.
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 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Какое тело будет отдавать энергию в процессе теплопередачи?
116. На графике (см. рис.) представлено изменение температуры T вещества с течением времени t . В начальный момент вещество находилось в кристаллическом состоянии. Какой участок соответствует процессу отвердевания?



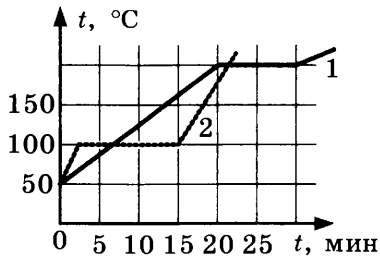
117. На рисунке показан график зависимости температуры кристаллического вещества от времени его нагревания. Какова температура плавления вещества?



118. На рисунке приведены графики изменения со временем температуры четырех веществ. В начале нагревания все эти вещества находились в жидком состоянии. Какое из веществ имеет наибольшую температуру кипения?

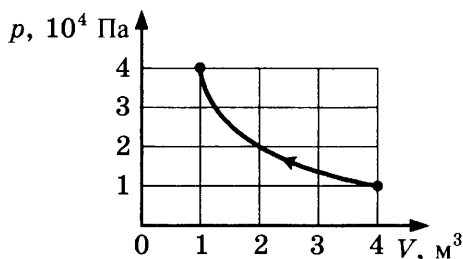


119. На графике показаны кривые нагревания двух жидкостей одинаковой массы при постоянной мощности подводимого тепла. Определите отношение температур кипения первого вещества к температуре кипения второго вещества.



120. Определите внутреннюю энергию 2 моль гелия при температуре 27 °C.
121. Определите внутреннюю энергию гелия, заполняющего аэростат объемом 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. Объем 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 объеме 0,3 м³. Какое количество теплоты было отдано газом?

129. 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?

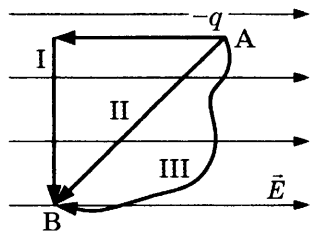


132. КПД идеальной тепловой машины, работающей по циклу Карно, 40%. Какую полезную работу совершает за цикл эта машина, если она отдает холодильнику количество теплоты 300 Дж?
133. Вычислите максимальное значение коэффициента полезного действия тепловой машины, если температура нагревателя 127 °С, а температура холодильника 27 °С.

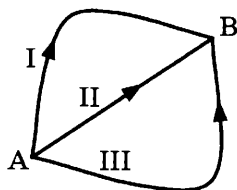
4. Электричество и магнетизм

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: $\varphi_A = -700 \text{ В}$, $\varphi_B = -1300 \text{ В}$. 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?

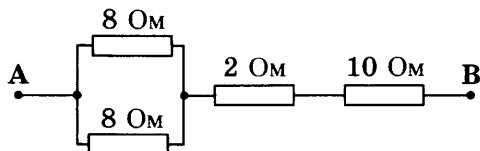


147. Положительная α -частица перемещается в однородном электростатическом поле из точки А в точку В по траекториям I, II, III (см. рис.). Что можно сказать о работе сил электростатического поля?



148. Как изменится емкость плоского воздушного конденсатора, если площадь его обкладок и расстояние между ними уменьшить в 2 раза?
149. Как изменится электроемкость конденсатора, если напряжение между его пластинами увеличить в 3 раза?
150. Конденсатору электроемкостью 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.

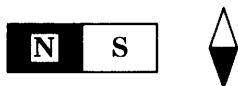
158. Определите напряжение на электролампе, если ее сопротивление 24 Ом , а сила тока $0,04 \text{ А}$.
159. На цоколе электрической лампы написано $0,35 \text{ В}$ и $0,2 \text{ А}$. Определите сопротивление спирали лампы.
160. Рассчитайте силу тока в замкнутой цепи, состоящей из источника тока, у которого 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. рис.), которая может поворачиваться вокруг вертикальной оси, перпендикулярной плоскости чертежа, поднесли постоянный магнит. Что произойдет со стрелкой?



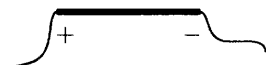
167. К магнитной стрелке (северный полюс затемнен, см. рис.), которая может поворачиваться вокруг вертикальной оси, перпендикулярной плоскости чертежа, поднесли постоянный магнит. Что произойдет со стрелкой?



168. Ток по прямолинейному проводу идет на нас (см. рис.). Постройте линии магнитной индукции для этого тока и определите их направление.



169. На рисунке изображен прямолинейный провод, подключенный к полюсам источника (см. рис.). Постройте линии магнитной индукции для этого тока и определите их направление.

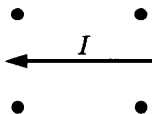


170. С какой силой действует однородное магнитное поле с индукцией $0,2$ Тл на проводник длиной 50 см, расположенный под углом 30° к вектору индукции, при силе тока в проводнике 6 А?

171. Прямолинейный проводник длиной $l = 0,1$ м, по которому течет ток, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,4$ Тл и расположен под углом 90° к вектору \vec{B} . Какова сила тока, если сила, действующая на проводник со стороны магнитного поля, равна $0,2$ Н?

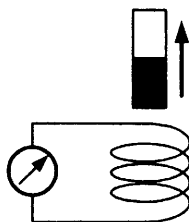
172. Прямолинейный проводник длины l с током I помещен в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции \vec{B} . Как изменится сила Ампера, действующая на проводник, если его длину уменьшить в 3 раза, а индукцию магнитного поля увеличить в 3 раза?

173. В однородное магнитное поле, линии индукции которого направлены на нас, поместили проводник с током. Определите направление действующей на проводник силы.

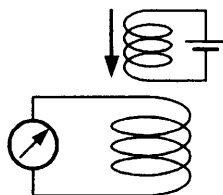


174. В магнитном поле индукцией $B = 4$ Тл движется электрон со скоростью 10^7 м/с, направленной перпендикулярно линиям индукции магнитного поля. Чему равен модуль силы F , действующей на электрон со стороны магнитного поля? Заряд электрона равен $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.
175. Протон и α -частица 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.

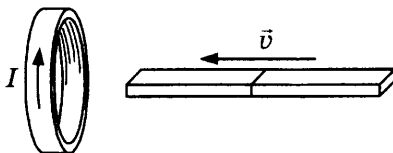
183. Плоский виток, площадь которого 20 см^2 , расположен перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля. Найдите абсолютную величину ЭДС, возникающую в витке, если индукция поля равномерно убывает от $0,05$ до $0,01 \text{ Тл}$ за $0,005 \text{ с}$.
184. В однородном магнитном поле находится 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?



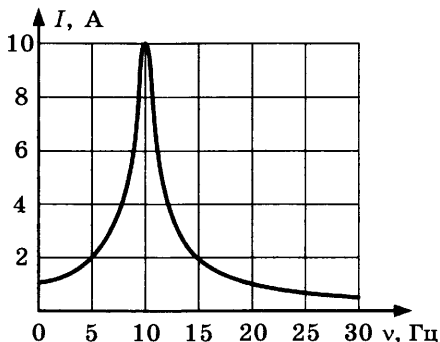
188. Определите индуктивность проводника, в котором равномерное изменение силы тока на 2 А в течение 0,25 с возбуждает ЭДС самоиндукции 20 мВ.
189. В проводнике индуктивностью 5 мГн сила тока в течение 0,2 с равномерно возрастает с 2 А до какого-то конечного значения. При этом в проводнике возбуждается 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 легкой 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 электроемкостью C и катушки индуктивности L . Как изменится период электромагнитных колебаний в этом контуре, если электроемкость 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?

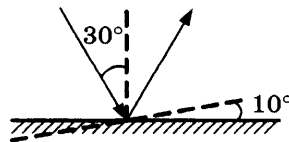


212. Амплитуда колебаний напряжения на участке цепи переменного тока равна 50 В. Чему равно действующее значение напряжения на этом участке цепи?
213. Действующее значение силы тока в цепи переменного тока равно 5 А. Чему равна амплитуда колебаний силы тока в цепи?
214. Сила тока через резистор меняется 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 радиоприемник, 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

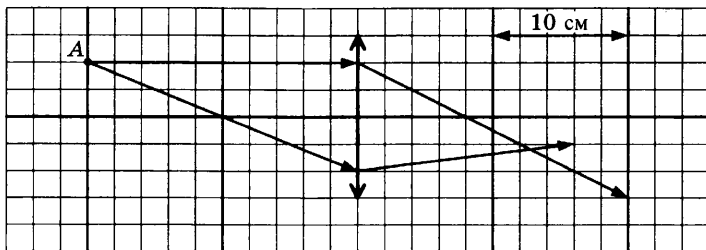
221. Предмет, освещенный маленькой лампочкой, отбрасывает тень на стену. Высота предмета 0,03 м, высота его тени 0,15 м. Во сколько раз расстояние от лампочки до предмета меньше, чем от лампочки до стены?
222. Маленькая лампочка освещает экран через непрозрачную перегородку с круглым отверстием радиуса 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?

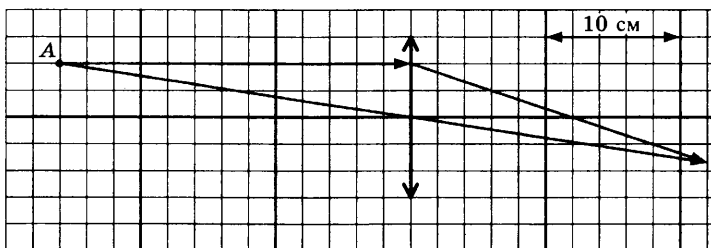
228. Человек, находившийся на расстоянии 3 м от плоского зеркала, удалился от него на 50 см. На сколько увеличилось расстояние между человеком и его изображением?
229. Во сколько раз увеличится расстояние между предметом и его изображением в плоском зеркале, если зеркало переместить в то место, где было 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 А через тонкую линзу.

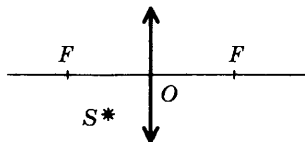


Определите оптическую силу линзы.

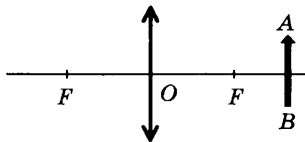
248. На рисунке показан ход лучей от точечного источника света А через тонкую линзу. Какова оптическая сила линзы?



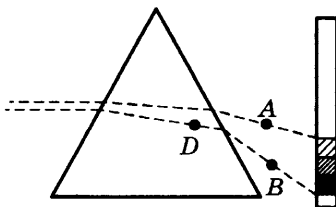
249. Предмет находится на расстоянии 10 см от линзы, а экран, на котором получено четкое изображение предмета, удален от линзы на расстояние 40 см. Определите фокусное расстояние линзы.
250. Расстояние между предметом и экраном равно 80 см. На каком расстоянии от предмета нужно расположить линзу с фокусным 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. рис.). 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

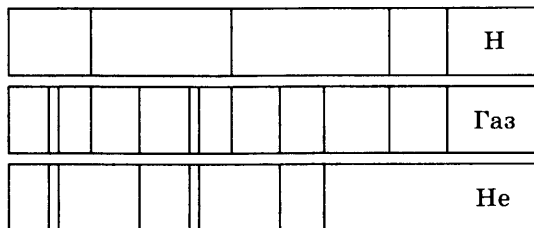
260. Найдите энергию покоя пылинки массой 1 мг.
261. Скорость частицы равна $0,6 c$. Найдите ее кинетическую энергию.
262. Во сколько раз уменьшается продольный размер тела при движении со скоростью $0,6 c$?
263. Какую скорость должно иметь движущееся тело, чтобы его продольные размеры уменьшились в 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 обрзовавшихся 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?

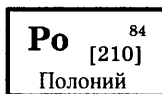
285. На рисунке приведены спектр поглощения неизвестного газа (в середине), спектры поглощения атомов водорода (вверху) и гелия (внизу). Что можно сказать о химическом составе газа?



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.

Mo ⁴² 95,94 Молибден
--

294. По данным таблицы химических элементов Д.И. Менделеева определите число нейтронов в ядре полония.

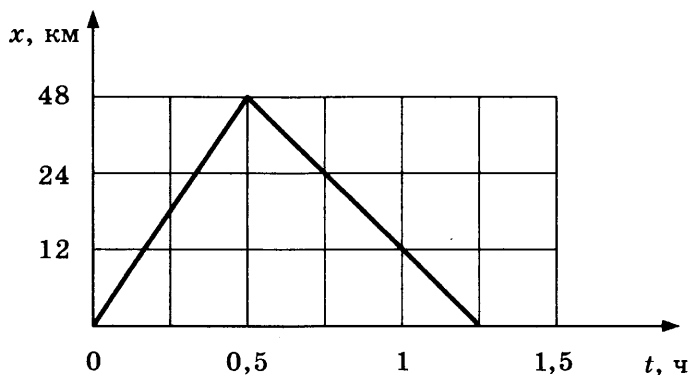


295. В результате реакции синтеза дейтерия с ядром X_Z образуется ядро бора и нейтрон в соответствии с реакцией: ${}^2_1\text{H} + {}^X_Z \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0n$. Каковы массовое число X и заряд Y (в единицах элементарного заряда) ядра, вступившего в реакцию с дейтерием?
296. Какая частица 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 ЕГЭ

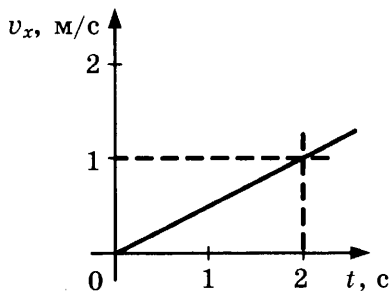
1. Механика

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 ?

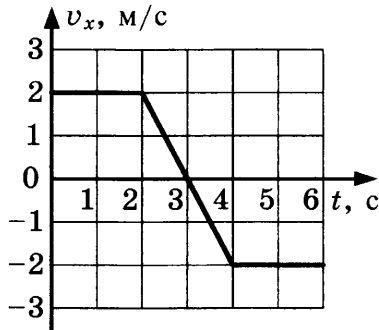


300. Пловец пересекает реку шириной 225 м. Скорость течения реки 1,2 м/с. Скорость пловца относительно воды 1,5 м/с и направлена перпендикулярно к вектору скорости течения. На сколько будет снесен течением пловец к тому моменту, когда он достигнет противоположного берега?
301. Наблюдатель с берега видит, 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.

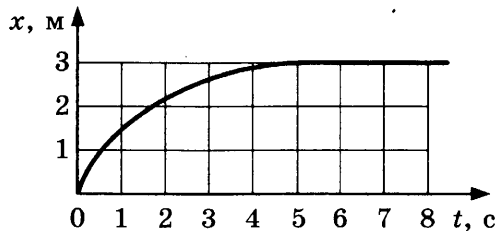
303. Пассажир поезда, идущего со скоростью 72 км/ч, видит в окне грузовой поезд, который движется в том же направлении, в течение 26 с. С какой скоростью едет грузовой поезд, если его длина 130 м? Скорость грузового поезда меньше скорости пассажирского.
304. В течение какого времени скорый поезд длиной 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.
308. 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?



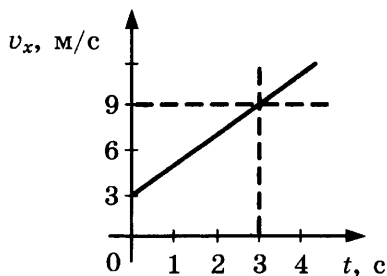
311. На рисунке изображен график изменения координаты тела с течением времени. Как изменялась скорость тела в промежуток времени от 0 до 5 с?



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 скорость 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 Кремлевских 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 упадет глыба?
323. Пуля вылетает из ствола в горизонтальном направлении со скоростью 800 м/с. На сколько снизится пуля во время полета, 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.

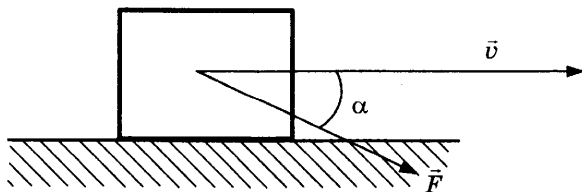
329. Масса бетонного блока, имеющего форму прямоугольного параллелепипеда, равна 6 кг. Какой будет масса блока, если первую его сторону увеличить в 2 раза, вторую — в 1,5 раза, а третью уменьшить в 3 раза?
330. Два кубика изготовлены из одинакового материала. Строна первого кубика в 2 раза больше, чем 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 ее 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 ее масса, чтобы ускорение свободного падения на поверхности осталось прежним?
344. Космический корабль движется вокруг Земли по круговой орбите радиусом 30 000 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?

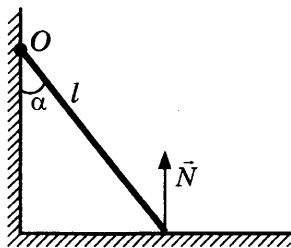
347. Массу спутника увеличили в 4 раза. Как изменится его первая космическая скорость?
348. Рассчитайте период обращения спутника Меркурия, летающего на небольшой высоте, если масса планеты $3,26 \cdot 10^{23}$ кг, а радиус $2,42 \cdot 10^6$ м.
349. Определите жесткость системы пружин при их последовательном 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.



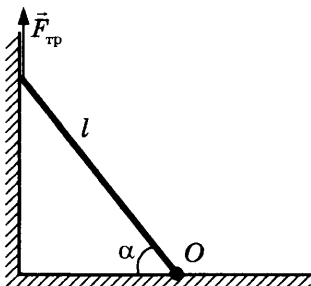
355. Груз поднимают на веревке: один раз равномерно, второй раз с ускорением, равным 20 м/с^2 . Во сколько раз натяжение веревки будет больше во втором случае, чем в первом?

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.

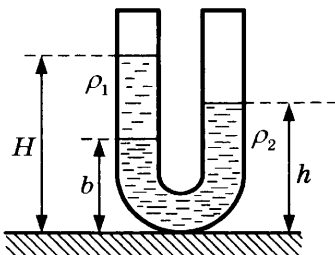
365. Два груза массами 2 кг и 4 кг, лежащие на гладкой горизонтальной поверхности, связаны нерастяжимой и невесомой нитью. Первый груз начинают тянуть с помощью равномерно возрастающей силы. Когда сила достигает значения 12 Н, нить обрывается. Чему равно в этот момент значение силы натяжения?
366. На 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. рис.). 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. рис.). Найдите момент силы трения $F_{\text{тр}}$ относительно точки O .

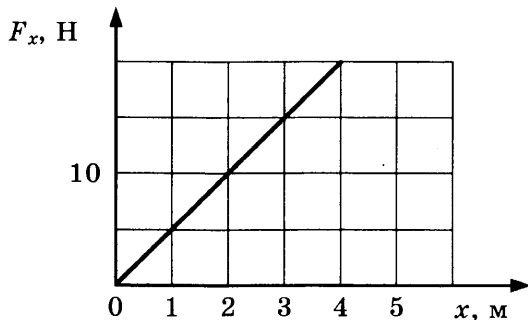


371. Два малых по размеру груза массами 4 кг и 2 кг скреплены невесомым стержнем длиной 60 см. Определите, на каком расстоянии от центра стержня находится центр тяжести такой системы.
372. Вода массой 100 кг в водопаде скользит вдоль отвесной скалы, соприкасаясь с поверхностью площадью 3 м^2 . Какое давление оказывает вода?
373. Масса столика на четырех ножках 4 кг. Какое давление оказывает столик на пол, если площадь каждой ножки 4 см^2 ?
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/м^3 .
375. Аквариум $20 \text{ см} \times 40 \text{ см}$ и высотой 50 см заполнили полностью водой. Определите силу давления воды на дно аквариума. Плотность воды 1000 кг/м^3 .
376. При подъеме 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. рис.). На рисунке $b = 10 \text{ см}$, $H = 30 \text{ см}$. Определите расстояние h .



378. Кубик массой 40 г и объемом 250 см^3 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 объем 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 ?



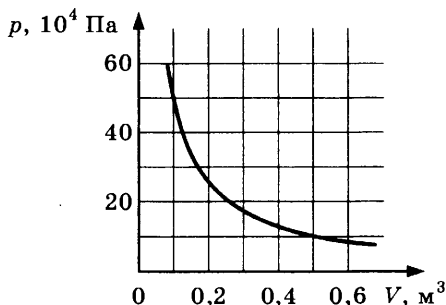
- 387.** Время разгона автомобиля до 90 км/ч составляет 5 с. Определите мощность двигателя к концу 5-й секунды. Масса автомобиля 1200 кг.
- 388.** Определите мощность трамвая к концу 8-й секунды после начала движения, если он развил к этому моменту скорость 36 км/ч. Масса трамвая 10 т.
- 389.** Мяч брошен 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 полета 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% ?

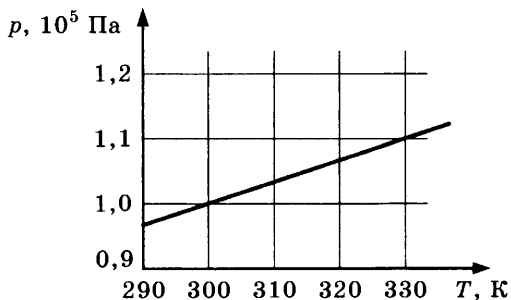
2. Молекулярная физика. Газовые законы

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 объеме 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 объем 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.

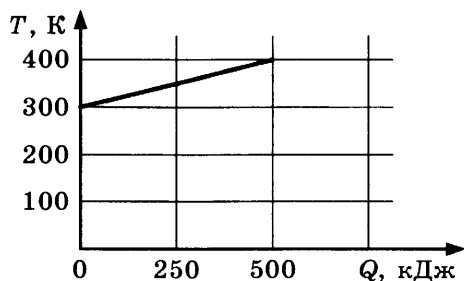


406. При уменьшении объема газа в 2 раза давление изменилось на 120 кПа, а абсолютная температура возросла на 10%. Каково первоначальное давление газа?
407. Когда объем, занимаемый газом, уменьшили на 40%, а температуру понизили на $84 \text{ }^\circ\text{C}$, давление газа возросло на 20%. Какова начальная 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 остается неизменной.
409. При постоянной температуре давление идеального газа уменьшилось в 9 раз. Что произошло с объемом газа?

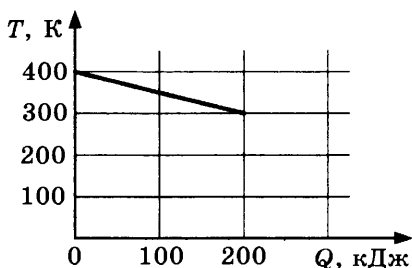
410. Два сосуда соединены тонкой трубкой с краном. В первом сосуде объемом 15 дм^3 находится газ под давлением 2 атм. , во втором — такой же газ под давлением 10 атм. Если открыть кран, то в обоих сосудах устанавливается давление 4 атм. Найдите объем (в дм^3) второго сосуда. Температура постоянна.
411. Под каким давлением (в кПа) надо наполнить воздухом баллон емкостью 10 л , чтобы при соединении его с баллоном емкостью 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 $15 \text{ }^\circ\text{C}$, а относительная влажность 80% . Плотность насыщенного водяного пара при данной температуре $12,8 \text{ г/м}^3$.

3. Термодинамика

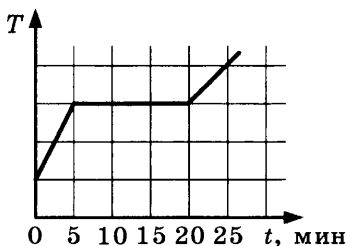
414. На рисунке приведен график зависимости температуры твердого тела от полученного им количества теплоты. Масса тела 8 кг . Какова удельная теплоемкость вещества этого тела?



415. На рисунке приведен график зависимости температуры твердого тела от отданного им количества теплоты. Масса тела 4 кг . Какова удельная теплоемкость вещества этого тела?

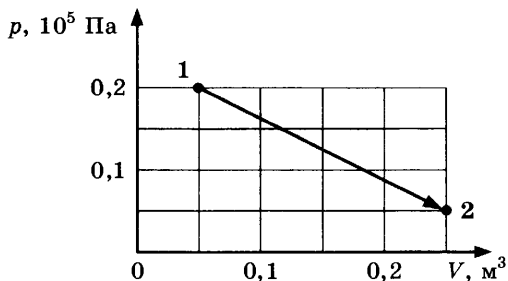


416. В кастрюлю, где находится вода объемом 2 л при температуре $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, долили 3 л кипятка. Какая температура воды установится? Потерями энергии пренебречь.
417. Удельная теплоемкость воды равна $4200\text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$. Для измерения температуры воды массой 10 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 теплоемкость термометра $2\text{ Дж}/\text{К}$.
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 теплоемкость фарфора. Удельная теплоемкость 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 передает алюминию 2 кДж энергии в минуту. Какое количество теплоты потребовало плавление алюминия?

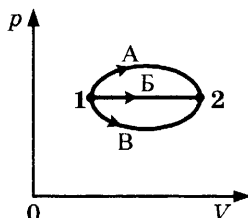


420. Сосуд, содержащий некоторую массу азота, при нормальных условиях движется со скоростью 100 м/с . Какой будет максимальная температура азота при внезапной остановке сосуда? Удельная теплоемкость азота при постоянном объеме равна $745\text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.

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. рис.), 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 ее 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?

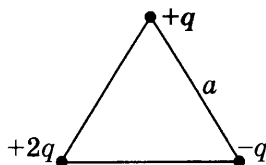
4. Электричество и магнетизм

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?

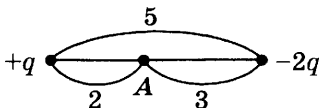
435. Потенциал поля точечного заряда на расстоянии r_1 от заряда равен $\varphi_1 = 16$ В, а на расстоянии r_2 равен $\varphi_2 = 100$ В. Каков потенциал поля этого заряда на расстоянии, равном среднему геометрическому r_1 и r_2 ($r = \sqrt{r_1 r_2}$)?

436. Потенциал поля точечного заряда на расстоянии 10 см от заряда равен 300 В. Какой будет напряженность в этой точке?

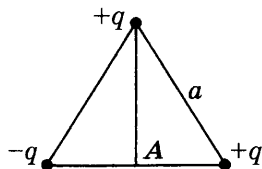
437. Определите результирующую силу, действующую на выделенный заряд q .



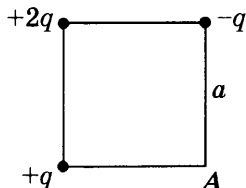
438. Определите результирующую напряженность в точке А.



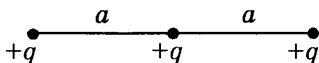
439. Определите результирующую напряженность в точке А.



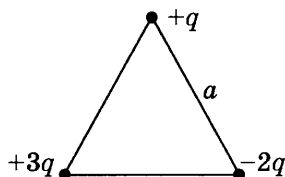
440. Определите результирующий потенциал в точке А.



441. Определите полную потенциальную энергию системы зарядов.

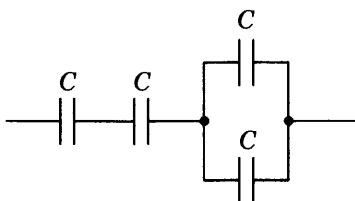


442. Определите полную потенциальную энергию системы зарядов.



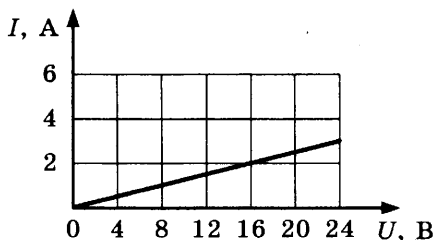
443. В горизонтальное однородное электрическое поле помещен шарик массой 1 г, подвешенный на тонкой шелковой нити. Шарик имеет заряд 1 мкКл. Определите значение напряженности поля, если нить отклонилась от вертикали на угол 60° .
444. Заряженный шарик, подвешенный на невесомой шелковой нити, находится 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 $5\text{ см} \times 5\text{ см}$, 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 пренебречь.
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 емкость батареи, состоящей из четырех одинаковых конденсаторов; емкость каждого конденсатора C .

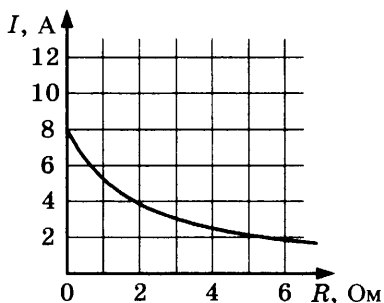


450. Плоский конденсатор зарядили и отключили от источника тока. Как изменится энергия электрического поля внутри конденсатора, если увеличить в 2 раза расстояние между обкладками конденсатора? Расстояние между обкладками конденсатора мало как до, так и после увеличения расстояния между ними.
451. Первый конденсатор емкостью C подключен к источнику с ЭДС \mathcal{E} , а второй — тоже емкостью C — подключен к источнику с ЭДС $3\mathcal{E}$. 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?

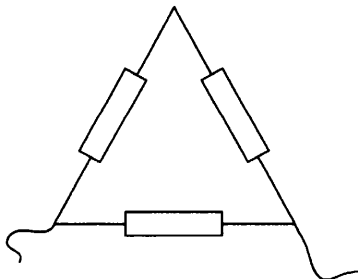
457. На рисунке изображен график зависимости силы тока в проводнике от напряжения на его концах. Чему равно сопротивление проводника?



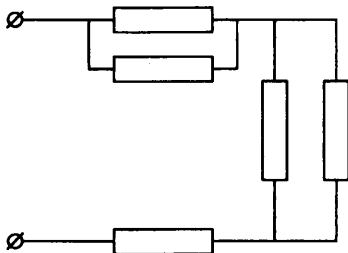
458. К источнику тока с внутренним сопротивлением 2 Ом подключили реостат. На рисунке показан график зависимости силы тока в реостате от его сопротивления. Чему равна ЭДС источника тока?



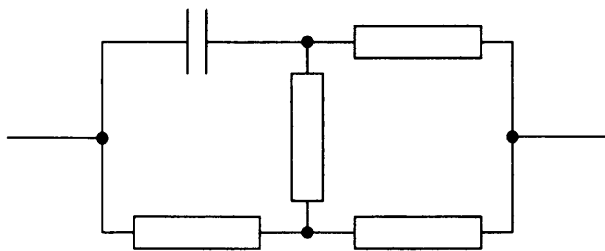
459. При замыкании элемента на резистор сопротивлением 1,8 Ом в цепи возникает сила тока 0,7 А, а при замыкании на резистор сопротивлением 2,3 Ом — сила тока 0,56 А. Определите внутреннее сопротивление источника.
460. Рассчитайте общее сопротивление цепи, если сопротивление одного резистора R .



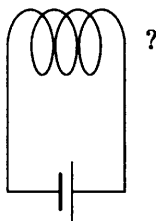
461. Рассчитайте общее сопротивление цепи, если сопротивление одного резистора R .



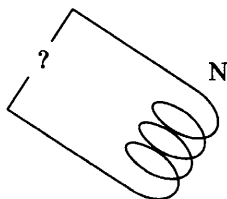
462. Кипятильник нагревает 1,2 л воды от 12 °С до кипения за 10 мин. Определите ток, потребляемый кипятильником, если он рассчитан на напряжение 220 В. КПД кипятильника 90%. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг · К).
463. Какой силы ток потребляет электрический кипятильник емкостью 10 л, если при КПД, равном 80%, в нем нагревается вода от 20 °С до кипения за 30 мин? Напряжение равно 220 В. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг · К).
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 отдает во внешнюю цепь мощность 10 Вт, а при силе тока 2 А — отдает во внешнюю цепь мощность 15 Вт.
468. Рассчитайте общее сопротивление цепи, если сопротивление одного резистора R .



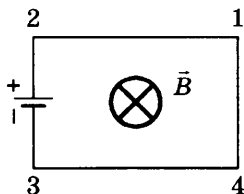
469. На рисунке изображена электрическая цепь электромагнита. Какой магнитный полюс будет справа?



470. На рисунке изображена электрическая цепь электромагнита. Указано положение северного полюса. Определите заряд верхней клеммы источника тока.



471. Электрическая цепь, состоящая из четырех 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. рис., 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. рис.). Определите направление силы Ампера, действующей на проводник.

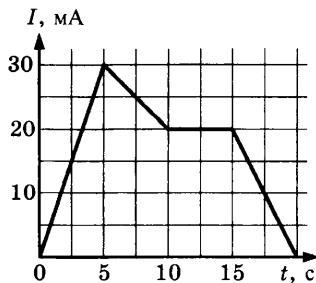


473. Прямой проводник длиной 50 см и массой 100 г, расположенный перпендикулярно линиям магнитной индукции, при пропускании по нему тока 4 А приобрел ускорение 5 м/с^2 . Чему равна индукция магнитного поля? Силой тяжести пренебречь.
474. Горизонтальные рельсы находятся на расстоянии 40 см друг от друга. 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 индукцией 25 мТл. Сила Ампера при перемещении проводника на 8 см в направлении своего действия совершает работу 0,004 Дж. Чему равна сила тока, протекающего 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 $B = 2 \text{ Тл}$ перпендикулярно его силовым линиям, движется по дуге окружности радиусом $R = 1 \text{ м}$? Масса α -частицы $6,7 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, ее заряд равен $3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

478. Заряженная частица, двигаясь в магнитном поле по дуге окружности радиусом 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 8 Вб за 2 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 Тл за 0,1 с. Чему равна при этом сила тока в рамке? Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом \cdot м.
484. Замкнутая катушка из 100 витков площадью 10 см^2 помещена в однородное магнитное поле перпендикулярно ее оси. При изменении магнитного поля на 0,1 Тл за 0,1 с в катушке выделяется 0,002 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 .

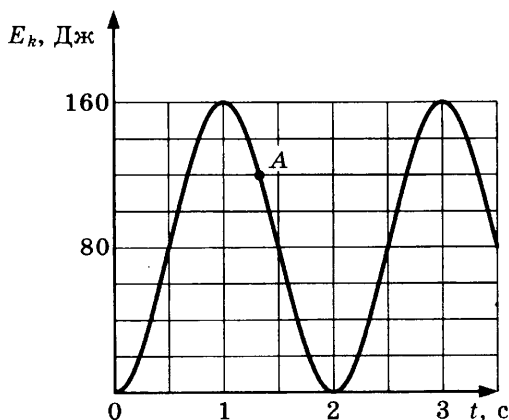
486. Проводник длиной 50 см движется в однородном магнитном поле со скоростью 4 м/с перпендикулярно силовым линиям. Найдите разность потенциалов, возникающую на концах проводника, если вектор магнитной индукции 8 мТл .
487. Самолет с размахом крыльев 15 м и мощностью двигателя 10 МВт летит горизонтально 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 .



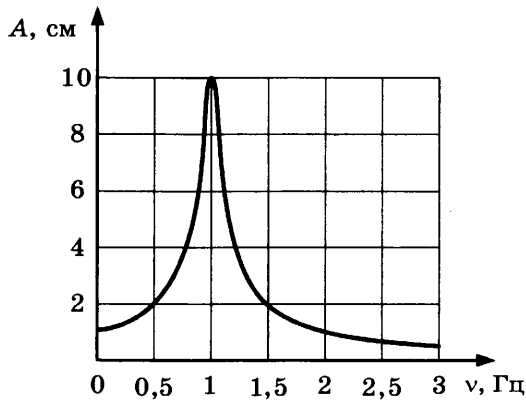
492. Как изменился магнитный поток через катушку, если при увеличении индуктивности энергия магнитного поля катушки увеличилась в 3 раза?
493. В катушке сила тока равномерно увеличивается со скоростью 2 А/с. При этом в ней возникает ЭДС самоиндукции 20 В. Какова энергия магнитного поля катушки при силе 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?

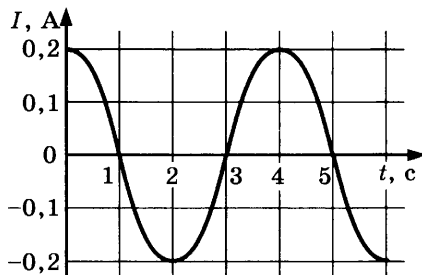


498. На рисунке изображена зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). Определите отношение амплитуды установившихся колебаний маятника на резонансной частоте к амплитуде колебаний на частоте 0,5 Гц.

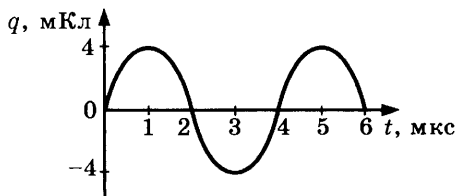


499. Через 3 с после вспышки молнии наблюдатель услышал гром. На каком расстоянии от него ударила молния? Скорость звука в воздухе 330 м/с.
500. На расстоянии 400 м от наблюдателя рабочие вбивают сваи с помощью копра. Каково время между видимым ударом молота о сваю и звуком удара, услышанным наблюдателем? 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.

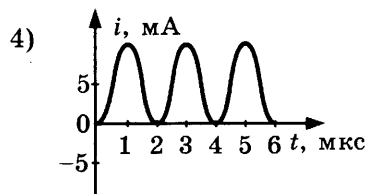
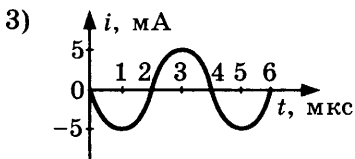
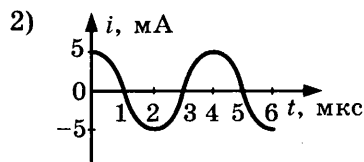
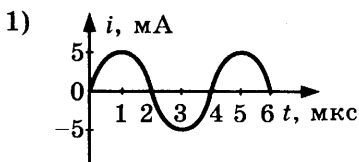
504. На рисунке показан график зависимости силы тока в металлическом проводнике от времени. Определите частоту колебаний тока.



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 еще 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?



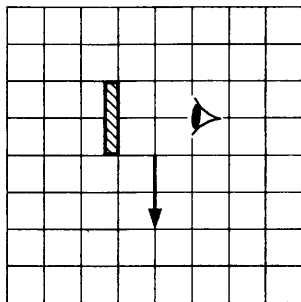
511. В идеальном электрическом колебательном контуре емкость конденсатора 2 мкФ , а амплитуда напряжения на нем 10 В . Определите максимальное значение энергии магнитного поля катушки.
512. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью 8 пФ и катушку, индуктивность которой $0,2 \text{ мГн}$. Чему 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?

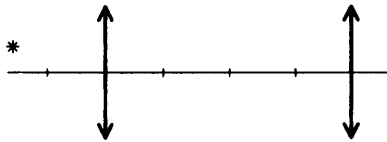
527. Предмет расположен на расстоянии 40 см от линзы с оптической силой 2 дптр. Определите расстояние от линзы до изображения.

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 ее светом с длиной волны 720 нм?

7. Специальная теория относительности

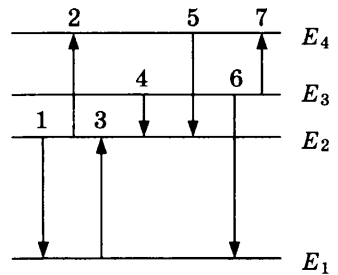
539. В результате аннигиляции электрона массой m и позитрона массой m образуется квант электромагнитного излучения. Какова максимальная энергия этого кванта?

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 ежесекундно 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 объем 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?

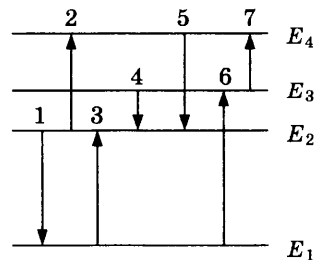
8. Квантовая физика

- 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 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?

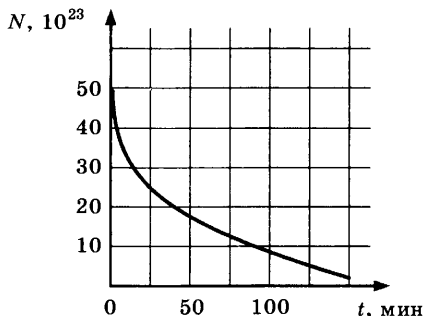
- 554.** На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Какой из отмеченных стрелками переходов между энергетическими уровнями сопровождается испусканием кванта минимальной частоты?



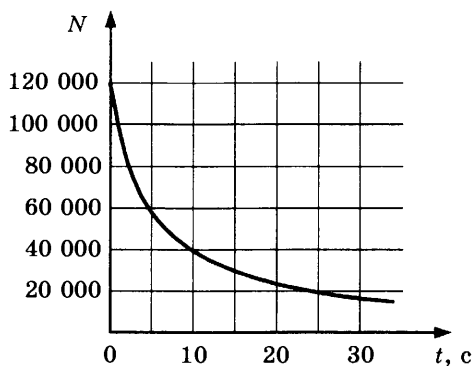
- 555.** На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Какой из отмеченных стрелками переходов между энергетическими уровнями сопровождается поглощением кванта минимальной длины волны?



556. Какая часть исходных радиоактивных ядер распадается за время, равное двум периодам полураспада?
557. Дан график зависимости числа нераспавшихся 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 нераспавшихся 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 а.е.м. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ 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 а.е.м. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ 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 а.е.м. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг, а скорость света $c = 3 \cdot 10^8$ 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 а.е.м. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг, а скорость света $c = 3 \cdot 10^8$ м/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?

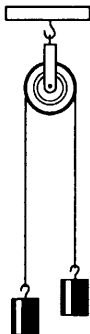
570. В течение какого времени падало тело, если в последнюю секунду падения оно прошло $3/4$ всего пути? Начальная скорость тела равна нулю.
571. Аэростат поднимается с земли с ускорением 2 м/с^2 вертикально вверх без начальной скорости. Через 20 с после начала движения из него выпал предмет. Определите, 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_3 .
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 $T_{\text{п}}/T_{\text{З}}$, 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 ее 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 объемом 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 плавающий 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 ежесекундно 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 подъема 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 подъема 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 желоба, переходящего в «мертвую петлю» радиусом R . Чему равна сила давления шарика на желоб в верхней точке петли, если масса шарика равна 100 г, а верхний конец желоба 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 объемом 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.

- 605.** Воздушный шар объемом 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 откачанной 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 откачана трубка? Плотность ртути $13\ 600\text{ кг/м}^3$.

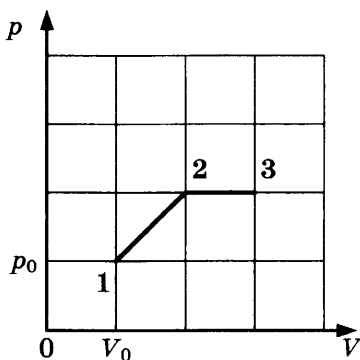
- 611.** Поршень площадью 10 см^2 массой 5 кг может без трения перемещаться в вертикальном цилиндрическом сосуде, обеспечивая при этом его герметичность. Сосуд с поршнем, заполненный газом, покоится на полу неподвижного лифта при атмосферном давлении 100 кПа , при этом расстояние от нижнего края поршня 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

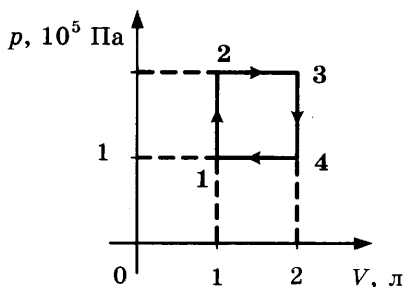
- 612.** В сосуд, содержащий 8 кг воды при температуре $15 \text{ }^\circ\text{C}$, положили лед, имеющий температуру $-40 \text{ }^\circ\text{C}$. В результате теплообмена установилась температура $-3 \text{ }^\circ\text{C}$. Определите массу льда. Удельная теплоемкость воды $4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, удельная теплота плавления льда $3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$, а его удельная теплоемкость $2100 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.
- 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 теплоемкость воды $4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, удельная теплота плавления льда 336 кДж/кг , а его удельная теплоемкость $2100 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.
- 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 теплоемкость воды $4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, 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 теплоемкость воды $4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, удельная теплоемкость льда $2100 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, 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.

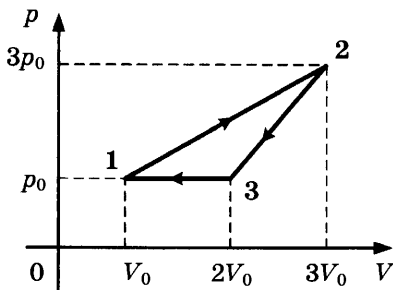
617. В колбе находилось $5,66$ кг воды при температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Когда из колбы откачали воздух, вода превратилась в лед. Сколько воды при этом испарилось, если притока тепла извне не было? Удельная теплота испарения воды при этой температуре $2,5 \cdot 10^6$ Дж/кг, а удельная теплота 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 объеме. 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 объем 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.

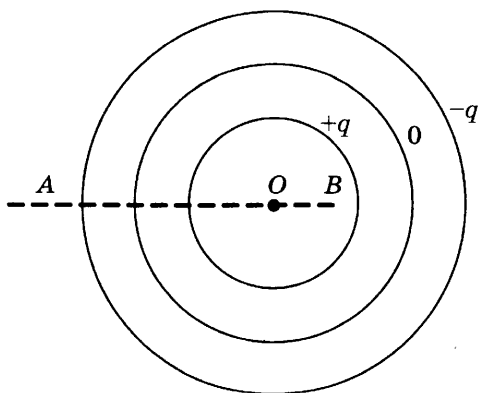


4. Электричество и магнетизм

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 ее скорость увеличилась на 0,2 м/с при

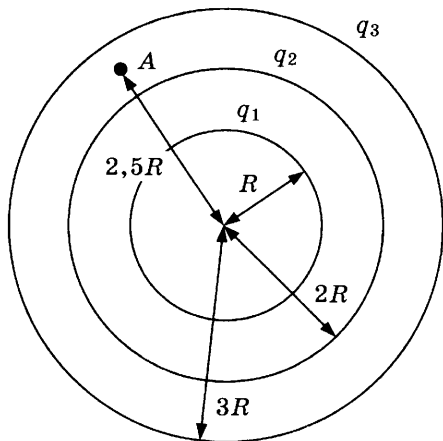
напряженности поля 10^5 В/м? Ответ выразите в миллиграммах (мг). Действием силы тяжести пренебречь.

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 .

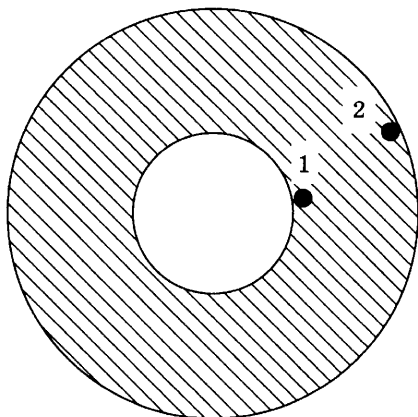


627. Точечный заряд q создает на расстоянии R электрическое поле напряженностью $E_1 = 62,5$ В/м. Три концентрические сферы радиусами R , $2R$ и $3R$ несут равномерно распределенные по их поверхностям заряды $q_1 = +2q$, $q_2 = -q$ и $q_3 = +q$ соответственно. Чему равна напряженность по-

ля в точке A , отстоящей от центра сфер на расстоянии $R_A = 2,5R$?



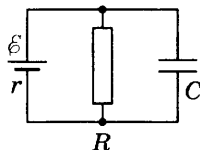
628. Проводящий шар радиусом 5 см с зарядом 4 нКл окружен сферической оболочкой из диэлектрика радиусом 10 см. Диэлектрическая проницаемость вещества оболочки равна 2. Найдите напряженность поля вблизи внутренней (1) и внешней (2) поверхностей диэлектрика.



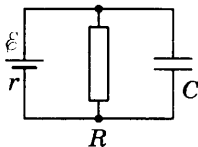
629. Конденсатор, заряженный до напряжения 200 В, соединяют разноименными обкладками с конденсатором такой же емкости, но заряженным до напряжения 400 В. Определите установившееся напряжение батареи.

630. Конденсатор, электрическая емкость которого $C_1 = 5$ мкФ, заряжен так, что разность потенциалов между его пластинами $U_1 = 80$ В. Второй конденсатор, электрическая емкость 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 теплоемкость 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 теплоемкость меди 380 Дж/(кг · К).
634. При замыкании на сопротивление 5 Ом батарея дает 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?

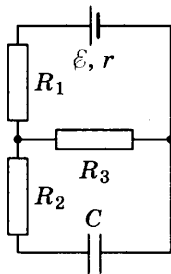
636. К источнику тока с ЭДС $\mathcal{E} = 9$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом подключили параллельно соединенные резистор с сопротивлением $R = 8$ Ом и плоский конденсатор, расстояние между пластинами которого $d = 0,002$ м. Какова напряженность электрического поля между пластинами конденсатора?



637. Найдите электрический заряд на конденсаторе емкостью $C = 1$ мФ (см. рис.), 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 см², 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 с на 0,01 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 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, электроемкость конденсатора 2 мкФ. В некоторый момент времени сила тока в колебательном контуре равна 0,024 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 радиоприемника 24 мА. При этом максимальный заряд конденсатора контура 6 нКл. На какую частоту настроен радиоприемник?

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 водоема глубиной 2 м вбита свая, на 50 см выступающая из воды. Найдите длину тени сваи на дне водоема, 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 водоема глубиной 80 см. Найдите длину тени на дне водоема, если показатель преломления воды $4/3$.
654. На дне водоема 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 ее 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 $0,75c$. 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 ее 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 $0,6c$ до $0,8c$?

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°C , если источник за 1 с излучает 10^{20} фотонов? Считать, что излучение полностью поглощается водой. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг·°C).
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·K)?

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 $\frac{1}{2}$ 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 пренебрь.
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 пренебрь. Удельная теплоемкость 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 остается нераспавшейся через интервал времени, равный двум периодам полураспада?

ОТВЕТЫ К СБОРНИКУ ЗАДАНИЙ

Часть 1 ЕГЭ

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. 2,96 м/с². 35. Уменьшится в 9 раз. 36. При равномерном
прямолинейном движении. 37. При равномерном прямолиней-
ном движении. 38. 1,5 кг. 39. 6 кг. 40. 100 Н. 41. 2,5 т.
42. 16 Н; 2 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 · 10²³ кг. 53. 0,3 м. 54. 18 см. 55. 0,125.
56. 30 Н · м. 57. 0,2 м. 58. $F_1l_1 = F_2l_2 + F_3l_3$ или $F_2l_2 + F_3l_3 - F_1l_1 = 0$.
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. 40 000 кг · м/с. 69. Уменьшится на 100 кг · м/с. 70. 3 Н.
71. $\sqrt{5}mv$. 72. 0,4 м/с. 73. 4 м/с. 74. 2 м/с. 75. 60°. 76. 0 Дж.
77. 8,4 кВт. 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 · 10⁻⁹ м.
88. 4,7 · 10⁻²⁶ кг. 89. на 5 °С. 90. 6,2 · 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 силь-
но 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 · 10⁶ 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. Увеличить в 1,41 раза. 139. 0,2 МВ/м. 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. 100π 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.

8. Квантовая физика

265. Положительный. 266. Возрастает. 267. При освещении синим цветом. 268. 6,5 эВ. 269. 5 эВ. 270. 3,7 эВ.
271. $2,5 \cdot 10^{-7}$ 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 изменился.
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. 1_0n . 297. α -частица. 298. Протон.

Часть 2 ЕГЭ

1. Механика

299. 96 км/ч. 300. 180 м. 301. 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. 10 м. 315. 0,142 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. 0,0825 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. 10⁶. 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. $\frac{\sqrt{3}kq^2}{a^2}$. 438. 0,47кq. 439. $\frac{8,1kq}{a^2}$. 440. $\frac{\sqrt{2}kq}{a}$. 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. Уменьшилась в 2 раза. 454. 16 Ом. 455. Уменьшилась 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 · 10⁷ 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. 0,5 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. $i = -0,4\pi \sin(40\pi t)$. 509. 10 Гц. 510. На 2. 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. $0,87c$.
544. В 1,67 раза. 545. $0,8c$. 546. $\frac{2\sqrt{2}}{3}c$. 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. $2,38 \cdot 10^{-14} \text{ Вт}$. 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. $1,43 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$.

Задания 28–32 ЕГЭ

1. Механика

563. 24 с. 564. $0,2 \text{ м/с}^2$. 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 м^2 . 574. $5567,5 \text{ кг/м}^3$. 575. $1244,4 \text{ кг/м}^3$. 576. Увели-
чится в 2 раза. 577. 0,38. 578. 3,4 км/с. 579. 36240 км.
580. 0,43. 581. $1,12 \cdot 10^8 \text{ м}$. 582. 1. 583. 200 кг. 584. 9 м/с.
585. 11 м/с^2 . 586. 60 355 Н. 587. 10,2 м/с. 588. $T = Mg$.
589. $0,625 \text{ м/с}^2$. 590. 20 рад/с. 591. 0,15 м. 592. 200 Н.
593. 32 кН. 594. 160 Н. 595. 800 кг/м^3 . 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. 6,25%.

4. Электричество и магнетизм

623. 45 см. 624. 1 мг. 625. 0,13 Дж. 626. 20 см. 627. 10 В/м.
628. $E_1 = 7,2 \text{ кВ/м}$; $E_2 = 1,8 \text{ кВ/м}$. 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. $5 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}$.

5. Колебания и волны

640. $1,74 \text{ м/с}^2$. 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 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 К/с. 664. 31 мг. 665. 130 Дж/ (кг · К).
666. 5 МэВ. 667. 22,8 дня. 668. Через 3200 лет. 669. 5 г.
670. $3/4$. 671. 25%.

Справочное издание

**Громцева Ольга Ильинична
Бобошина Светлана Борисовна**

**ЕГЭ
ФИЗИКА
ПОДГОТОВКА К ЕГЭ
ЭКСПЕРТ В ЕГЭ**



Издательство **«ЭКЗАМЕН»**

Гигиенический сертификат
№ РОСС RU.НА34.Н08638 с 07.08.2018 г.

Главный редактор *Л. Д. Лапто*

Редактор *Г. А. Лонцова*

Технический редактор *Л. В. Павлова*

Корректоры *И. Д. Баринская, О. Ю. Казанаева*

Дизайн обложки *Л. В. Демьянова*

Компьютерная верстка *А. С. Федотова, Д. С. Ахтырская*

Россия, 107045, Москва, Луков пер., д. 8.

www.examen.biz

E-mail: по общим вопросам: info@examen.biz;

по вопросам реализации: sale@examen.biz

тел./факс 8 (495) 641-00-30 (многоканальный)

Общероссийский классификатор продукции

ОК 034-2014; 58.11.1 — книги печатные

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами
в ООО «ИПК Парето-Принт», Россия, г. Тверь, www.pareto-print.ru

**По вопросам реализации обращаться по тел.:
8 (495) 641-00-30 (многоканальный).**