

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические указания по выполнению практических работ
по дисциплине Физика
для студентов направления подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело направленность
(профиль) «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта, хранения и
переработки нефти и газа»**

Ставрополь 2026 г.

Предисловие

Физика как наука является основным инструментом познания устройства окружающего мира, поэтому ее в меньшей или большей степени изучают при подготовке специалистов всех уровней и направлений образования. Особенно важно изучение физики при подготовке высококвалифицированных специалистов по инженерным профессиям, так как на физике базируется преподавание общеобразовательных и специальных дисциплин.

Целью изучения дисциплины «Физика» на корректирующих курсах является углубленное изучение отдельных наиболее трудных разделов и тем, включаемых в программы общего среднего образования и предусмотренных «Программой вступительных экзаменов для поступающих в высшие учебные заведения РФ», выработка навыков быстрой ориентации во всем изученном теоретическом материале.

Задачей корректирующих курсов по «Физике» является восполнения пробелов знаний школьной программы и ее систематизация у студентов первого курса.

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Важно иметь в виду, что студент должен обязательно получить знания в объеме, соответствующем примерной государственной программе вступительных экзаменов, а также нормативам государственного образовательного стандарта России и содержанию учебных курсов по дисциплине «Физика» общеобразовательных средних учебных заведений (школ, лицеев и т.п.).

Для этого необходимо усвоить содержание обязательной для изучения литературы. Основой подготовки должно стать изучение материала школьных учебников по дисциплине «Физика», специальных пособий для поступающих в вузы, содержания лекций, прочитанных на подготовительных курсах и специальной литературы по отдельным вопросам. Весьма желательно обращение на базе усвоенного материала к вузовским учебникам (см. список основной и дополнительной рекомендованной литературы), помогающим глубже и полнее понять многие вопросы, рассматриваемые в рамках дисциплины «Физика».

В процессе подготовки студенты должны проявить умение применять на практике знание основных вопросов, изучаемых в школьных курсах математики и физики, и выработать навыки:

1. Производить арифметические действия над числами, заданными в виде десятичных и обыкновенных дробей.
2. Строить графики линейной, квадратичной, степенной, показательной логарифмической и тригонометрических функций.
3. Изображать геометрические фигуры на чертеже и производить простейшие построения на плоскости.
4. Уметь слушать и конспектировать лекционный материал.
5. Уметь анализировать условие поставленной задачи, находить теоретические предпосылки ее решения и доводить решение задачи до ясного ответа на поставленный вопрос.

Практические занятия проводятся в форме решения заданий по соответствующей теме и последующего обсуждения вопросов данной темы, вызвавших у студентов какие-либо затруднения.

Задания по каждой из вышеназванных тем дисциплины «Физика», в том числе варианты примерных заданий ЕГЭ, приведены в данных методических указаниях ниже.

2. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

2.1 МЕХАНИКА

2.1.1 КИНЕМАТИКА

Основные формулы

2.1.1.1 Кинематическое уравнение равномерного прямолинейного движения вдоль оси X :

$$x = x_0 + V \cdot t \quad x = x_0 + V \cdot t$$

где x - координата тела в момент времени t ; x_0 - начальная координата; V - скорость.

Мгновенная скорость: $V = x'$, x' - первая производная от координаты по времени.

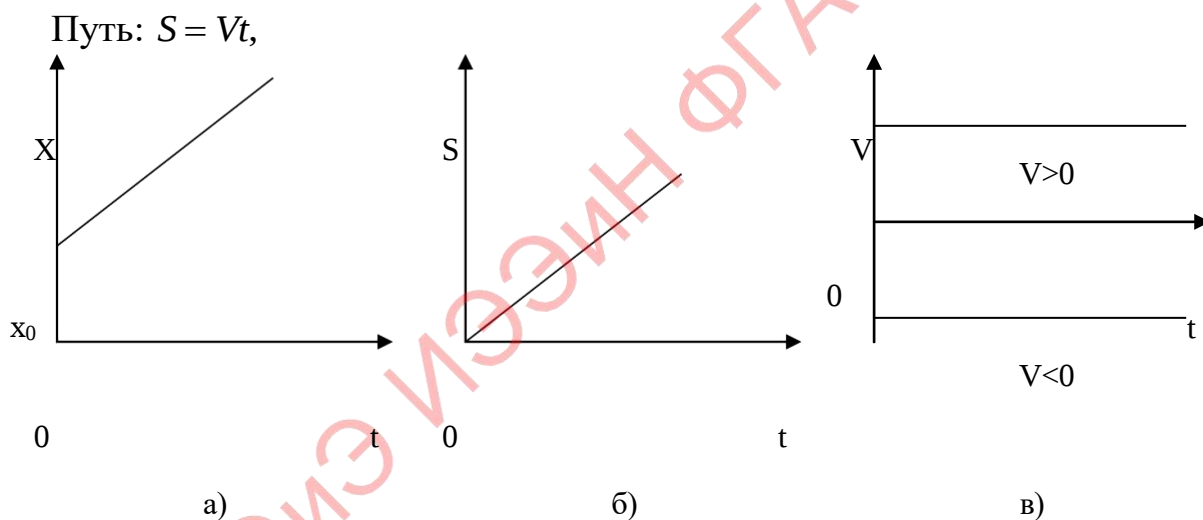


Рисунок 1. График зависимости а) $x = f(t)$; б) $S = f(t)$; в) $V = f(t)$

2.1.1.2 Кинематическое уравнение прямолинейного равнопеременного движения вдоль оси X :

$$x = x_0 + V_0 t + \frac{a t^2}{2}, \quad \vec{a} = \frac{V - V_0}{t},$$

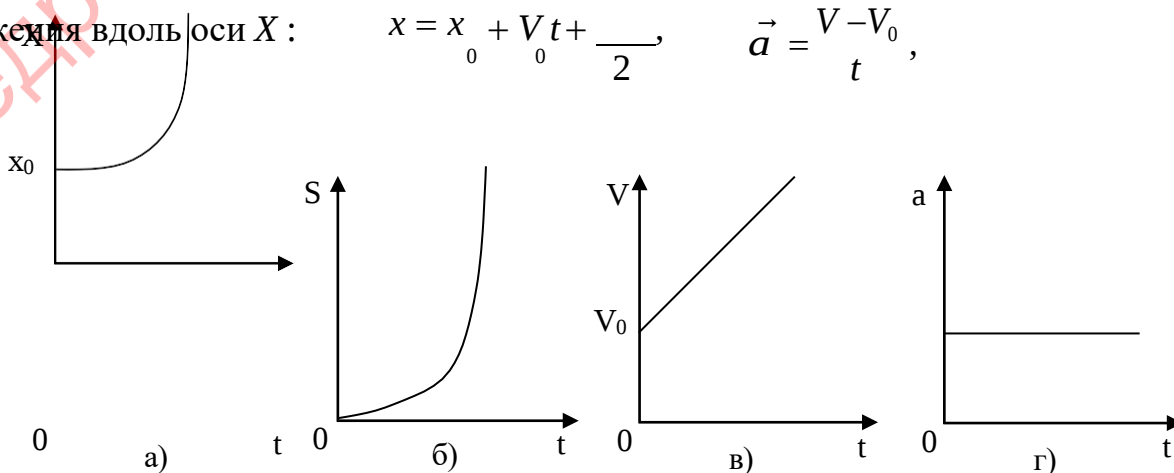


Рисунок 2. График зависимости а) $x = f(t)$; б) $S = f(t)$; в) $V = f(t)$; г)
 $a = f(t)$ при условии, что $\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{V}_0$

Мгновенное ускорение: $a = V'$, V' - первая производная от скорости по времени.

$$S = V_0 t \pm \frac{at^2}{2}, \quad V = V_0 \pm at, \quad V^2 - V_0^2 = \pm 2aS,$$

где V - конечная скорость, V_0 - начальная скорость, a - ускорение.

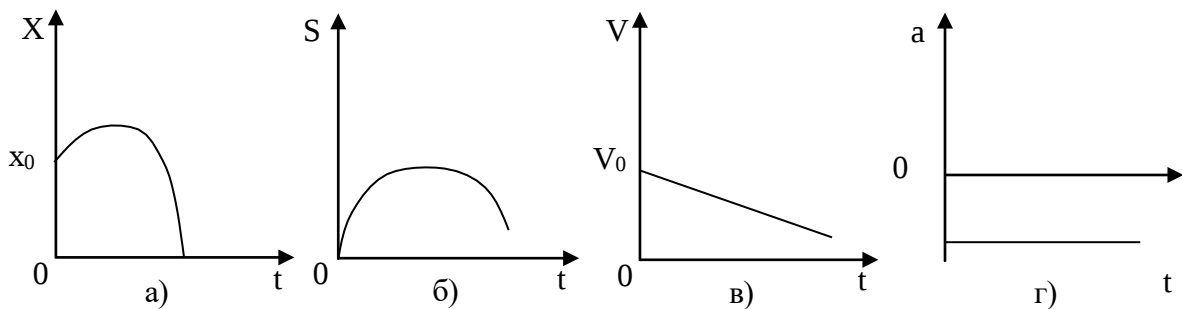


Рисунок 3. График зависимости а) $x = f(t)$; б) $S = f(t)$; в) $V = f(t)$; г)

$a = f(t)$ при условии, что $\vec{a} \uparrow \downarrow \vec{V}_0$

2.1.1.3 Кинематическое уравнение равнопеременного движения с

ускорением свободного падения g вдоль оси Y :

$$y = y_0 + V_0 t + \frac{gt^2}{2},$$

$$H = V_0 t \pm \frac{gt^2}{2}, \quad V = V_0 \pm gt, \quad V^2 - V_0^2 = \pm 2aH.$$

2.1.1.4 Движение тела брошенного горизонтально со скоростью V_0 .

Это движение – результат двух независимых движений: равномерного

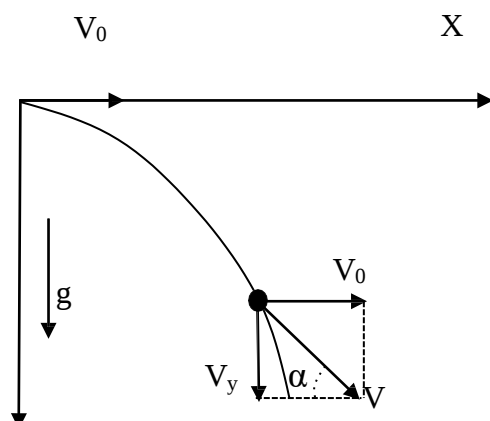
прямолинейного по оси X ($x = V_0 t$) и равноускоренного по оси Y ($y = \frac{gt^2}{2}$).

Скорость тела в любой точке траектории

равна $V = \sqrt{V_y^2 + V_0^2}$, $V_y = gt$, где t -

время движения. Направление вектора

$\vec{V}$: $tg\alpha = \frac{V_y}{V_0}$. Уравнение траектории



$$y = f(x): \quad y = \frac{g}{2V_0^2} x^2 \quad \text{в} \quad \text{выбранной} \quad Y$$

Рисунок 4.

системе отсчета на рисунке 4.

2.1.1.5 Движение тела, брошенного под углом α к горизонту со скоростью $\vec{V}_0$.

Это движение – результат двух независимых движений: равномерного прямолинейного по оси X и равнопеременного по оси Y . Движение тела можно охарактеризовать уравнениями:

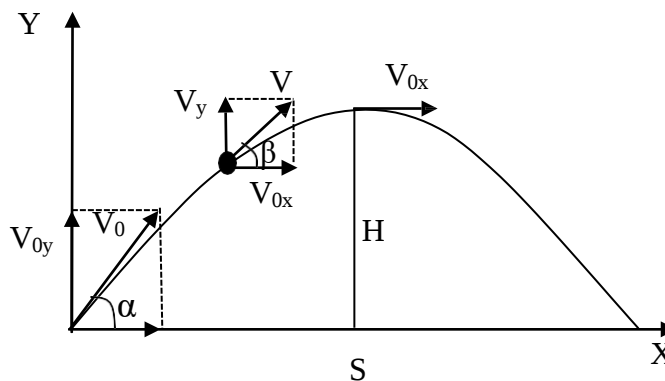


Рисунок 5.

$$V_{0x} = V_0 \cos \alpha, \quad V_{0y} = V_0 \sin \alpha, \quad V_y = V_0 \sin \alpha - gt_1, \quad t_1 = \frac{V_0 \sin \alpha}{g},$$

$$H = V_0 \sin \alpha t_1 - \frac{gt_1^2}{2}, \quad S = V_{0x} t, \quad t = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g},$$

где S - дальность полета, H - максимальная высота подъема, t_1 - время подъема тела на максимальную высоту, t - продолжительность полета тела.

В итоге: $S = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}, \quad H = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}.$

Результирующая скорость V и ее направление к горизонту β в произвольный момент времени: $V = \sqrt{V_{ox}^2 + V_y^2}, \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{V_y}{V_{ox}}.$

2.1.1.6 Средняя скорость:

$$\langle V \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}, \quad \langle V \rangle = \frac{S}{t} = \frac{V_1 t_1 + V_2 t_2 + \dots}{t_1 + t_2 + \dots}.$$

где x - координата точки в момент времени t , V_1 - скорость точки в момент времени t_1 , V_2 - скорость точки в момент времени t_2 .

Частные случаи:

а) $S = S = \frac{2V_1 V_2}{V_1 + V_2}$ - движение неравномерное, $\langle V \rangle = \frac{2V_1 V_2}{V_1 + V_2}$

$$\begin{aligned}
 & \frac{v_1^2 + v_2^2}{2} = \frac{v_1 + v_2}{2} \cdot \frac{v_1 + v_2}{2}; \\
 & \text{б) } t_1 = t_2 = \frac{t}{2} - \text{движение равнопеременное, } \langle v \rangle = \frac{v_1 + v_2}{2};
 \end{aligned}$$

где S_1 - путь точки движущейся со скоростью V_1 за время t_1 , S_2 - путь точки движущейся со скоростью V_2 за время t_2 .

2.1.1.7 Теорема сложения скоростей.

Скорость тела V_1 относительно неподвижной системы отсчета равна геометрической сумме скоростей тела V_{12} векторов относительно подвижной системы отсчета и скорости V_2 самой подвижной системы отсчета относительно неподвижной: $\vec{V}_1 = \vec{V}_{12} + \vec{V}_2$.

2.1.1.8 Путь тела за t -ю секунду равен: $S_{t-p} = S_t - S_{t-1}$,

где S_t - путь тела за t секунд, S_{t-1} - путь тела за $(t-1)$ секунды.

2.1.1.9 Пути, проходимые телом при равноускоренном движении без начальной скорости ($V_0 = 0$) за каждую последующую секунду, относятся как ряд нечетных чисел:

$$S_1 : S_2 : S_3 : S_4 : \dots = 1 : 3 : 5 : 7 : \dots$$

2.1.1.10 Равномерное движение по окружности характеризуется уравнениями:

$$l = \varphi R, \quad \omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu,$$

$$V = \frac{l}{t} = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi\nu R = \omega R,$$

$$a_{\phi} = \frac{V^2}{R} = \omega^2 R = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = 4\pi^2 \nu^2 R,$$

$$T = \frac{1}{\nu}, \quad \nu = \frac{n}{t}, \quad T = \frac{t}{n}.$$

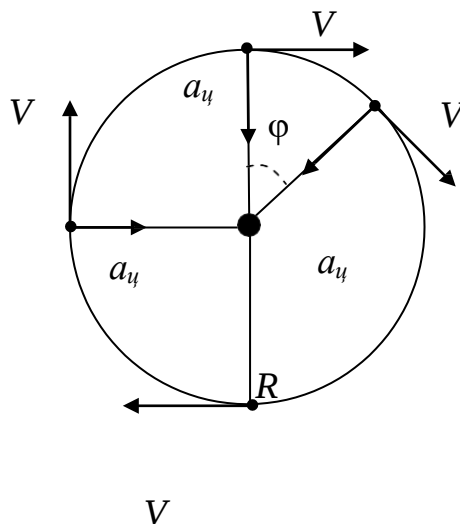


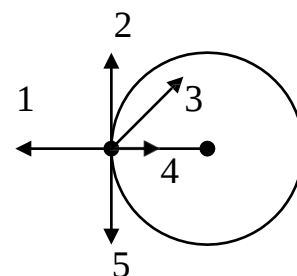
Рисунок 6.

Линейная скорость V и центростремительное ускорение a_{ϕ} направлены под прямым углом друг к другу. Центростремительное ускорение постоянно по модулю и изменяется по направлению. Линейная скорость постоянна по модулю и изменяется по направлению. T - период ($t = T$), ω - угловая скорость, R - радиус окружности, φ - угол поворота радиуса, l - длина дуги, n - число оборотов, ν -

частота вращения.

Задания к разделу «Кинематика»

1. Тело движется равномерно по окружности в направлении по часовой стрелке. Какая стрелка на рисунке указывает направление вектора ускорения при таком движении?



2. Автомобиль движущийся прямолинейно равноускоренно, увеличил свою скорость с 4 м/с до 10 м/с за 3 с. С каким ускорением двигался автомобиль?

3. Для какого вида движения справедлива формула: $\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2}$?

4. Искусственный спутник обращается вокруг Земли по круговой орбите радиусом R с периодом обращения 1 сутки. Каковы путь и перемещение спутника за 1 сутки?

5. Если ΔS - перемещение тела за сколько угодно малый интервал времени Δt , то какая величина определяется отношением $\frac{\Delta S}{\Delta t}$?

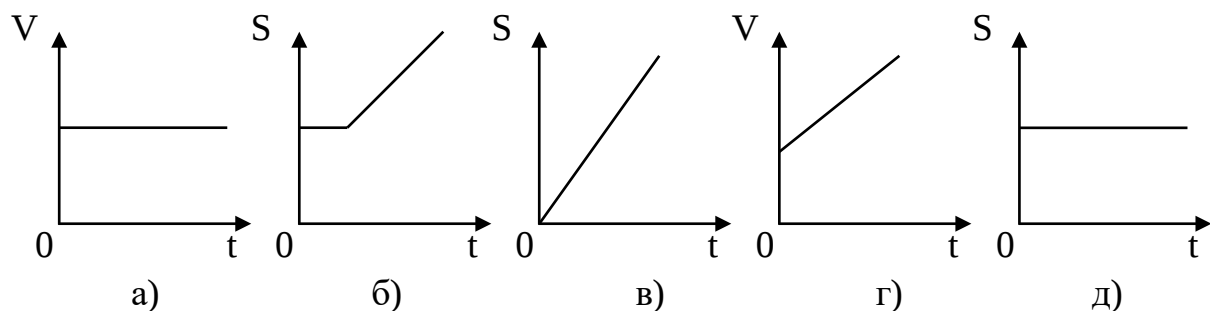
6. Тело прошло путь S за время t . Первую половину времени оно двигалось со скоростью 10 м/с, вторую - со скоростью 20 м/с. Определите среднюю скорость тела на всем пути.

7. Автомобиль движется на повороте по круговой траектории радиусом 60 м с постоянной по модулю скоростью 10 м/с. Каково ускорение автомобиля?

8. Самолет начал движение по взлетной полосе из состояния покоя с постоянным ускорением 2 м/с². Какой путь пройден им за 30 с?

9. Теплоход движется равномерно и прямолинейно со скоростью 5 км/ч относительно воды. Человек идет по палубе теплохода со скоростью 3 км/ч в направлении, перпендикулярном вектору скорости теплохода. Какова скорость человека относительно воды?

10. Какой из графиков представленных на рисунке соответствует равноускоренному движению?



11. Уравнение движения материальной точки имеет вид $x = 0,5t^2$. Написать зависимость $V = f(t)$ и построить ее график. Показать на графике штриховкой площадь, численно равную пути, пройденному точкой за 5 с, и вычислить этот путь.

12. Уравнения движения по шоссе велосипедиста, пешехода и бензовоза имеют вид: $x_1 = -0,5t^2$, $x_2 = 300 - 0,5t$ и $x_3 = -300$ (соответственно). Найти для каждого из тел: координаты в момент начала наблюдения, проекции на ось X начальной скорости и ускорения.

13. Два автомобиля начинают равноускоренное движение из состояния покоя в одном направлении с ускорением 3 м/с^2 . Первый автомобиль начал движение на 3 с раньше второго. С какой скоростью движется второй автомобиль относительно первого через 3 с после начала движения второго автомобиля?

14. При свободном падении первое тело находилось в полете в 2 раза больше времени, чем второе. Сравните конечные скорости и их перемещения.

15. Стрела, выпущенная из лука вертикально вверх, упала на землю через 7 с. Какова начальная скорость стрелы и максимальная высота подъема?

16. Движения двух автомобилей по шоссе заданы уравнениями: $x_1 = 3t + 0,3t^2$ и $x_2 = 90 - 5t$. Найти время и место встречи автомобилей; расстояние между ними через 6 с.

17. Скорость движения лодки относительно воды в n раз больше скорости течения реки. Во сколько раз больше времени занимает поездка на лодке между двумя пунктами против течения, чем по течению?

18. Эскалатор метро поднимает неподвижно стоящего на нем пассажира в течение 1 мин. По неподвижному эскалатору пассажир поднимается 3 мин.

Сколько времени будет подниматься идущий вверх пассажир по движущемуся эскалатору?

19. Уклон длиной 100 м лыжник прошел за 10 с, двигаясь с ускорением $0,3 \text{ м/с}^2$. Какова скорость лыжника в начале и в конце уклона?

20. Точка движется вдоль оси X и координата точки в зависимости от времени изменяется по закону: $x = a + bt + ct^2$ (a, b, c - постоянные величины). По какому закону меняется ускорение точки?

21. С балкона, находящегося на высоте 30 м над поверхностью земли, бросили вертикально вверх мячик со скоростью 20 м/с. Написать формулу зависимости координаты Y от времени, выбрав за начало отчета: а) точку бросания; б) поверхность земли. Найти, через сколько времени мяч упадет на землю.

22. Велосипедист начал свое движение из состояния покоя и в течение первых 5 с двигался с ускорением 1 м/с^2 ; затем в течение 0,3 мин он двигался равномерно и последние 30 м - равнозамедленно до остановки. Найти среднюю скорость за все время движения. Построить $V = f(t)$.

23. Расстояние между двумя станциями поезд прошел со средней скоростью 72 км/ч за 20 мин. Разгон и торможение вместе длились 3 мин, а остальное время поезд двигался равномерно. Какой была скорость поезда при равномерном движении?

24. Детский заводной автомобиль, двигаясь равномерно, прошел расстояние S за время t . Найти частоту вращения, угловую скорость колес и центростремительное ускорение точек на ободе колеса, если диаметр колеса равен d .

25. Мальчик съехал на санках с горы длиной 30 м за 10 с, а затем проехал по горизонтальному участку еще 20 м до остановки. Найти скорость в конце горы, ускорения на каждом из участков, общее время движения и среднюю скорость на всем пути. Начертить график скорости $V = f(t)$.

2.1.2 ДИНАМИКА

Основные формулы

2.1.2.1 Силы. Законы Ньютона.

2.1.2.1.1 I закон Ньютона: $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$, $\vec{V} = const$, $\vec{V} = 0$.

2.1.2.1.2 II закон Ньютона: $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m\vec{a}$.

2.1.2.1.3 III закон Ньютона: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$.

$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i$ - равнодействующая всех сил, действующих на тело.

2.1.2.1.4 Закон Гука: $F_x = -k\Delta x$,

где F_x - сила упругости, Δx - абсолютное удлинение тела, k - коэффициент упругости тела.

2.1.2.1.5 Сила трения: $F_{mp} = \mu N$,

где μ - коэффициент трения, N - сила реакции опоры.

2.1.2.1.6 Закон всемирного тяготения: $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$, $F = \frac{GmM}{(R_3 + h)^2}$,

где G - гравитационная постоянная, m_1 , m_2 - массы взаимодействующих тел, M - масса Земли, R_3 - радиус Земли, h - высота тела над поверхностью Земли.

2.1.2.1.7 Сила тяжести: $F = mg$, $F = \frac{GmM}{R_3^2}$ - приложена к телу.

2.1.2.1.8 Вес неподвижного тела: $P = mg$, $P = \frac{GmM}{R_3^2}$ - приложен к опоре,

подвесу.

2.1.2.1.9 Условие невесомости тела: ($P = 0$): $a = g$.

2.1.2.1.10 Перегрузка: $n = \frac{mg + ma}{mg} = \frac{g + a}{g}$.

2.1.2.2 Импульс. Закон сохранения импульса.

2.1.2.2.1 Импульс тела: $\vec{p} = m\vec{V}$.

2.1.2.2.2 Импульс силы: $\vec{p} = \vec{F}\Delta t$.

2.1.2.2.3 II закон Ньютона в импульсной форме: $\vec{F}\Delta t = m\vec{V}_2 - m\vec{V}_1$.

2.1.2.2.4 Закон сохранения импульса двух взаимодействующих тел при:

упругом взаимодействии: $m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2 = m_1\vec{U}_1 + m_2\vec{U}_2$

неупругом взаимодействии: $m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2 = (m_1 + m_2)\vec{U}$.

2.1.2.3 Работа. Мощность. Энергия.

Закон сохранения механической энергии.

2.1.2.3.1 Механическая работа постоянной силы: $A = \vec{F}\vec{S}$, $A = FS \cos \alpha$,

где α - угол между векторами $\vec{F}$ и $\vec{S}$, $\vec{S}$ - перемещение.

2.1.2.3.2 Мощность: $N = \frac{A}{t}$.

2.1.2.3.3 Средняя мощность: $\langle N \rangle = \frac{\Delta A}{\Delta t} = F \langle V \rangle$.

2.1.2.3.4 Мгновенная мощность: $N = FV$.

2.1.2.3.5 КПД механизма: $\eta = \frac{A_n}{A_3} = \frac{E_n}{E_3}$.

2.1.2.3.6 Кинетическая энергия: $E_{\text{к}} = \frac{mV^2}{2}$.

2.1.2.3.7 Потенциальная энергия тела на высоте h : $E_{\text{п}} = mgh$.

2.1.2.3.8 Теорема о кинетической энергии: $A = \Delta E_{\text{к}} = \frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2}$.

2.1.2.3.9 Работа силы тяжести: $A = -\Delta E_{\text{п}} = -(mgh_2 - mgh_1)$, $h_1 > h_2$.

$\Delta E_{\text{п}} < 0$ – потенциальная энергия уменьшается,

$\Delta E_{\text{п}} > 0$ – потенциальная энергия увеличивается.

2.1.2.3.10 Потенциальная энергия упругодеформированного тела: $E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2}$.

2.1.2.3.11 Закон сохранения механической энергии тела (системы тел):

$$E_{k1} + E_{n1} = E_{k2} + E_{n2}.$$

2.1.2.3.12 Закон сохранения кинетической энергии при абсолютно упругом

ударе: $\frac{m_1 V_1^2}{2} + \frac{m_2 V_2^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2}.$

2.1.2.3.13 Закон сохранения энергии: $A = (E_{k2} + E_{n2}) - (E_{k1} + E_{n1}),$

где A - работа внешних сил.

2.1.2.3.14 Закон сохранения энергии при неупругом ударе:

$$\frac{m_1 V_1^2}{2} + \frac{m_2 V_2^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) u^2}{2} + \Delta T,$$

где ΔT - изменение внутренней энергии тела.

2.1.2.4 Статика. Условия равновесия.

2.1.2.4.1 Момент силы: $M = \pm Fd$, где d - плечо силы.

2.1.2.4.2 Условие равновесия материальной точки: $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0.$

2.1.2.4.3 Условие равновесия твердого тела с жестко закрепленной осью:

$$\sum_{i=1}^n M_i = 0.$$

2.1.2.4.4 Условие равновесия твердого тела с подвижной осью вращения:

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0 \text{ и } \sum_{i=1}^n M_i = 0.$$

Задания к разделу «Динамика»

1. На рисунке а представлены векторы скорости V и ускорения a движения тела. Какой вектор на рисунке б указывает направление вектора равнодействующей всех сил V действующих на тело? 3
2. В каких системах отсчета 2
- 1 4
- 5

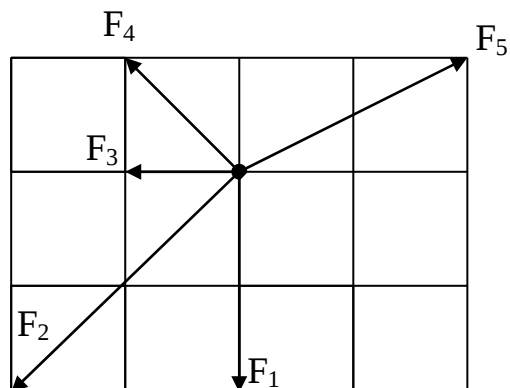
выполняются все три закона Ньютона ?

а)

б)

3. Луна движется по окружности вокруг Земли под действием силы тяготения, скорость Луны ≈ 1 км/с. Как стала бы двигаться Луна, если бы в один момент прекратилось действие на нее силы тяготения со стороны Земли и всех других тел?

4. На рисунке представлены пять векторов сил, расположенных в одной плоскости и действующих на тело в точке O . При отсутствии какой одной из этих сил равнодействующая остальных сил будет равна нулю?

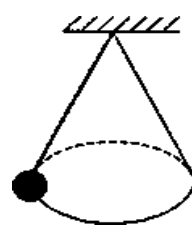


5. Одинаковы ли масса тела и его вес при измерениях на средних широтах и на полюсе?

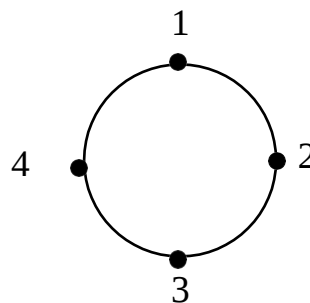
6. Сила гравитационного взаимодействия между шарами массами по 1 кг каждый на расстоянии r равна F . Чему равна сила гравитационного взаимодействия между двумя шарами массами 3 кг и 4 кг на таком же расстоянии друг от друга?

7. Бетонный столб массой 300 кг и длиной 5 м лежит на земле. Какую минимальную силу надо приложить, чтобы приподнять краном один из его концов? ($g = 10$ м/с²).

8. Шар, подвешенный на нити (рисунок), движется равномерно по окружности в горизонтальной плоскости. Какое направление имеет вектор равнодействующей всех сил, приложенных к нему?



9. Самолет совершает фигуру высшего пилотажа «мертвая петля». В какой из отмеченных на рисунке точек сила упругости, действующая на пилота со стороны кресла, имеет минимальное (максимальное) значение?



10. Под действием силы 4 Н пружина удлинилась на 0,03 м. Чему равна жесткость пружины?

11. Автомобиль массой 3 т трогается с места и через 5 с развивает скорость 10 м/с. Сила сопротивления движению 1000 Н. Какова сила тяги двигателя?

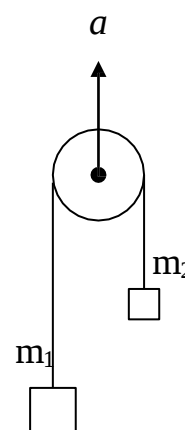
12. Мальчик массой 40 кг, скатившись с горки, проехал, по горизонтальной дороге до остановки путь 20 м за 10 с. Найти силу трения и коэффициент трения? ($g = 10 \text{ м/с}^2$).

13. Найти наименьший радиус дуги для поворота автомашины, движущейся по горизонтальной дороге со скоростью 72 км/ч, если коэффициент скольжения колес о дорогу 0,25? ($g = 10 \text{ м/с}^2$).

14. Какую силу надо приложить для подъема вагонетки массой 700 кг на эстакаде с углом наклона 30° , если коэффициент сопротивления движению равен 0,05? ($g = 10 \text{ м/с}^2$).

15. Автомобиль массой 3 т проходит по выпуклому мосту, имеющему радиус кривизны 40 м, со скоростью 36 км/ч. С какой силой автомобиль давит на мост в его середине?

16. Через блок перекинута нерастяжимая нить, к которой привязаны два тела массами 3 кг и 6 кг. Определите ускорения, с которыми будут двигаться тела, и силу натяжения нити. Массами блока и нити пренебречь.



17. Тело скользит по наклонной плоскости, угол наклона которой к горизонту 30° . 1) Определите ускорение тела, если коэффициент трения 0,2. 2) Найдите угол наклона α_0 , при котором тело не будет скользить по наклонной плоскости.

18. Груз, подвешенный на нити длиной 70 см, двигаясь равномерно, описывает в горизонтальной плоскости окружность. С какой скоростью движется груз, если во время его движения нить образует с вертикалью постоянный угол равный 30° .

19. Горизонтально расположенный диск проигрывателя вращается с частотой 100 об/мин. На него поместили небольшой предмет. Предельное расстояние от предмета до оси вращения, при котором предмет удерживается на диске, равно 10 см. Каков коэффициент трения между предметом и диском?

20. К потолку лифта, движущегося с ускорением $a = 1 \text{ м/с}^2$, подвешен блок (рисунок). Через блок перекинута нерастяжимая нить, к которой привязаны два груза массами $m_1 = 6 \text{ кг}$ и $m_2 = 4 \text{ кг}$. Определите ускорения тел относительно блока.

21. Груз массой 30 кг придавливается к вертикальной стене силой 100 Н . Чему должна быть равна сила тяги, чтобы груз равномерно двигался вертикально вверх? Определите значение минимальной силы, которой можно удержать тело в покое. Коэффициент трения $0,1$. ($g = 10 \text{ м/с}^2$).

22. Тело массой 150 кг равномерно тянут с силой 1500 Н вверх по наклонной плоскости с углом наклона 30° . С каким ускорением тело будет соскальзывать с наклонной плоскости, если его отпустить?

23. Два тела разной массы, связанные нитью, движутся по гладкому горизонтальному столу. Когда сила 100 Н была приложена к правому телу, сила натяжения была равна 30 Н . Какова будет сила натяжения нити, если приложить эту силу к левому телу?

24. Плот массой 2000 кг находится на расстоянии 2 м от берега. Автомобиль массой 1000 кг перемещается от одного края плота к другому. Сможет ли плот пристать к берегу, если длина плота 7 м ?

25. Частица массы m_1 , имеющая скорость V_1 , налетела на покоящуюся частицу массы m_2 и отскочила от нее со скоростью U_1 под прямым углом к направлению первоначального движения. Какова скорость второй частицы?

2.1.3 ЖИДКОСТИ И ГАЗЫ

Основные формулы

2.1.3 Гидростатика. Закон Архимеда.

2.1.3.1 Давление:
$$P = \frac{F_i}{S},$$

где F_i - сила нормального давления; S – площадь опоры.

2.1.3.2 Гидростатическое давление на глубине h : $p = \rho_0 gh$,

с учетом атмосферного давления p_0 : $p = p_0 + \rho_0 gh$,

где ρ_0 - плотность жидкости.

2.1.3.3 Закон сообщающихся сосудов для разнородных жидкостей:

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

2.1.3.4 Формулы для гидропресса: $\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}$, $\frac{S_1}{S_2} = \frac{h_2}{h_1}$, $A = A_1 \left(\frac{F_2}{F_1} - 1 \right)$,

где S_1, S_2 - площади поршней; F_1, F_2 - силы давления на соответствующие поршни.

2.1.3.5 Закон Архимеда: $F_A = \rho_0 gV$,

где F_A - выталкивающая сила, V – объем жидкости (газа), вытесненный телом (объем тела).

2.1.3.6 Подъемная сила шара (аэростат): $F_{\text{пд}} = (\rho_0 - \rho)gV$,

где ρ_0 - плотность воздуха; ρ - плотность газа, заполняющего шар(аэростат).

2.1.3.7 Условие плавания тела: $F_A = P$, где P - вес тела.

2.1.3.8 Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости:

$$S_1 V_1 = S_2 V_2,$$

где S_1, S_2 - площади поперечного сечения трубки тока; V_1, V_2 - скорости жидкости через соответствующие сечения.

2.1.3.9 Уравнение Бернулли для стационарного течения идеальной несжимаемой жидкости через горизонтальную трубку тока:

$$p_1 + \frac{\rho V_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho V_2^2}{2},$$

где p_1, p_2 - статические давления жидкости для определенного сечения трубки;

V_1, V_2 - скорости жидкости для этого сечения; $\frac{\rho V_1^2}{2}, \frac{\rho V_2^2}{2}$ - динамические

давления жидкости для соответствующего сечения трубки.

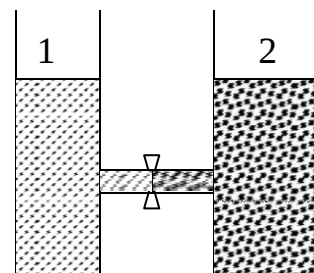
Задания к разделу «Жидкости и газы»

1. Какая физическая величина равна отношению силы, действующей перпендикулярно к поверхности, к площади этой поверхности?

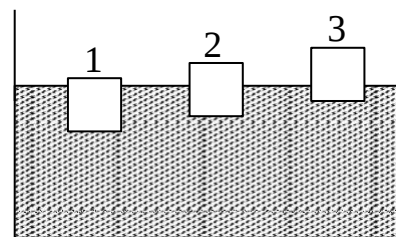
2. К чашкам весов подвешены две гири равного веса: фарфоровая и железная. Нарушится ли равновесие весов, если гири опустить в сосуд с водой? Если нарушится, то какая гиря перетянет и почему?

3. Уровень жидкостей в сосудах одинаковый (рисунок).

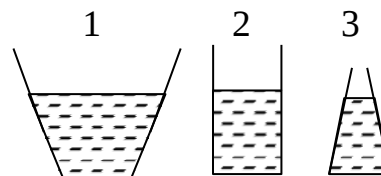
В 1-м налита вода ($\rho_1 = 10^3 \text{ кг/м}^3$), во 2-ом керосин ($\rho_2 = 0,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$). Одинаковы ли давления жидкостей на кран? Если не одинаковы, то в каком сосуде давление больше и почему?



4. На поверхности воды (рисунок) плавают бруски из ели ($\rho_1 = 0,6 \text{ г/см}^3$), пробки ($\rho_2 = 0,24 \text{ г/см}^3$) и льда ($\rho_3 = 0,9 \text{ г/см}^3$). Укажите, какой брусок пробковый?



5. В трех сосудах с одинаковой площадью дна налита вода до одного уровня (рисунок). Одинаково ли давление на дно в этих сосудах?



6. Какое давление на пол оказывает человек массой 70 кг, если площадь подошв 600 см²?

7. В гидрпрессе на малый поршень площадью 10 см² действует сила 110 Н. Какая сила действует на большой поршень площадью 1 м²?

8. Какова архимедова сила, действующая со стороны атмосферного воздуха на человека объемом 60 дм³? Плотность воздуха 1,3 кг/м³.

9. Гирю, подвешенную к динамометру, опускают в воду, пока уровень воды в сосуде не поднимется на 6 см. Показания динамометра при этом изменилось на 0,5 Н. Определите площадь дна сосуда, ($g = 10 \text{ м/с}^2$).

10. Кусок металла весит в воздухе 624 Н, а в воде 544 Н. Определите плотность металла.

11. Скорость течения воды в широкой части горизонтальной водопроводной трубы равна 10 см/с. Какова скорость течения воды в узкой части этой же трубы, диаметр которой в 3 раза меньше?

12. Кусок дерева плавает в воде, погружаясь на $\frac{3}{4}$, своего объема. Найти плотность дерева.

13. Пустотелый медный шар весит в воздухе 17,8 Н, а в воде 14,2 Н. Определите объем полости, если плотность меди $8,9 \text{ г/см}^3$, ($g = 10 \text{ м/с}^2$).

14. В воде с глубины S м поднимают до поверхности камень объемом $0,7 \text{ м}^3$. Плотность камня 2500 кг/м^3 . Найти работу по подъему камня.

15. Льдина плавает, выдаваясь на 50 м^3 над поверхностью воды. Плотность воды 1000 кг/м^3 , льда 900 кг/м^3 . Определите объем всей льдины.

16. Прямоугольная коробочка из жести массой 80 г с площадью дна 40 см^2 и высотой 6 см плавает на поверхности воды. Определите высоту надводной части коробочки.

17. Сплошное однородное тело, будучи погружено в жидкость с плотностью ρ_1 весит P_1 , а в жидкости с плотностью ρ_2 весит P_2 . Определите плотность тела.

18. Полый шар, отлитый из свинца, плавает в воде, погружившись наполовину. Найти объем внутренней полости шара, если его масса 5 кг. Плотность свинца $11,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

19. Воздушный шар массой 2800 кг, объемом 2500 м^3 заполнили водородом. С каким ускорением поднимается шар? Плотность воздуха $1,3 \text{ кг/м}^3$, водорода $0,09 \text{ кг/м}^3$.

20. Определите наименьшую площадь плоской льдины толщиной 50 см, способной удержать человека массой 70 кг. Плотность льда 900 кг/м^3 .

2.2 МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

2.2.1

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Основные формулы

2.2.1.1 Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов:

$$p = \frac{nm_0 \langle v^2 \rangle}{3} = \frac{\rho \langle v^2 \rangle}{3},$$

где $\rho = nm_0$ - плотность газа, p - давление, n - концентрация газа, m - масса молекулы, $\langle v^2 \rangle$ - средняя квадратичная скорость молекулы.

2.2.1.2 Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы идеального газа: $\langle E_K \rangle = \frac{3}{2} kT$,

где T - абсолютная температура, k - постоянная Больцмана.

2.2.1.3 Зависимость давления газа от концентрации и абсолютной температуры: $p = nkT$.

2.2.1.4 Масса молекулы: $m_0 = \frac{M}{N_A}$,

где M - молярная масса, N_A - постоянная Авогадро.

2.2.1.5 Объем молекулы: $V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{\pi d^3}{6}$,

где d - диаметр молекулы, r - радиус молекулы.

2.2.1.6 Концентрация газа: $n = \frac{N}{V}$,

где N - число молекул газа в объеме V .

2.2.1.7 Число молекул в массе m : $N = \frac{mN_A}{M}$.

2.2.1.8 Количество вещества: $\nu = \frac{m}{M}$.

2.2.1.9 Средняя квадратичная скорость:

$$\langle V_{\text{ср}} \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{m}},$$

где R - молярная газовая постоянная.

2.2.1.10 Уравнение состояния идеального газа Клапейрона – Менделеева:

$$pV = \frac{m}{M} RT.$$

2.2.1.11 Уравнение состояния идеального газа Клапейрона:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}, m = \text{const}.$$

2.2.1.12 Изотермический процесс. Закон Бойля – Мариотта:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2, \text{ при } T = \text{const и } m = \text{const}.$$

2.2.1.13 Изобарный процесс. Закон Гей – Люссака:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}, \text{ при } p = \text{const и } m = \text{const}.$$

2.2.1.14 Изохорный процесс. Закон Шарля:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}, \text{ при } V = \text{const и } m = \text{const}.$$

2.2.1.15 Закон Дальтона для смеси газов:

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n,$$

где $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ - парциальное (собственное) давление каждого газа в смеси.

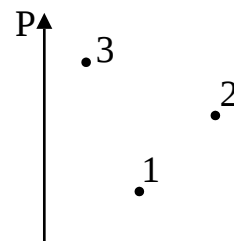
2.2.1.16 Нормальные условия (н. у.): $p_0 = 10^5 \text{ Па}$, $T_0 = 273 \text{ К}$,

$V_0 = 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}$.

Задания к разделу «Молекулярная физика»

1. Определите такое число молекул в 1 м^3 газа, чтобы при температуре 27°C давление газа равнялось бы $4,14 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

2. При какой температуре средняя квадратичная



скорость молекул азота равна 249 м/с?

0

T

3. Каким соотношением связаны между собой объемы трех состояний одной и той же массы идеального газа, обозначенных точками 1, 2 и 3 на диаграмме pT (рисунок)?

4. По газопроводной трубе идет углекислый газ при давлении $4 \cdot 10^3$ Па и температуре 10°C . Какая средняя скорость движения газа в трубе, если за 10 минут протекает 2 кг углекислого газа и площадь сечения канала трубы 5 м^2 . $M = 44 \text{ кг/кмоль}$.

5. В баллоне объемом 10 л находится гелий ($M = 4 \text{ кг/кмоль}$) под давлением 1 МПа и температуре 300 К. После того как из баллона было взято 15 г гелия, температура в баллоне понизилась до 290 К. Определите давление гелия, оставшегося в баллоне.

2.2.2 ТЕРМОДИНАМИКА

Основные формулы

2.2.2.1 Первый закон термодинамики: $Q = \Delta U + A$, $\Delta U = Q + A'$,

где Q - количество теплоты, сообщенное системе, ΔU - изменение внутренней энергии системы, A - работа совершаемая системой, A' - работа совершаемая над системой.

2.2.2.2 Изохорный процесс: $V = \text{const}$, $A = 0$, $Q_V = \Delta U = c_V m \Delta T$,

где c_V - удельная теплоемкость газа при постоянном объеме.

2.2.2.3 Изобарный процесс: $p = \text{const}$, $Q_P = \Delta U + A$,

$$A = p(V_2 - V_1) = p \Delta V, \quad A = \frac{m}{M} R \Delta T, \quad Q_P = c_P m \Delta T,$$

где c_P - удельная теплоемкость газа при постоянном объеме.

2.2.2.4 Изотермический процесс: $T = \text{const}$, $\Delta U = 0$, $Q_T = A$.

2.2.2.5 Адиабатный процесс: $Q_{\text{ад}} = 0$, $A = -\Delta U$.

2.2.2.6 Внутренняя энергия идеального одноатомного газа:

$$U = \frac{2}{3} \frac{m}{M} RT, \quad U = \frac{2}{3} pV.$$

2.2.2.7 Изменение внутренней энергии идеального одноатомного газа:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \Delta T; \quad \Delta U = \frac{3}{2} p \Delta V.$$

2.2.2.8 Уравнение теплового баланса: $Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$.

2.2.2.9 Энергия нагревания: $Q = cm(t_2 - t_1) > 0$,

охлаждения: $Q = cm(t_2 - t_1) < 0$,

2.2.2.10 Энергия плавления: $Q = \lambda m$,

кристаллизации: $Q = -\lambda m$, где λ - удельная теплота плавления.

2.2.2.11 Энергия парообразования: $Q = rm$,

конденсации: $Q = -rm$, где r - удельная теплота парообразования.

2.2.2.12 Теплоемкость: $C = cm$, где c - удельная теплоемкость.

2.2.2.13 Энергия сгорания топлива: $Q = qm$,

где q - удельная теплота сгорания.

$$2.2.2.14 \text{ КПД теплового двигателя: } \eta = \frac{A}{Q}; \quad \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

Q_1 - энергия нагревателя; Q_2 - энергия, переданная холодильнику.

$$2.2.2.15 \text{ КПД идеального теплового двигателя: } \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

где T_1 - абсолютная температура нагревателя; T_2 - абсолютная температура холодильника.

Задания к разделу «Термодинамика»

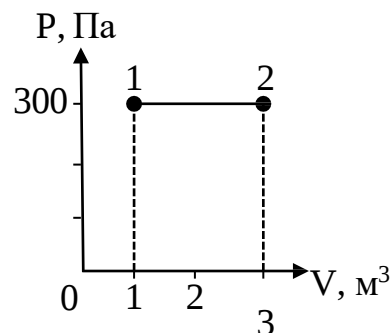
1. Как называется процесс, при котором идеальному газу передается количество теплоты таким образом, что в любой момент количество переданной теплоты равно работе, совершенной газом?

2. Как называется процесс превращения жидкости в пар? Обратный процесс?

3. Что называется удельной теплотой парообразования?

4. Чему равна работа газа при переходе из состояния 1 в состояния 2. (рисунок)?

5. Что происходит с температурой плавления (кристаллизации) кристаллического тела?



6. Какую работу совершают 320 г кислорода ($M = 32$ кг/кмоль) при изобарном нагревании на 10 K?

7. Вычислите изменение внутренней энергии газа, если ему передано количество теплоты 200 Дж и внешние силы совершили над ним работу 700 Дж.

8. Какова внутренняя энергия гелия, заполняющего аэростат объемом 50 м³ при давлении 100 кПа?

9. Газу передано количество теплоты 200 Дж, и внешние силы совершили над ним работу 400 Дж. Чему равно изменение внутренней энергии газа?

10. Тепловая машина за один цикл получает от нагревателя количество теплоты 10 Дж и отдает холодильнику 3 Дж. Каков КПД машины?

11. Температура воздуха в комнате объемом 80 м³ была 280 K. После того как протопили печь, температура поднялась до 296 K. Найти работу воздуха при расширении, если давление постоянно и равно 100 кПа.

12. Во сколько раз количество теплоты, которое идет на нагревание газа при постоянном давлении, больше работы, совершаемой газом при расширении?

Удельная теплоемкость газа при постоянном давлении $\tilde{n}_p$, молярная масса M ?

13. При уменьшении объема одноатомного газа в 3,6 раза его давление увеличилось на 30 %. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия?

14. В вертикально расположенном цилиндре с площадью основания 3 дм² под поршнем массой 30 кг, скользящим без трения, находится воздух. При изобарном нагревании воздуха поршень поднялся на 10 см. Какую работу совершил воздух, если наружное давление равно 100 кПа?

15. Вода падает с высоты 1000 м. На сколько повысится температура воды, если на ее нагревание затрачивается 60% работы силы тяжести? ($\tilde{n} = 4,19 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$).

16. При трении двух тел, теплоемкости которых по 900 Дж/К, температура повысилась через одну минуту на 30 К. Найти среднюю мощность при трении.

17. Паровой молот массой 10 т падает с высоты 2 м на железную болванку ($\tilde{n} = 460 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$) массой 320 кг. Сколько раз он должен упасть, чтобы температура болванки повысилась на 50°C? На нагревание болванки идет 50% энергии, полученной при ударе.

18. Санки массой 200 кг равномерно движутся по горизонтальному пути в 1 км. Температура снега 0°C, коэффициент трения 0,035. Сколько снега расплавится ($\lambda = 330 \text{ кДж/кг}$), если все количество теплоты от трения идет на плавление?

19. С какой наименьшей скоростью должна лететь свинцовая дробинка, чтобы при ударе о препятствие она расплавилась ($t_{\text{пл}} = 327^\circ\text{C}$). Считать что 80% кинетической энергии превратилось во внутреннюю энергии дробинки, а температура дробинки до удара была 127°C. Удельная теплота плавления свинца 25 кДж/кг.

20. В вертикальном цилиндре под тяжелым поршнем находится кислород ($M = 32 \text{ кг/кмоль}$) массой 3 кг. Для повышения температуры газа на 4°C ему было сообщено количество теплоты 9160 Дж. Найдите работу, совершаемую кислородом при расширении, и увеличение его внутренней энергии.

21. Свинцовая ($\tilde{n} = 130 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$) пуля массой 9 г, летящая горизонтально со скоростью 100 м/с, попадает в деревянный брусок массой 1 кг, подвешенный на длинной нити. На сколько градусов нагрелась пуля, если 70% выделившейся при ударе теплоты пошло на ее нагревание.

22. В идеальной тепловой машине за счет каждого килоджоуля энергии, получаемой от нагревателя, совершается работа 300 Дж. Определите КПД машины и температуру нагревателя, если температура холодильника 290 К.

23. На сколько изменилась внутренняя энергия одноатомного газа, количество вещества которого 30 моль, при его изобарном нагревании на 100 К? Какую работу совершил при этом газ и какое количество теплоты ему было сообщено?

24. В калориметр, содержащий 330 г воды при 8°C, влили 400 г расплавленного олова при температуре затвердевания ($t = 232^\circ\text{C}$), после чего в калориметре, теплоемкость которого 100 Дж/К, установилась температура 32°C. Определите значение удельной теплоты плавления олова.

25. Свинцовая пуля, летящая со скоростью 430 м/с, пробивает стену и летит дальше со скоростью 200 м/с. Какая часть массы пули расплавится ($t_{\text{пл}} = 327^\circ\text{C}$)? Начальная температура пули 70°C, на нагревание затрачивается 60% ее кинетической энергии.

2.3 ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

2.3.1 ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Основные формулы

2.3.1.1 Закон Кулона: $F = \frac{kq_1q_2}{\epsilon r^2}$, $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$,

0

где k - коэффициент пропорциональности, ϵ - диэлектрическая проницаемость среды, ϵ_0 - электрическая постоянная.

2.3.1.2 Закон сохранения электрического заряда:

$$\sum_{i=1}^n q_i = \text{const}, \quad q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const}.$$

2.3.1.3 Напряженность электрического поля в данной точке: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$,

где q_0 - положительный (пробный) заряд.

→ n → — 2.3.1.4 Принцип

суперпозиций полей: $E = \sum_{i=1} E_i,$

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n .$$

2.3.1.5 Поверхностная плотность заряда: $\sigma = \frac{q}{S}$.

2.3.1.6 Напряженность электрического поля, создаваемого бесконечной, равномерно заряженной плоскостью: $E = \frac{|\sigma|}{2\varepsilon_0\varepsilon}$,

двумя плоскостями: $E = \frac{|\sigma|}{\varepsilon_0\varepsilon}$.

2.3.1.7 Напряженность электрического поля, создаваемого металлической заряженной сферой радиуса R на расстоянии $r \geq R$ от центра сферы:

$$E = \frac{kq}{\varepsilon r^2},$$

где q - заряд сферы. Внутри сферы ($r < R$) $E = 0$.

2.3.1.8 Напряженность поля точечного заряда q на расстоянии r от него:

$$E = \frac{kq}{\varepsilon r^2}$$

2.3.1.9 Работа перемещения заряда q в однородном электрическом поле:

$$A = Fd = qEd,$$

где d - перемещение заряда вдоль силовой линии.

2.3.1.10 Потенциал электрического поля в данной точке:

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

где W - потенциальная энергия пробного заряда q_0 в данной точке.

2.3.1.11 Потенциал электрического поля точечного заряда q на расстоянии r от него: $\varphi = \frac{kq}{\varepsilon r}$.

2.3.1.12 Потенциальная энергия системы двух точечных зарядов, удаленных на расстояние r друг от друга: $W = \frac{kq_1q_2}{\varepsilon r}$.

2.3.1.13 Потенциал электрического поля, создаваемого металлической заряженной сферой радиуса R на расстоянии $r \geq R$ от центра сферы:

$$\varphi = \frac{kq}{\varepsilon r},$$

где q - заряд сферы. Внутри сферы потенциал во всех точках такой же, как на поверхности сферы ($r = R$).

2.3.1.14 Потенциал поля, созданного несколькими точечными зарядами:

$$\varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i, \quad \varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n,$$

где $\varphi_i > 0$ при $q_i > 0$, $\varphi_i < 0$ при $q_i < 0$.

2.3.1.15 Работа перемещения заряда q_0 в однородном электрическом поле между двумя точками с потенциалами φ_1 и φ_2 :

$$A = W_1 - W_2 = q_0(\varphi_1 - \varphi_2) = q_0 U,$$

где $\varphi_1 - \varphi_2 = U$ - разность потенциалов (напряжение) между этими точками.

$$A = \frac{kq_0 q}{\varepsilon} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = \frac{kq_0 q \Delta r}{\varepsilon r_1 r_2},$$

где q - заряд, образующий поле.

2.3.1.16 Формула связи разности потенциалов с напряженностью для однородного ($\vec{E} = \text{const}$) электрического поля:

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = \frac{U}{d},$$

где d - расстояние между эквипотенциальными поверхностями с потенциалами φ_1 и φ_2 .

2.3.1.17 Емкость уединенного проводника: $C = \frac{q}{\varphi}$.

2.3.1.18 Емкость металлического шара радиусом R : $C = 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R$.

2.3.1.19 Емкость конденсатора: $C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{U}$.

2.3.1.20 Емкость плоского конденсатора: $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$,

где S - площадь пластин конденсатора, d - расстояние между пластинами.

2.3.1.21 Емкость батареи конденсаторов при параллельном соединении:

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n;$$

заряд батареи: $q = q_1 + q_2 + \dots + q_n$;

напряжение батареи: $U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$.

2.3.1.22 Емкость батареи конденсаторов при последовательном соединении:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n};$$

заряд батареи: $q = q_1 = q_2 = \dots = q_n$;

напряжение батареи: $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$.

2.3.1.23 Энергия поля уединенного заряженного тела:

$$W = \frac{q\varphi}{2} = \frac{C\varphi^2}{2} = \frac{q^2}{2C}.$$

2.3.1.24 Энергия поля заряженного конденсатора:

$$W = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2 Sd}{2}.$$

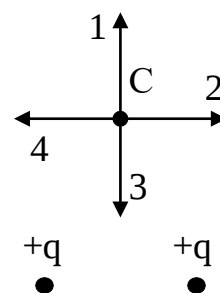
Задания к разделу «Электростатика»

1. Нейтральная водяная капля разделилась на две капли. Первая из них обладает электрическим зарядом $+q$. Каким зарядом обладает вторая капля?

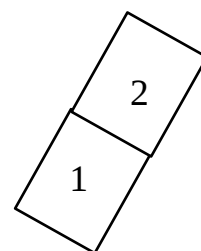
2. Как изменится сила электростатического взаимодействия двух точечных электрических зарядов при перенесении их из вакуума в среду с диэлектрической проницаемостью ϵ , если расстояние между зарядами остается неизменным?

3. Какое электрическое поле называется однородным?

4. Какое направление имеет вектор кулоновской силы, действующей на отрицательный точечный заряд, помещенный в точку $\tilde{N}$ (рисунок).



5. Незаряженное тело из диэлектрика внесено в электрическое поле положительного заряда $+q$ (рисунок), а затем разделено на части 1 и 2, как это представлено на рисунке. Какие



электрическими зарядами обладают части тела 1 и 2 после разделения?

6. При перемещении электрического заряда между точками с разностью потенциалов 10 В силы, действующие на заряд со стороны электрического поля, совершили работу 4 Дж. Чему равен заряд?

7. Чему равно напряжение между пластинами конденсатора емкостью 3 Ф, если электрический заряд на одной пластине конденсатора равен +3 Кл, а на другой -3 Кл?

8. Диэлектрическая проницаемость воды равна 81. Как нужно изменить расстояние между двумя точечными зарядами, чтобы при погружении их в воду сила взаимодействия между ними была такой же, как первоначально в вакууме?

9. Определите модуль напряженности электрического поля, если на точечный заряд 10^{-10} Кл, помещенный в некоторую точку поля, действует сила $2 \cdot 10^8$ Н.

10. Во сколько раз изменится емкость конденсатора при уменьшении рабочей площади пластин в 2 раза и уменьшении расстояния между ними в 3 раза?

11. Пластины плоского конденсатора имеют электрические заряды $+q$ и $-q$, площадь одной пластины S , расстояние между пластинами d . Какую работу нужно совершить, чтоб раздвинуть пластины на небольшое расстояние Δd ?

12. К заряженному изолированному конденсатору подключен параллельно второй такой же, но незаряженный конденсатор. Энергия электрического поля первого конденсатора до соединения со вторым была равна 5 Дж. Какова энергия электрического поля второго конденсатора после его соединения с первым?

13. К заряженному изолированному конденсатору, энергия электрического поля которого равна W , подключили параллельно второй такой же, но незаряженный конденсатор. Какова общая энергия электрического поля конденсаторов?

14. Потенциал электрического поля на поверхности металлической заряженной сферы радиусом 20 см равен 4 В. Каковы значения потенциала

(напряженности) электрического поля на расстоянии 10 см от центра сферы и на расстоянии 40 см от центра сферы?

15. Два одинаковых металлических шарика заряжены так, что заряд одного из них в 3 раз больше заряда другого. Шарика привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние. Во сколько раз изменилась (по модулю) сила взаимодействия, если шарика были заряжены одноименно?

16. Шарик массой 100 мг, подвешенный на непроводящей нити, имеет заряд 10 нКл. На расстоянии 30 см от него снизу помещают второй маленький шарик. Каким должен быть по величине и знаку заряд, чтобы натяжение нити увеличилось в 2 раза?

17. Два заряда 30 нКл и 160 нКл помещены на расстоянии 7 см друг от друга. Определите напряженность поля в точке, удаленной от первого заряда на 3 см и от второго на 4 см.

18. Шар радиусом 10 см имел положительный электрический заряд $12q$, два других таких же шара были не заряжены. Вторым, незаряженным, шаром коснулись сначала заряженного шара, затем третьего незаряженного шара. Затем операцию повторили коснувшись вновь вторым шаром первого, а затем третьего шара. Какой заряд получил третий шар после этих двух операций?

19. Какой должна быть напряженность однородного поля в вакууме, чтобы находящийся в нем покоящийся электрон получил ускорение $3 \cdot 10^{12} \text{ м/с}^2$ в горизонтальном направлении? Через сколько времени электрон приобретет скорость 5 Мм/с?

20. Сколько избыточных электронов должно быть на пылинке массой $1 \cdot 10^8$ г, помещенной в поле плоского конденсатора, чтобы она находилась в равновесии? Напряжение на пластинах 500 В, расстояние между ними 0,6 см.

21. Заряженный до потенциала 300 В шар радиуса 10 см соединяют с незаряженным шаром длинной тонкой проволокой. После соединения потенциал шара оказался равным 100 В. Каков радиус второго шара?

22. Два маленьких шарика одинакового радиуса и массы подвешены в воздухе на нитях равной длины в одной точке. После того как шарикам сообщили

заряды по 300 нКл, нити разошлись на угол 60° . Найти массу шарика, если расстояние от точки подвеса до центра шарика 10 см.

23. Электрон, двигавшийся со скоростью 6 Мм/с, влетает в параллельное его движению электрическое поле напряженностью 1 кВ/м. Какое расстояние пройдет электрон в этом поле до момента остановки и сколько времени ему на это потребуется?

24. Металлический шар радиуса R укреплен на изолирующей подставке и имеет заряд q . Каким станет потенциал этого шара, если его окружить заземленной сферической радиусом r ?

25. Проводник емкостью $\tilde{N}_1$ заряжен до потенциала ϕ_1 , а проводник емкостью $\tilde{N}_2$ - до потенциала ϕ_2 . Проводники удалены на очень большое расстояние друг от друга. Каким будет потенциал этих проводников, если соединить их проволокой.

2.3.2 ПОСТОЯННЫЙ ТОК

Основные формулы

2.3.2.1 Сила электрического тока: $I = \frac{q}{t}$.

2.3.2.2 Плотность тока: $j = \frac{I}{S}$, $j = nev$,

где n - концентрация заряженных частиц в потоке, e - элементарный заряд частицы, v - скорость частицы.

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

2.3.2.4 Сопротивление однородного проводника длиной l , сечением S :

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

где ρ - удельное сопротивление материала проводника.

2.3.2.5 Температурная зависимость сопротивления проводника:

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

где R - сопротивление при температуре t , R_0 - при температуре 0°C ,
 α - температурный коэффициент сопротивления.

2.3.2.6 Законы последовательного соединения проводников:

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n; \quad U = U_1 + U_2 + \dots + U_n; \quad R = R_1 + R_2 + \dots + R_n.$$

Расчет дополнительного сопротивления: $R_a = R_v (n-1), \quad n = \frac{U}{U_v}.$

где R_v - внутреннее сопротивление вольтметра, U - напряжение в цепи,
 U_v - напряжение на вольтметре.

2.3.2.7 Законы параллельного соединения проводников:

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n; \quad I = I_1 + I_2 + \dots + I_n; \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}.$$

При параллельном соединении n проводников с одинаковым
 сопротивлением R_0 : $R = \frac{R_0}{n}.$

Расчет шунта: $R_{\text{ш}} = \frac{R_a}{n-1}, \quad n = \frac{I}{I_a},$

a

где I - ток в цепи, I_a - ток амперметра.

2.3.2.8 Закон Ома для замкнутой цепи: $I = \frac{E}{R + r},$

где E - э.д.с. источника, r - его внутреннее сопротивление, R - внешнее
 сопротивление цепи.

Короткое замыкание ($R = 0$): $I_{\text{э.с.}} = \frac{E}{r}; \quad U = 0.$

2.3.2.9 Напряжение на зажимах источника (падение напряжения на внешнем
 сопротивлении): $U = IR = E - Ir, \quad U = \frac{ER}{R + r}.$

Цепь разомкнута ($R = \infty$): $I = 0; \quad U = E.$

2.3.2.10 Закон Ома для замкнутой цепи при последовательном соединении

n Одинаковых источников:
$$I = \frac{nE}{R + nr}$$

2.3.2.11 Закон Ома для замкнутой цепи при параллельном соединении n

одинаковых источников:
$$I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}$$

2.3.2.12 Работа тока:
$$A = qU = IUt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t.$$

2.3.2.13 Мощность тока:
$$P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}.$$

2.3.2.14 Полная мощность, развиваемая источником тока:

$$P_0 = IE = I^2 (R + r) = \frac{E^2}{R + r}.$$

Мощность, выделяемая на внешнем сопротивлении:

$$P = IU = \frac{U^2}{R} = IE - I^2 r = \frac{E^2 R}{(R + r)^2}.$$

Максимальная мощность, выделяемая на внешнем сопротивлении:

$$P_{\max} = \frac{E^2}{4r}, \quad \text{при } R = r.$$

2.3.2.15 К.П.Д. источника тока:
$$\eta = \frac{P}{P_0} = \frac{U}{E} = \frac{R}{R + r}.$$

2.3.2.16 Закон Джоуля-Ленца:
$$Q = I^2 R t = IUt = \frac{U^2}{R} t.$$

2.3.2.17 Закон электролиза Фарадея:
$$m = \frac{M}{nF} q = kq = kIt, \quad F = N_A e,$$

где n - валентность вещества, M - молярная масса, k - электрохимический эквивалент вещества, F - постоянная Фарадея, N_A - постоянная Авогадро, e - заряд электрона.

Задания к разделу «Постоянный ток»

1. Какой заряд пройдет через поперечное сечение проводника за 1 мин. при силе тока в цепи 0,2 А?

2. Обмотка реостата сопротивлением 100 Ом выполнена из никелиновой ($\rho = 42 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$) проволоки с площадью поперечного сечения 1 мм². Какова длина проволоки?

3. Какими носителями электрического заряда создается электрический ток в металлах? Электролитах?

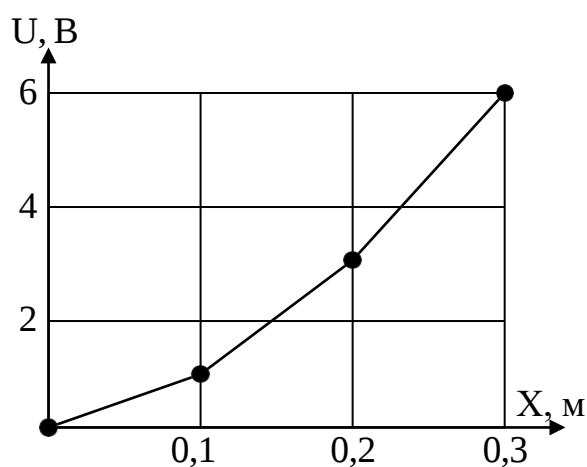
4. Какое минимальное по абсолютному значению количество электричества может быть перенесено электрическим током в вакууме?

5. Сколько энергии израсходовала электрическая лампа накаливания при постоянном напряжении 12 В, если по ней протекло 700 Кл электричества?

6. Конденсатор емкостью 100 мкФ заряжается до напряжения 600 В за 0,3 с. Каково среднее значение силы зарядного тока?

7. Сколько электронов проходит через поперечное сечение проводника за 1 с при силе тока 32 мкА?

8. На рисунке, приведен график падения напряжения на трех последовательно соединенных проводниках одинаковой длины. Каково соотношение сопротивлений этих проводников?

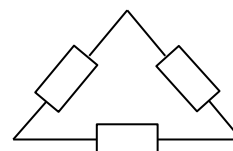


9. Найти силу тока в стальном

($\rho = 12 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$) проводнике длиной 10 м и сечением 3 мм², на который подано напряжение 12 мВ.

10. Во сколько раз изменится сопротивление проводника (без изоляции), если его свернуть пополам и скрутить?

11. Три сопротивления $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$, $R_3 = 30 \text{ Ом}$ соединены, как показано на рисунке.



A

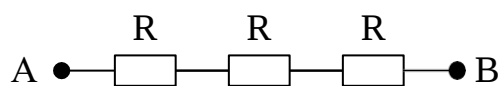
B

Определите сопротивление такого соединения, если его подключить в цепь точками A и B .

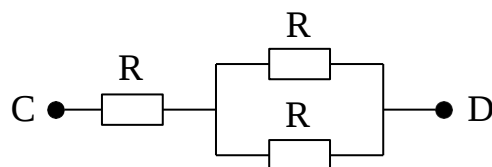
12. При измерении напряжения на выходе источника постоянного тока без нагрузки показание вольтметра 10 В , при подключении к источнику резистора сопротивлением 600 Ом сила тока в цепи равна 10 мА . Каково внутреннее сопротивление источника тока? Внутреннее сопротивление вольтметра можно считать очень большим по сравнению с внутренним сопротивлением источника тока.

13. Во сколько раз сила тока в момент включения лампы с вольфрамовой ($\alpha = 0,0048\text{ К}^{-1}$) нитью больше силы тока в рабочем состоянии, если температура накала 2400°С ?

14. Три одинаковых сопротивления соединены двумя различными способами, как показано на рисунке. Во сколько раз



сопротивление участка AB больше сопротивления участка CD ?



15. Два сопротивления $R_1 = 3R_0$ и $R_2 = 2R_0$ подключены параллельно к источнику постоянного напряжения. На каком из сопротивлений выделяется большая мощность и во сколько раз?

16. В конце двухпроводной линии из медного ($\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}\text{ Ом}\cdot\text{м}$) провода сечением 3 мм^2 и общей длиной 100 м включена нагрузка, потребляющая ток в 12 А . Каково напряжение у потребителя, если в начале линии напряжение поддерживается 220 В ? Какова потеря мощности в проводах?

17. Вычислите ЭДС и внутреннее сопротивление элемента, если два таких элемента дают на внешнее сопротивление 4 Ом при последовательном соединении силу тока $0,5\text{ А}$ и при параллельном соединении $0,4\text{ А}$.

18. Батарея, замкнутая на сопротивление 3 Ом , дает ток $1,6\text{ А}$. Та же батарея, замкнутая на сопротивление 1 Ом , дает ток 2 А . Найти потери мощности внутри батареи и КПД батареи в обоих случаях.

19. К алюминиевой ($\rho = 2,8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$) проволоке массой 6 кг подведено напряжение 6 В. Какое поперечное сечение имеет проволока, если плотность тока в ней $0,3 \text{ А/мм}^2$? Плотность алюминия $2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

20. При никелировании ($\rho = 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$) пользуются током, плотность которого равна $0,1 \text{ А/дм}^2$. Сколько времени потребуется для отложения слоя никеля ($k = 0,3 \cdot 10^{-6} \text{ кг/Кл}$) толщиной 0,03 мм?

21. Трамвай массой 23 т движется со скоростью 36 км/ч по горизонтальному пути. Коэффициент трения 0,01, напряжение в линии 500 В, КПД двигателя и передачи 80 %. Определить силу тока, проходящего через двигатель.

22. Какой длины надо взять никелиновую ($\rho = 42 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$) проволоку сечением $0,84 \text{ мм}^2$, чтобы изготовить нагреватель на 220 В, при помощи которого можно было бы нагреть 3 кг воды от 20°C до кипения за 10 мин при КПД 80%?

23. Электрокипятильник со спиралью сопротивлением 200 Ом поместили в сосуд, содержащий 0,5 кг воды при 20°C , и включили в сеть напряжением 220 В. Через 20 мин спираль выключили. Какое количество воды выкипело ($r = 2,3 \text{ МДж/кг}$), если КПД спирали 80%? $c = 4200 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$.

24. Определить ток короткого замыкания для батареи, если при токе нагрузки 5 А она отдает во внешнюю цепь мощность 10 Вт, а при токе нагрузки в 8 А - мощность 15 Вт.

25. Электроплитка мощностью 1,5 кВт, рассчитанная на напряжение 120 В, подключена в сеть напряжением 127 В. Сопротивление подводящих проводов 4,0 Ом. Какая мощность выделяется плиткой? Параллельно к плитке подключили вторую такую же. Какая мощность выделяется двумя плитками?

2.3.3 ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Основные формулы

2.3.3.1 Закон Ампера: $F_A = IlB\sin\alpha$,

где F_A - сила, действующая на проводник с током в магнитном поле; I - ток в проводнике; l - длина проводника; B - индукция магнитного поля; α - угол между направлением магнитного поля и направлением тока.

2.3.3.2 Сила Лоренца: $F_{\vec{E}} = qVB \sin \alpha$,

где $F_{\vec{E}}$ - сила, действующая на заряженную частицу, движущуюся в магнитном поле; q - заряд частицы; V - скорость частицы; B - индукция магнитного поля; α - угол между векторами $\vec{V}$ и $\vec{B}$.

2.3.3.3 Вращающий момент пары сил поля:

$$M = ISB \sin \varphi,$$

где S - площадь витка; J - сила тока в витке; B - индукция магнитного поля; φ - угол между векторами $\vec{B}$ и нормалью $\vec{n}$ к плоскости витка.

2.3.3.4 Поток вектора индукции однородного магнитного поля через плоскую поверхность: $\Phi = BS \cos \alpha$, $\Phi = BS \sin \beta$,

где S - площадь поверхности; B - индукция магнитного поля; α - угол между вектором $\vec{B}$ и нормалью $\vec{n}$ к поверхности S ; β - угол между вектором B и поверхностью S .

2.3.3.5 Полный магнитный поток, связанный с катушкой площадью S , имеющей n витков (потокосцепление): $\Phi_c = n\Phi$.

2.3.3.6 При движении проводника (или контура) с током I в однородном магнитном поле силы поля совершают работу над проводником (контуром):

$$A = I \Delta \Phi,$$

где $\Delta \Phi$ - изменение магнитного потока, пронизывающего поверхность, описанную проводником при плоскопараллельном перемещении (изменение магнитного потока через контур).

2.3.3.7 Закон электромагнитной индукции: $E_i = -n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$,

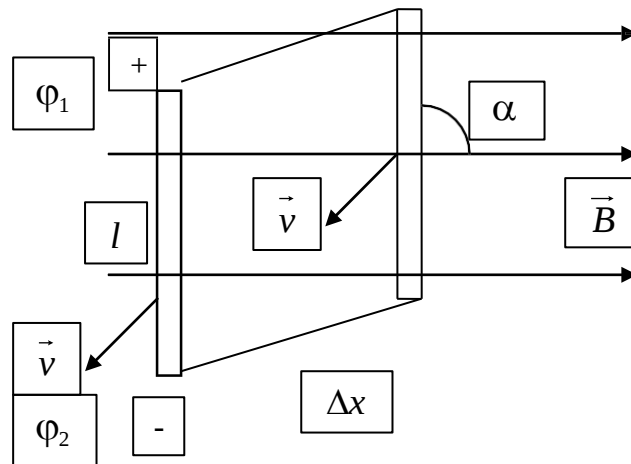
где $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ - скорость изменения магнитного потока; E_i - ЭДС индукции.

2.3.3.8 Количество электричества, индуцированного в контуре сопротивлением R при изменении магнитного потока на $\Delta\Phi$: $\Delta q = \frac{\Delta\Phi}{R}$.

2.3.3.9 ЭДС индукции на концах проводника, движущегося в магнитном поле:

$$E_i = -Bv l \sin \alpha ,$$

$$E_i = \Phi_1 - \Phi_2 ,$$



где B - индукция магнитного поля; Δx - перемещение проводника за время Δt ; v - скорость перемещения; ΔS - площадь, очерченная проводником длиной l ; α - угол между проводником и вектором $\vec{B}$.

2.3.3.10 Потокосцепление через контур: $\Phi_{\vec{n}} = LI$,

где L - индуктивность контура; I - сила тока.

2.3.3.11 ЭДС самоиндукции: $E_c = - \frac{\Delta\Phi_c}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$,

где $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ - скорость изменения тока.

2.3.3.12 Энергия магнитного поля соленоида: $W = \frac{LI^2}{2}$,

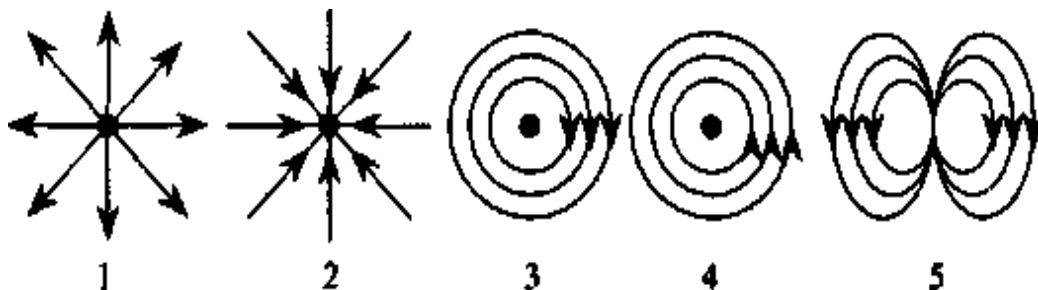
где L - индуктивность соленоида.

Задания к разделу «Электromагнетизм»

1. В формуле для вычисления силы Лоренца, действующей на движущийся электрический заряд, $F = qBV \sin \alpha$, что обозначено буквами B и α ?

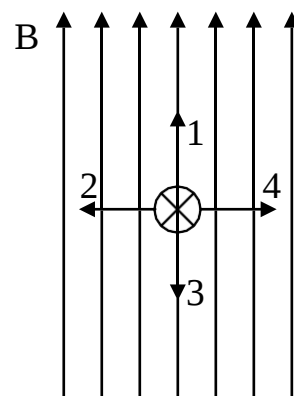
2. Для определения направления вектора силы, действующей на проводник с током, ладонь была направлена так, что линии индукции магнитного поля входили в нее перпендикулярно, а четыре пальца раскрытой ладони были расположены по направлению тока. Какая рука используется при этом и каково направление вектора силы?

3. Электрический ток в прямолинейном проводнике направлен перпендикулярно плоскости (рисунок) и выходит из него снизу. Какое расположение и направление имеют линии магнитной индукции?



4. Чем объясняется взаимное отталкивание двух параллельных проводников, по которым протекают постоянные электрические токи в противоположных направлениях?

5. На рисунке представлено расположение проводника с током в магнитном поле. Какое из указанных на рисунке направлений имеет вектор силы, действующей на проводник с током со стороны магнитного поля, если ток в проводнике направлен от наблюдателя и входит перпендикулярно в плоскость рисунка?

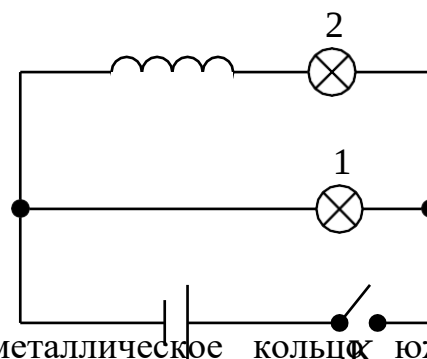


6. В катушке с индуктивностью 6 Гн сила тока равна 3 А. Чему будет равна сила тока в этой катушке, если энергия магнитного поля уменьшится в 3 раза?

7. Чему равна энергия магнитного поля катушки с индуктивностью 4 Гн при силе тока в ней 1,8 А?

8. В однородном магнитном поле с индукцией 0,3 Тл находится прямой проводник длиной 10 см, концы которого подключены гибким проводом, находящимся вне поля, к источнику тока. Определите силу тока в проводнике, если при расположении его перпендикулярно полю сила тяжести проводника 0,4 Н уравнивается силой Ампера.

9. На рисунке представлена электрическая схема из источника тока, катушки и двух ламп. В каком направлении будет протекать электрический ток через лампы 1 и 2 через малый интервал времени после размыкания ключа К?



10. Постоянный магнит вдвигается в металлическое кольцо южным полюсом. Притягивается кольцо к магниту или отталкивается от него? Какое направление имеет индукционный ток в кольце, если смотреть со стороны вдвигаемого магнита?

11. За 6 мс в соленоиде, содержащем 400 витков провода, магнитный поток равномерно убывает от 9 до 7 мВб. Найти ЭДС индукции в соленоиде.

12. Частица с электрическим зарядом $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл движется в однородном магнитном поле с индукцией 3 Тл со скоростью 200000 км/с, вектор скорости направлен под углом 30° к вектору индукции. С какой силой магнитное поле действует на частицу?

13. Самолет летит горизонтально со скоростью 900 км/ч. Чему равна разность потенциалов, возникающая на концах крыльев, если вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли $5 \cdot 10^{-5}$ Тл? Размах крыльев 30 м. Чему равна максимальная ЭДС, которая может возникнуть при полете самолета? Горизонтальная составляющая поля Земли $2 \cdot 10^{-5}$ Тл.

14. Имеет место наложение двух однородных магнитных полей с магнитными индукциями соответственно 0,1 Тл и 0,3 Тл друг на друга так, что

силовые линии полей взаимно перпендикулярны. Определите модуль магнитной индукции для результирующего поля.

15. По горизонтально расположенному проводнику длиной 30 см и массой 6 г течет ток 10 А. Найти индукцию (модуль и направление) магнитного поля, в которое надо поместить проводник, чтобы сила тяжести уравнивалась силой Ампера.

16. Прямой проводник длиной 0,3 м и массой 7 г подвешен горизонтально на двух невесомых нитях в однородном магнитном поле перпендикулярно линиям вектора B . Индукция магнитного поля 60 мТл. Какой минимальной силы ток надо пропустить по проводнику, чтобы одна из нитей разорвалась, если нить разрывается при воздействии на нее силы 40 мН?

17. В однородном магнитном поле индукцией 3 Тл находится прямой проводник длиной 10 см. Концы проводника замкнуты гибким проводом, находящимся вне поля. Сопротивление всей цепи 0,1 Ом. Какую силу нужно приложить к проводнику, чтобы перемещать его перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью 3 м/с?

18. Протон ($m = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг, $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл) описал окружность радиуса 6 см в однородном магнитном поле с индукцией 30 мТл. Определить скорость и период вращения протона. Чему равна работа силы, действующей на частицу?

19. Протон влетает в однородное магнитное поле с индукцией $3 \cdot 10^{-5}$ Тл перпендикулярно линиям индукции магнитного поля. Сколько оборотов будет делать в магнитном поле протон за 1 с?

20. Квадратная рамка со стороной 10 см помещена в однородное магнитное поле так, что угол между нормалью $\vec{n}$ плоскости рамки и линиям вектора B индукции магнитного поля равен 60° . Найти индукцию магнитного поля, если при его выключении в течение времени 0,01 с в рамке индуцируется ЭДС индукции 50 мВ.

21. Кусок провода длиной l складывается вдвое, и его концы замыкаются. Затем провод растягивается в квадрат так, что плоскость квадрата перпендикулярна горизонтальной составляющей индукции магнитного поля

Земли B . Какое количество электричества пройдет через контур, если его сопротивление R ?

22. Замкнутая катушка диаметром D помещена в однородное магнитное поле с индукцией B . Плоскость катушки перпендикулярна к линиям индукции поля. Какой заряд протечет по цепи катушки, если ее повернуть на 90° ? Проволока, из которой намотана катушка, имеет сечение S , удельное сопротивление ρ . Число витков в катушке n .

23. Однородное магнитное поле с индукцией B перпендикулярно к плоскости медного кольца, имеющего диаметр D и толщину d . С какой скоростью должна изменяться во времени индукция, чтобы индукционный ток в кольце был I ?

24. Чтобы определить индукцию магнитного поля в зазоре между полюсами электромагнита, в него поместили рамку площадью 4 см^2 , несущую 100 витков тонкого провода, присоединенную к баллистическому гальванометру с сопротивлением 100 Ом и постоянной $2 \cdot 10^{-5} \text{ Кл/дел}$. Когда рамку выдернули из поля, стрелка гальванометра отклонилась на 20 делений. Чему равна индукция поля?

25. Стержень длиной 30 см лежит перпендикулярно рельсам, расстояние между которыми равно его длине. Рельсы составляют с горизонтом угол 30° . Какой должна быть индукция магнитного поля, перпендикулярного плоскости рельсов, чтобы стержень двигался по рельсам равномерно и прямолинейно (вниз, вверх), когда по ним пропустят ток силой 30 А? Коэффициент трения стержня о рельсы 0,6, масса стержня 1 кг.

2.4 КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Основные формулы

2.4.1 Дифференциальное уравнение гармонических колебаний:

$$a + \omega_0^2 x = 0 \Rightarrow a = -\omega_0^2 x,$$

где ω_0 - циклическая частота; a - ускорение; x - смещение.

2.4.2 Уравнение гармонических колебаний:

$$x = x_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \text{ или } x = x_m \sin(\omega_0 t + \varphi_0),$$

где x_m - амплитуда; $\varphi = (\omega_0 t + \varphi_0)$ - фаза; φ_0 - начальная фаза.

2.4.3 Уравнение скорости: $V = x'$ $V = -x_m \omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$.

Максимальная скорость: $V_{\max} = x_m \omega_0$.

2.4.4 Уравнение ускорения: $a = V'$ $a = -x_m \omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$.

Максимальное ускорение: $a_{\max} = x_m \omega_0^2$.

2.4.5 Уравнение второго закона Ньютона для гармонических колебаний:

$$F = -m x_m \omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \varphi_0) = -m \omega_0^2 x.$$

$$\frac{m V^2}{2} = \frac{m x_m^2 \omega_0^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi_0)}{2}$$

2.4.6 Кинетическая энергия: $E_k = \frac{m V^2}{2} = \frac{m x_m^2 \omega_0^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi_0)}{2}$.

2.4.7 Потенциальная энергия: $E_n = \frac{k x^2}{2} = \frac{m x_m^2 \omega_0^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi_0)}{2}$,

где k - коэффициент упругости (жесткость) тела.

2.4.8 Полная механическая энергия колеблющейся точки: $E = \frac{m x_m^2 \omega_0^2}{2}$

2.4.9 Период колебаний T , частота ν , циклическая частота ω , фаза колебаний φ , число колебаний n :

$$\nu = \frac{n}{t}, \quad \omega = \frac{2\pi n}{t} = 2\pi \nu, \quad \varphi = \omega t + \varphi_0, \quad T = \frac{t}{n} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{\nu}, \quad \omega_0^2 = \frac{k}{m} = \frac{g}{l} = -\frac{a}{x}.$$

2.4.10 Период колебаний математического маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{a}}, \quad \vec{a} = -\vec{g} + \vec{a}_n, \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \quad (a_n = 0),$$

где $\vec{a}$ - полное ускорение, $\vec{a}_n$ - переносное (дополнительное) ускорение, $\vec{g}$ - ускорение свободного падения; l - длина маятника.

2.4.11 Период колебаний пружинного маятника: $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$.

$$2.4.12 \text{ Уравнение плоской волны: } x = x_m \cos \omega \left(t - \frac{r}{V} \right)$$

$$2.4.13 \text{ Разность фаз колебаний: } \Delta \varphi = \frac{2\pi \Delta r}{\lambda},$$

где Δr - расстояние между двумя колеблющимися точками.

$$2.4.14 \text{ Длина волны: } \lambda = VT; \quad \lambda = \frac{V}{\nu}.$$

2.4.15 Для синусоидального переменного тока мгновенное значение:

$$\text{ЭДС } e = E_m \sin(\omega t + \varphi_0),$$

$$\text{напряжения } u = U_m \sin(\omega t + \varphi_0),$$

$$\text{тока } i = I_m \sin \omega t,$$

где - E_m, U_m, I_m - амплитудные (наибольшие) значения ЭДС, напряжения и тока соответственно; φ_0 - начальная фаза ЭДС (напряжения); ω - циклическая частота.

$$2.4.16 \text{ Индуктивное сопротивление катушки: } X_L = \omega L,$$

где L - индуктивность катушки.

$$2.4.17 \text{ Емкостное сопротивление конденсатора: } X_C = \frac{1}{\omega C},$$

где C - емкость конденсатора.

$$2.4.18 \text{ Полное сопротивление в цепи: } Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2},$$

где R - активное сопротивление проводника для переменного тока.

2.4.19 Закон Ома в цепи переменного тока:

$$I_m = \frac{U_m}{Z}; \quad I_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{eff}}}{Z}.$$

2.4.20 Резонанс в электрической цепи:

$$\omega = \omega_0, \quad X_C = X_L, \quad \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C}, \quad \omega_0^2 LC = 1, \quad R \rightarrow 0,$$

где ω_0 - собственная циклическая частота колебаний в контуре.

2.4.21 Действующие значения тока, напряжения и ЭДС:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}, \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}, \quad E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}.$$

2.4.22 Рамка вращается в магнитном поле с круговой частотой ω :

$$\begin{cases} e = -\Phi', \\ \Phi = BS \cos \alpha \Rightarrow e = -(BS \cos \omega t)' = BS\omega \sin \omega t, \\ \alpha = \omega t. \end{cases}$$

$$E_m = BS\omega, \quad e = E_m \sin \omega t.$$

2.4.23 Коэффициент трансформации трансформатора:

$$\text{в режиме холостого хода} \quad k = \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{n_1}{n_2},$$

$$\text{в режиме нагрузки} \quad k = \frac{U_1}{E},$$

где E_1 и E_2 - ЭДС индуцируемые в обмотках; n_1 и n_2 - число витков в первичной и вторичной обмотках соответственно. $n_1 > n_2$, $k > 1$ - трансформатор понижающий; $n_1 < n_2$, $k < 1$ - трансформатор повышающий.

2.4.24 КПД трансформатора:

$$\text{в режиме холостого хода} \quad \eta = \frac{I_2 U_2}{I_1 U_1},$$

$$\text{в режиме нагрузки} \quad \eta = \frac{U_i}{E},$$

где I_1, I_2, U_1, U_2 - токи и напряжения первичной и вторичной обмоток, U_i - напряжение нагрузки; E - ЭДС на вторичной обмотке.

2.4.25 Период собственных колебаний в контуре ($R = 0$) – формула

Томсона: $T = 2\pi \sqrt{LC}$.

2.4.26 Связь длины λ электромагнитной волны с периодом T , линейной частотой ν колебаний и скоростью c : $\lambda = cT$, $\lambda = \frac{c}{\nu}$, $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Задания к разделу «Колебания и волны»

1. Как изменится период колебаний математического маятника, если его длину уменьшить в 4 раза?
2. При гармонических колебаниях тела на пружине максимальное значение кинетической энергии равно 30 Дж. Как изменится во времени полная механическая энергия тела и пружины?
3. Как изменится длина волны, на которую настроен радиоприемник, если в приемном колебательном контуре емкость конденсатора увеличить в 8 раз? Сопротивлением контура пренебречь.
4. Активное сопротивление 12 Ом включено в цепь переменного тока с частотой 50 Гц. Чему равна амплитуда колебаний силы тока при амплитуде колебаний напряжения на выводах активного сопротивления 50 В?
5. Период колебаний груза на пружине равен 3 с. Чему равна циклическая частота колебаний?
6. Тело совершает гармонические колебания амплитудой 16 см и циклической частотой 10 рад/с. Определите максимальное значение модуля скорости.
7. При гармонических колебаниях тела вдоль оси X ускорение изменяется по закону $a = 4\cos 2t$ (м/с²). Чему равна амплитуда изменений координаты x тела?
8. Во вторичной обмотке трансформатора, содержащей 1000 витков, возникает ЭДС 500 В. Сколько витков содержит первичная обмотка, если трансформатор подключен к сети с напряжением 120 В?
9. При гармонических колебаниях вдоль оси X координата тела изменяется по закону $x = 0,8\sin 3t$ (м). Чему равна амплитуда ускорений?
10. Частота колебаний источника волны равна 0,3 с⁻¹, скорость распространения волны 10 м/с. Чему равна длина волны?

11. Длина волны 70 см. На каком расстоянии друг от друга находятся точки волны с противоположными фазами колебаний? На каком расстоянии находятся точки с разностью фаз 45° ?

12. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 500 пФ и катушки индуктивностью 10 мГн. Найти амплитуду силы тока, если амплитуда напряжения 500 В.

13. С каким ускорением поднимается лифт, если подвешенный в нем маятник длиной 40 см сделал 3 колебания за 3 с?

14. К зажимам генератора присоединен конденсатор емкостью 0,3 мкФ. Найти амплитуду напряжения на зажимах, если амплитуда тока 2,6 А, а период колебаний тока 0,3 мс.

15. Определите емкость конденсатора колебательного контура, если при индуктивности 50 мкГн контур настроен в резонанс на электромагнитные колебания с длиной волны 300 м.

16. Катушка, индуктивность которой $3 \cdot 10^3$ Гн, присоединена к плоскому воздушному конденсатору с площадью пластин 100 см^2 . Найти расстояние между пластинами конденсатора, если контур резонирует на длину волны длиной 100 м.

17. На пружине подвешен грузик массой m . Период колебаний системы составляет 0,8 с. Затем подвешивают еще один грузик, в результате чего период колебаний возрастает до 1 с. Определите, на сколько удлинилась пружина в результате перегрузки.

18. Двухпроводная линия длиной 900 м от понижающего трансформатора выполнена медным ($\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$) проводом сечением 20 мм^2 . Приемники энергии потребляют 2,58 кВт при напряжении 215 В. Определите напряжение на зажимах трансформатора и потерю мощности в проводах.

19. Два маятника в одном и том же месте Земли за одинаковое время совершают один 30, а второй 40 колебаний. Какова длина каждого маятника, если разность их длин 0,07 м?

20. На озере в безветренную погоду с лодки бросили тяжелый якорь. От места бросания якоря пошли волны. Человек, стоящий на берегу, заметил, что

волна дошла до него через 50 с, а расстояние между соседними горбами волны 0,5 м и за 5 с было 20 всплесков о берег. Как далеко от берега находилась лодка?

21. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 0,3 Гн и конденсатора емкостью $3 \cdot 10^{-5}$ мкФ. Конденсаторы зарядили до напряжения 5 В. Какими будут ток, напряжение и заряд в момент времени, когда отношение энергии электрического и магнитного поля равно $\frac{1}{2}$? Закон изменения заряда на обкладках конденсатора $q = q_0 \cos \omega t$.

22. Катушка, индуктивность которой $2 \cdot 10^{-5}$ Гн, присоединена к плоскому конденсатору с площадью пластин 100 см^2 и расстоянием между ними 0,1 мм. Чему равна диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами, если контур резонирует на длину волны 700 м

23. Расстояние между гребнями волн в море 4 м. При встречном движении катера волна за 1 с ударяет о корпус катера 4 раза, а при попутном 2 раза. Найти скорость катера и волны.

24. Заряженный конденсатор замкнули на катушку индуктивности. Через какое время (в долях периода) после подключения энергия в конденсаторе будет равна энергии в катушке индуктивности? Закон изменения силы тока на обкладках конденсатора $I = -J_m \sin \omega t$.

25. Рамка площадью 300 см^2 вращается с угловой скоростью 50 рад/с в однородном магнитном поле с индукцией 0,5 Тл. напишите формулы зависимости магнитного поля и ЭДС от времени, если при $t = 0$ нормаль к плоскости рамки параллельна линиям индукции поля.

2.5 ОПТИКА

Основные формулы

2.5.1 Закон преломления света: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{2,1}$,

где α - угол падения; β - угол преломления.

2.5.2 Относительный показатель преломления двух сред:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}; \quad n_{21} = \frac{c_1}{c_2},$$

где c_1 - скорость света в среде, из которой свет падает; c_2 - скорость света в среде, в которую свет преломляется.

2.5.3 Абсолютный показатель преломления данной среды:

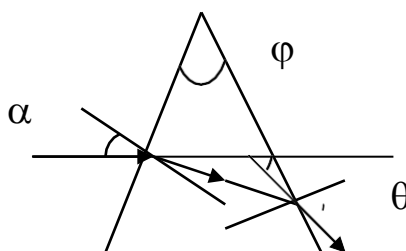
$$n = \frac{c}{V},$$

где c - скорость света в вакууме; V - скорость света в этой среде.

2.5.4 Предельный угол полного внутреннего отражения при переходе луча света из среды оптически более плотной (n_1) в среду оптически менее плотную (n_2):

$$\sin i_0 = \frac{n_2}{n_1}; \quad i_0 = \arcsin \frac{n_2}{n_1}.$$

2.5.5 Ход лучей в треугольной призме:



где α - угол падения; φ - преломляющий угол призмы; θ - угол отклонения луча.

2.5.6 Формула тонкой линзы:

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

где d - расстояние от линзы до предмета; f - расстояние от линзы до изображения; F - фокусное расстояние.

2.5.7 Формула собирающей линзы:

а) изображение действительное $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F};$

б) изображение «мнимое» $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$

Формула рассеивающей линзы: $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F}$.

Перед членом $\frac{1}{d}$ ставят знак «минус» в случае «мнимой» светящейся точки,

т.е. на линзу собирающую, рассеивающую падает сходящийся пучок лучей, продолжение которых пересекаются в одной точке.

2.5.8 Оптическая сила линзы: $D = \pm \frac{1}{F}$, $[D] = 1 \text{ м}^{-1} = 1 \text{ дптр}$.

$D > 0$ - линза собирающая;

$D < 0$ - линза рассеивающая.

2.5.9 Оптическая сила системы линз, сложенных вплотную:

$$D = D_1 + D_2 + D_3 + \dots$$

2.5.10 Линейное увеличение линзы: $k = \frac{H}{h}$, $k = \frac{f}{d}$,

где H - линейные размеры изображения; h - линейные размеры предмета.

2.5.11 Увеличение оптической системы: $k = k_1 k_2 k_3 \dots$

2.5.12 Оптическая длина пути световой волны: $L = nl$,

где l - геометрическая длина пути; n - показатель преломления среды.

2.5.13 Оптическая разность хода двух световых волн: $\Delta = L_2 - L_1$.

2.5.14 Разность фаз: $\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta$.

2.5.15 Условие максимумов интенсивности света при интерференции:

$$\Delta = \pm 2k \frac{\lambda}{2}, \quad \Delta = \pm k\lambda, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots$$

2.5.16 Условие минимумов интенсивности света при интерференции:

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

2.5.17 Ширина интерференционной полосы: $\Delta x = \frac{kL}{d} \lambda$,

где d - расстояние между двумя когерентными источниками; L - расстояние от источника до экрана ($L \gg d$).

2.5.18 Условие максимума интенсивности света на дифракционной решетке при нормальном падении лучей света:

$$d \sin \varphi = \pm k\lambda, \quad d = \frac{l}{N}, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots,$$

где d - период решетки; k - порядок максимума; φ - угол дифракции;
 N - число штрихов решетки; l - длина решетки.

2.5.19 Общее число главных максимумов:

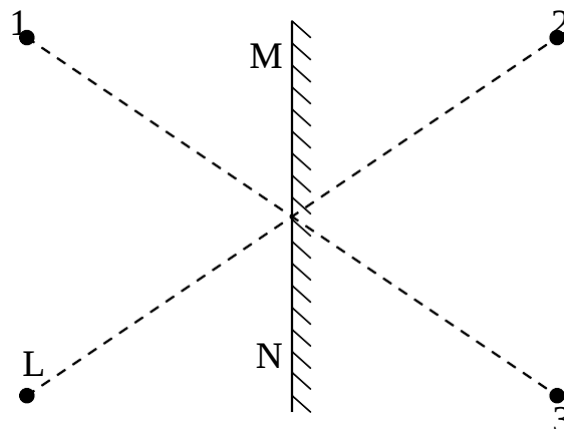
$$n = 2k_{\max} + 1,$$

где $k_{\max}$ - наибольший порядок спектра; 1 – центральный максимум.

Задания к разделу «Оптика»

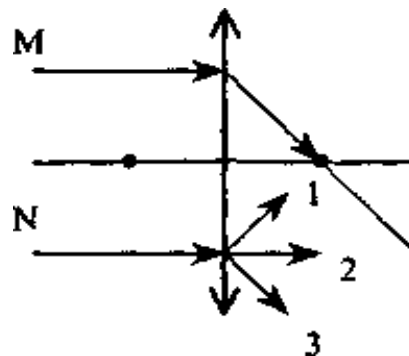
1. Луч падает перпендикулярно плоскому зеркалу. На какой угол отклонится отраженный луч от падающего, если повернуть зеркало вокруг оси, перпендикулярной лучу на 20° ?

2. В какой точке находится изображение источника света L в плоском зеркале MN (рисунок)?



3. Чему равен угол полного внутреннего отражения при падении луча на границу раздела двух сред, относительный показатель преломления которых равен 2,2?

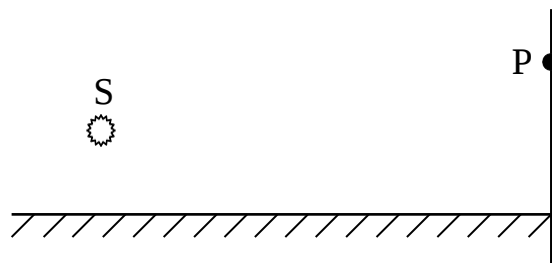
4. На собирающую линзу падают два параллельных луча, ход луча M после прохождения линзы показан на рисунке. По какому направлению пойдет луч N после линзы?



5. Предмет находится от плоского зеркала на расстоянии 10 см. На каком расстоянии от предмета окажется его изображение, если предмет отодвинуть от зеркала еще на 15 см?

6. Где следует расположить предмет относительно рассеивающей линзы, чтобы мнимое изображение, даваемое линзой, было вдвое меньше самого предмета?

7. Источник света S и плоское зеркало расположены, как показано на рисунке. Будут ли интерферировать лучи пришедшие в точку P ?

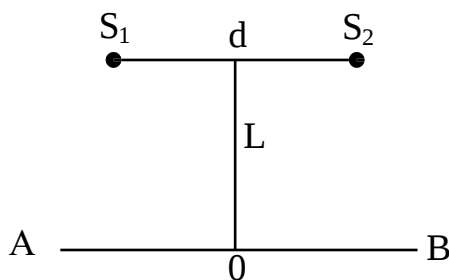


8. При переходе луча света из одной среды в другую угол падения равен 30° , а угол преломления 60° . Каков относительный показатель преломления второй среды относительно первой?

9. Дифракционная решетка имеет ряд параллельных щелей шириной a каждая, щели разделены непрозрачными промежутками шириной b . Из какого условия можно определить угол φ к нормали к плоскости дифракционной решетки, под которым наблюдается второй дифракционный максимум?

10. Дифракционная решетка имеет период 10 мкм. Сколько у такой решетки на каждом миллиметре длины располагается щелей?

11. На экране AB (рисунок) расстояние между двумя соседними максимумами освещенности (ширина интерференционной полосы) равно 1,2 мм. Определите длину волны света, испускаемого когерентными



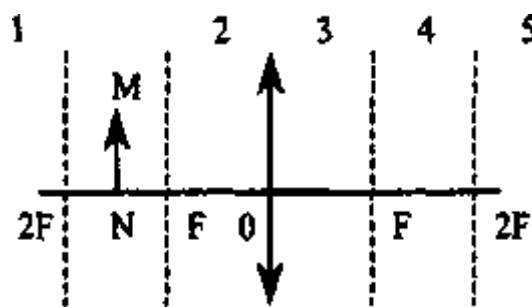
источниками S_1 и S_2 , если расстояние между источниками 1 мм, от источников до экрана 2 мм.

12. Водолазу, находящемуся под водой, солнечные лучи кажутся падающими под углом 60° к поверхности воды ($n = 1,33$). Какова угловая высота солнца над горизонтом?

13. Определите длину волны для линии в дифракционном спектре третьего порядка, совпадающей с линией спектра четвертого порядка с длиной волны 510 нм.

14. Под каким углом должен падать луч на поверхность стекла, чтобы угол преломления был в 2 раза меньше угла падения?

15. На рисунке показано положение линзы, её главных фокусов и предмета MN . В какой области рисунка находится изображение предмета?



16. Вдоль оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием 12 см расположен предмет, один конец которого находится на расстоянии 17,9 см от линзы, а другой – на расстоянии 18,1 см. Определите увеличение изображения.

17. Объектив фотоаппарата имеет фокусное расстояние 6 см. На каком расстоянии от объектива должен быть помещен предмет, чтобы снимок получился в – натуральной величины?

$\frac{1}{9}$

18. Оптическая сила объектива фотоаппарата равна 6 дптр. При фотографировании чертежа с расстояния 1 м площадь изображения чертежа на фотопластинке оказалась равной 4 см². Какова площадь самого чертежа? Чертеж квадратный.

19. Какова истинная глубина бассейна, если при определении «на глаз» по вертикальному направлению глубина его кажется равной 2,5 м?

20. С помощью фотоаппарата, дающего снимки размером 24×36 мм, фотографируют здание Московского университета. Высота здания 210 м. На каком наименьшем расстоянии следует встать фотографу, чтобы все здание (по высоте) уместилось на пленке? Фокусное расстояние объектива аппарата 5 см.

21. На дифракционную решетку нормально к ее поверхности подает монохроматический свет с длиной волны $0,8 \cdot 10^{-6}$ м. Наибольший порядок дифракционного максимума, который дает эта решетка, равен 2. Определите период решетки, общее число максимумов.

22. Для определения периода решетки на нее направили световой пучок через красный светофильтр, пропускающий лучи с длиной волны 0,76 мкм. Каков период решетки, если на экране отстоящем от решетки на 1 м, расстояние между спектрами первого порядка равно 15,2 см?

23. Какова ширина всего спектра первого порядка (длины волн заключены в пределах от 0,38 до 0,76 мкм), полученного на экране, отстоящем на 3 м от дифракционной решетки с периодом 0,01 мм?

24. Человек бежит со скоростью 8 м/с на расстоянии 15 м от фотоаппарата перпендикулярно к направлению съемки. Какую минимальную выдержку должен обеспечить затвор фотоаппарата, чтобы смещение изображения на снимке не превышало 0,1 мм? Фокусное расстояние объектива фотоаппарата 5 см.

25. Найти наибольший порядок спектра, общее число максимумов для света длин волн 40-70 нм, если постоянная решетки 2 мкм.

2.6 КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Основные формулы

2.6.1 Зависимость массы от скорости: $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}$, $\beta = \frac{V}{c}$,

где m - релятивистская масса; m_0 - масса покоя; V - скорость движения частицы; c - скорость света; β - скорость частицы, выраженная в долях скорости света.

2.6.2 Закон взаимосвязи массы и энергии: $E = mc^2$.

2.6.3 Релятивистский импульс: $p = \frac{m_0 V}{\sqrt{1 - \beta^2}}$.

2.6.4 Изменение энергии и массы тела: $\Delta E = \Delta mc^2$.

2.6.5 Полная энергия релятивистской частицы:

$$E = E_k + E_0, \quad E_0 = m_0 c^2,$$

где E_k - кинетическая энергия; E_0 - энергия покоя.

2.6.6 Энергия фотона: $E = h\nu, \quad \nu = \frac{c}{\lambda}, \quad E = \frac{hc}{\lambda},$

где h - постоянная Планка.

2.6.7 Масса и импульс фотона: $m = \frac{E}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}, \quad p = mc = \frac{h}{\lambda}.$

2.6.8 Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта:

$$h\nu = A + \frac{mV_{\max}^2}{2}; \quad \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mV_{\max}^2}{2},$$

где A - работа выхода электрона; $\frac{mV_{\max}^2}{2}$ - максимальная кинетическая энергия электрона.

2.6.9 Красная граница фотоэффекта: $\lambda_{\text{к}} = \frac{hc}{A}, \quad \nu_{\text{к}} = \frac{A}{h}.$

2.6.10 Задерживающее напряжение $U_{\text{з}}$: $eU_{\text{з}} = \frac{mV_{\max}^2}{2}, \quad A = eU_{\text{з}},$

где A - работа электростатического поля.

h

2.6.11 Первый постулат Бора: $m_e V r_n = n \hbar, \quad \hbar = \frac{h}{2\pi}.$

2.6.12 Второй постулат Бора: $h\nu = E_n - E_m,$

где E_n и E_m - энергия стационарного состояния атома до и после излучения (поглощения) соответственно; V - скорость электрона на n -ой орбите радиуса r_n .

2.6.13 Энергия связи атомных ядер:

$$\Delta E_{\text{св}} = \Delta mc^2, \quad \Delta E_{\text{св}} = \Delta m \cdot 931,5 \frac{\text{МэВ}}{\text{а.е.м.}}.$$

эффект массы ядра:

Удельная энергия связи ядра: 2.6.14 Д

$$\Delta E_{\tilde{n}\hat{a}} = \frac{\Delta E_{\tilde{n}}}{\hat{a}} \cdot A$$

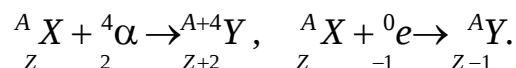
$$\Delta m = Zm_{_{1H}} + (A - Z)m_n - m_a, \quad \Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\tilde{y}},$$

где Z - зарядовое число (число протонов в ядре); A - массовое число;

m_{1H} - масса водорода; m_n - масса нейтрона; m_a - масса атома; m_y - масса ядра;

$m_y = m_a - m_e$, m_e - масса электронов.

2.6.15 Схема записи ядерных реакций с учетом закона сохранения электрических зарядов и массового числа:



2.6.16 Энергия ядерной реакции:

$$Q = [(m_1 + m_2) - (m_3 + m_4)]c^2, \quad c^2 = 931,5 \frac{\text{МэВ}}{\text{а.е.м.}},$$

где $(m_1 + m_2)$ - сумма масс покоя частиц, вступивших в реакцию;

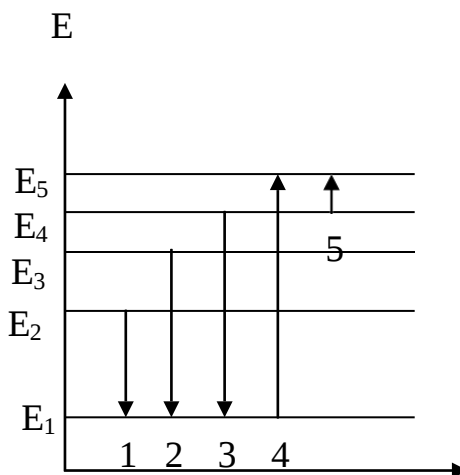
$(m_3 + m_4)$ - сумма масс покоя частиц продуктов реакции.

Задания к разделу «Квантовая физика»

1. Какова единица измерения в СИ выражения $\frac{hc}{\lambda^2}$? h - постоянная Планка, c -

скорость света, λ - длина волны.

2. На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Какой стрелкой обозначен переход с излучением фотона наименьшей (наибольшей) частоты?



3. Какова единица измерения в СИ выражения $\frac{h\nu}{c}$? ν - частота колебаний.

4. От чего зависит максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов?

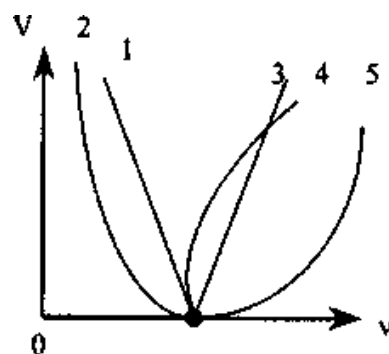
5. Какое из трех типов излучения (α , β , γ) не отклоняется магнитным и электрическими полями?

6. Ядро изотопа урана ${}^{238}_{92}\text{U}$ и после нескольких радиоактивных распадов превратилось в ядро изотопа ${}^{234}_{92}\text{U}$. Какие это были радиоактивные превращения?

7. При освещении катода вакуумного фотоэлемента потоком монохроматического света происходит освобождение фотоэлектронов. Как изменится их максимальная кинетическая энергия при увеличении частоты света в 2 раза.

8. При делении одного ядра урана освобождается 200 МэВ энергии. На какой вид энергии приходится максимальная доля освобождающейся при этом энергии?

9. Какая графическая зависимость (рисунок) скорости V электронов, вылетающих при фотоэффекте, от частоты излучения и вызывающего фотоэффект, является правильной?



10. Определите число протонов и нейтронов в изотопе урана ${}^{235}_{92}\text{U}$.

11. Поверхностный скачок потенциала магния 3,69 В, а цезия 1,93 В. Они освещаются лучами с длиной волны 590 нм. Возникает ли при этом фотоэффект у металлов?

12. Масса движущегося электрона в 11 раз больше его массы покоя. Определите кинетическую энергию электрона.

13. Работа выхода электрона из пластины равна $9,1 \cdot 10^{-19}$ Дж. Какова максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вырывааемых из пластины светом длиной волны 0,6 мкм?

14. Какой частоты свет следует направить на поверхность вольфрама, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов была равна 1000 км/с? Работа выхода электрона из вольфрама 4,5 эВ.

15. Определите максимальный потенциал, приобретаемый металлической пластинкой, если работа выхода равна 1 эВ и длина волны монохроматического света, под действием которого происходит фотоэффект, равна 589 нм.

16. На металлическую пластинку падает свет с длиной волны 413 нм. Фототок прекращается, когда задерживающая разность потенциалов равна 2 В.

Определите работу выхода электрона с поверхности пластины и «красную границу» фотоэффекта.

17. Определите длину волны фотона, импульс которого равен импульсу электрона, пролетевшего разность потенциалов 4,9 В.

18. Какой кинетической энергией обладает ранее покоившееся тело, если в результате разгона его масса увеличилась на $2m_0$? Какова полная энергия тела, его импульс?

19. Мальчик массой 40 кг поднялся по лестнице дома на высоту 20 м. На сколько изменилась его масса?

20. Электрон движется со скоростью 0,8 с. Определите массу электрона, полную энергию и кинетическую энергию электрона.

21. Для измерения постоянной Планка катод вакуумного элемента освещали монохроматическим светом. При длине волны излучения 620 нм фототок прекращается, если задерживающая разность потенциалов не менее некоторого значения U_c . При увеличении на 25% длины волны задерживающая разность потенциалов оказывается на 0,4 В меньше. Определите по этим данным постоянную Планка.

22. В термоядерных реакциях ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ и ${}^3_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2{}^1_0\text{n}$ суммарная кинетическая энергия образовавшихся частиц больше суммарной кинетической энергии исходных частиц на величины $E_1 = 17,6$ МэВ и $E_2 = 11,3$ МэВ соответственно. Определите дефект масс ядра ${}^3_1\text{H}$, если у ядра ${}^2_1\text{H}$ он составляет 0,00239 а.е.м.

23. При какой скорости кинетическая скорость частицы равна ее энергии покоя?

24. При облучении поверхности металла светом обнаружили, что максимальные скорости фотоэлектронов для длин световых волн 0,3 мкм и 0,6 мкм отличаются друг от друга в 2 раза. Вычислите по этим данным работу выхода электронов с поверхности металла.

25. При аннигиляции электрона и позитрона образовалось два одинаковых γ - кванта. Найти длину волны, пренебрегая кинетической энергией частиц до реакции.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по организации и проведению
самостоятельной работы

ФИЗИКА

для студентов направления подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело направленность
(профиль) «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта, хранения и
переработки нефти и газа»

Ставрополь 2026

3. ПРИМЕРНЫЕ ЗАДАНИЯ ЕГЭ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

Вариант №1

- A1 Исследуется перемещение слона и мухи. Модель материальной точки может использоваться для описания движения
- 1) только слона
 - 2) только мухи
 - 3) и слона, и мухи в разных исследованиях
 - 4) ни слона, ни мухи, поскольку это живые существа
- A2 Велосипедист съезжает с горки, двигаясь прямолинейно и равноускоренно. За время спуска скорость велосипедиста увеличилась на 10 м/с. Ускорение велосипедиста $0,5 \text{ м/с}^2$. Сколько времени длится спуск?
- 1) 0,05 с
 - 2) 2 с
 - 3) 5 с
 - 4) 20 с
- A3 Две материальные точки движутся по окружностям радиусами R_1 и R_2 , причем $R_2 = 2R_1$. При условии равенства линейных скоростей точек их центростремительные ускорения связаны соотношением
- 1) $a_1 = 2a_2$
 - 2) $a_1 = a_2$
 - 3) $a_1 = \frac{1}{2} a_2$
 - 4) $a_1 = 4a_2$
- A4 Система отсчета связана с автомобилем. Ее можно считать инерциальной, если автомобиль
- 1) движется равномерно по прямолинейному участку шоссе
 - 2) разгоняется по прямолинейному участку шоссе
 - 3) движется равномерно по извилистой дороге
 - 4) по инерции вкатывается на гору
- A5 Планета имеет радиус в 2 раза меньший радиуса Земли. Известно, что ускорение свободного падения на этой планете равно $9,8 \text{ м/с}^2$. Чему равно отношение массы планеты к массе Земли?
- 1) 0,25
 - 2) 0,5
 - 3) 1
 - 4) 2
- A6 Согласно закону Гука сила натяжения пружины при растягивании прямо

пропорциональна

- 1) ее длине в свободном состоянии
 - 2) ее длине в натянутом состоянии
 - 3) разнице между длиной в натянутом и свободном состояниях
 - 4) сумме длин в натянутом и свободном состояниях
- A7 Движение тела массой 3 кг описывается уравнением $x = A + Bt + Ct^2$, где $A=3$ м, $B=4$ м/с, $C=2$ м/с². Чему равна проекция импульса тела на ось OX в момент времени $t=3$ с?
- 1) 16 кг·м/с
 - 2) 48 кг·м/с
 - 3) 32 кг·м/с
 - 4) 96 кг·м/с
- A8 Плоскость, наклоненную к горизонту под углом α , используют для равномерного втягивания груза на некоторую высоту. Коэффициент трения груза о плоскость равен μ . КПД такого механизма
- 1) невозможно рассчитать по этим данным
 - 2) $\mu \sin \alpha$
 - 3) $\frac{\mu}{1 + \mu \tan \alpha}$
 - 4) $\frac{1}{1 + \mu \tan \alpha}$
- A9 Давление твердого тела на поверхность – это отношение модуля
- 1) силы тяжести тела к площади соприкосновения
 - 2) силы воздействия тела на поверхность к площади соприкосновения
 - 3) перпендикулярной составляющей силы воздействия тела на поверхность к площади соприкосновения
 - 4) касательной составляющей силы воздействия тела на поверхность к площади соприкосновения
- A10 При гармонических колебаниях вдоль оси OX координата тела изменяется по закону $x = 0,02 \cos 20\pi t$ (м). Чему равна частота колебаний ускорения тела?
- 1) 20π Гц
 - 2) 20 Гц
 - 3) 50 Гц
 - 4) 10 Гц
- A11 Невозможно бесконечно делить вещество на все более мелкие части. Каким из приведенных ниже положений можно объяснить этот факт?
- 1) Все тела состоят из частиц конечного размера
 - 2) Частицы вещества находятся в непрерывном хаотическом движении

- 3) Давление газа обусловлено ударами молекул
- 4) Между частицами вещества существуют силы притяжения и отталкивания

A12 Если средняя квадратичная скорость молекул газа равна 400 м/с, это означает, что

- 1) все молекулы газа движутся с такой скоростью
- 2) большинство молекул движется с такой скоростью
- 3) если сложить векторы скоростей молекул в данный момент и возвести в квадрат, то получится (400 м/с)
- 4) если сложить квадраты скоростей молекул в данный момент и поделить на число молекул, то получится $(400 \text{ м/с})^2$

A13 В металлическом стержне теплообмен осуществляется преимущественно путем

- 1) излучения
- 2) конвекции
- 3) теплопроводности
- 4) излучения и конвекции

A14 Жидкости могут испаряться

- 1) только при точке кипения
- 2) только при температуре, большей точки ее кипения
- 3) только при температуре, близкой к температуре ее кипения
- 4) при любых внешних условиях

A15 При нагревании двух твердых тел из кристаллического (I) и аморфного (II) вещества переход в жидкое состояние

- 1) происходит резко при достижении определенной температуры и для I, и для II тела
- 2) происходит резко при достижении определенной температуры только для I тела
- 3) происходит резко при достижении определенной температуры только для II тела
- 4) происходит постепенно для обоих тел, сопровождаясь повышением температуры смеси жидкого и твердого вещества

A16 Пылинка, имевшая отрицательный заряд -10 е , при освещении потеряла четыре электрона. Каким стал заряд пылинки?

- 1) 6 е 2) -6 е 3) 14 е 4) -14 е

A17 Какими носителями электрического заряда создается ток в водном растворе соли?

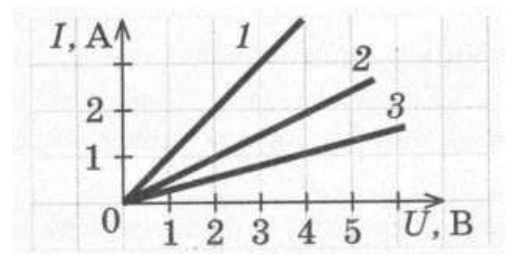
- 1) только ионами 2) электронами и «дырками»
3) электронами и ионами 4) только электронами

A18 Один раз в заряженный и отключенный от батарейки плоский конденсатор помещают стеклянную пластину. Она заполняет все пространство между пластинами конденсатора. Во второй раз раздвигают его пластины, при этом пространство между пластинами заполнено воздухом. Напряженность поля в пространстве между пластинами

- 1) в обоих случаях не изменяется
2) в обоих случаях увеличивается
3) в первом случае уменьшается, во втором – увеличивается
4) в первом случае уменьшается, во втором – не меняется

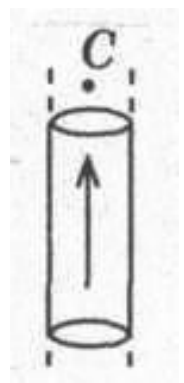
A19 Сравните сопротивления резисторов 1, 2, 3, для которых получены следующие вольтамперные характеристики (рис.).

- 1) $R_1 > R_2 > R_3$
2) $R_3 > R_2 > R_1$
3) $R_1 = R_2 = R_3$
4) $R_1 > R_2 < R_3$



A20 На рисунке изображен проводник, через который идет электрический ток. Направление тока указано стрелкой. Как направлен вектор магнитной индукции в точке С?

- 1) В плоскости чертежа $\uparrow$
2) От нас перпендикулярно плоскости чертежа $\otimes$
3) К нам перпендикулярно плоскости чертежа $\bullet$
4) Вектор магнитной индукции в точке С равен нулю



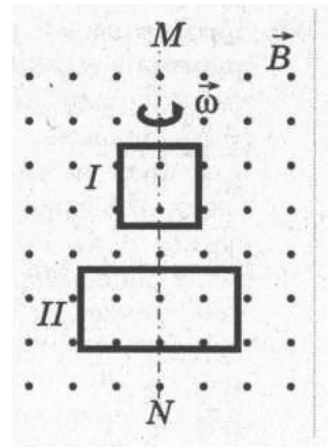
A21 На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в горизонтальной плоскости.



В центре витка вектор индукции магнитного поля тока направлен

- 1) вертикально вверх $\uparrow$
- 2) горизонтально влево $\leftarrow$
- 3) горизонтально вправо $\rightarrow$
- 4) вертикально вниз $\downarrow$

A22 В однородном магнитном поле вокруг оси MN с одинаковой частотой вращаются две рамки. Отношение $A_{II} : A_I$ амплитудных значений ЭДС индукции, генерируемых в рамках II и I, равно



- 1) 1:2
- 2) 2:1
- 3) 1:4
- 4) 4:1

A23 Заряженный конденсатор замыкают на катушку.

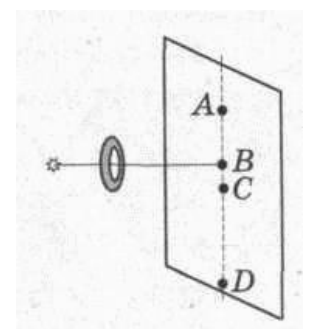
Активное сопротивление проводов и катушки ничтожно. Заряд на положительно заряженной пластине конденсатора

- 1) монотонно возрастет до некоторого максимального значения
- 2) монотонно спадет до нуля
- 3) будет колебаться от начального значения до нуля и обратно
- 4) будет колебаться от начального значения до противоположного, периодически меняя знак

A24 При прохождении электромагнитных волн в воздухе происходят колебания

- 1) молекул воздуха
- 2) плотности воздуха
- 3) напряженности электрического и индукции магнитного полей
- 4) концентрации кислорода

A25 Какая из точек на экране окажется в тени кольца, освещаемого точечным источником света?



- 1) A
- 2) B
- 3) C
- 4) D

A26 В вакууме скорость распространения света $\tilde{n}$, а длина волны λ . При попадании этого света в прозрачную среду с показателем преломления n эти параметры становятся равными

- 1) nc и $n\lambda$ 2) $\frac{n}{c}$ и $n\lambda$ 3) $\frac{n}{c}$ и $\frac{\lambda}{n}$ 4) nc и $\frac{\lambda}{n}$

A27 Какой материальный объект может двигаться со скоростью, большей скорости света $\tilde{n}$?

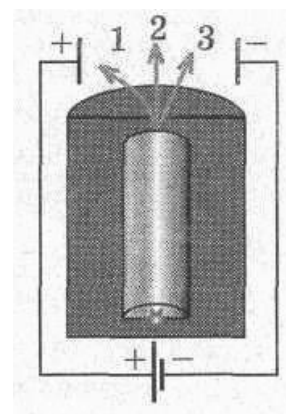
- 1) Субсветовой электрон относительно другого субсветового электрона, движущегося навстречу первому
- 2) Протон в ускорителе относительно ускорителя
- 3) Электромагнитная волна относительно движущегося источника света
- 4) Ни один из материальных объектов

A28 Какого цвета мы видим абсолютно черное тело?

- 1) Черного 2) Красного 3) Фиолетового
- 4) Любого цвета в зависимости от температуры этого тела

A29 Какими цифрами обозначены α -, β -, γ -излучения на рисунке?

- 1) 1- α , 2- β , 3- γ 2) 1- β , 2- α , 3- γ
- 3) 1- α , 2- γ , 3- β 4) 1- β , 2- γ , 3- α



A30 В физике утверждение считается истинным, если оно

- 1) широко известно
- 2) опубликовано в газетах
- 3) высказано авторитетными учеными
- 4) многократно экспериментально проверено разными учеными

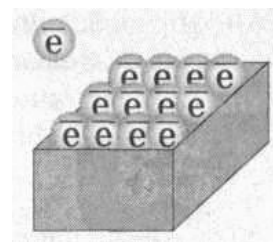
B1 Небольшой камень, брошенный с ровной горизонтальной поверхности земли под углом к горизонту, упал обратно на землю в 20 м от места броска. Чему была равна скорость камня через 1 с после броска, если в этот момент она была направлена горизонтально?

B2 Для определения удельной теплоты плавления льда в сосуд с водой стали

бросать кусочки тающего льда при непрерывном помешивании.

Первоначально в сосуде находилось 300 г при температуре 20°C. К моменту времени, когда лед перестал таять, масса воды увеличилась на 84 г. Определите по данным опыта удельную теплоту плавления льда. Ответ выразите в кДж/кг. Теплоемкостью сосуда пренебечь.

- В3 Какой заряд можно было бы получить на алюминиевой спице, отбирая по одному электрону от каждого атома алюминия? (Считать объем спицы $V \approx 10^{-10} \text{ м}^3$; плотность алюминия $\rho = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ и его молярную массу $M = 0,027 \text{ кг/моль}$.) Ответ приведите с точностью до целых.



- В4 К потолку комнаты высотой 6 м прикреплено светящееся панно-лампа в виде круга диаметром 2 м. На высоте 3 м от пола параллельно ему расположен непрозрачный квадрат со стороной 2 м. Центр панно и центр квадрата лежат на одной вертикали. Определите минимальный линейный размер тени на полу.

- С1 Масса Марса составляет 0,1 от массы Земли, диаметр Марса вдвое меньше, чем диаметр Земли. Каково отношение периодов обращения искусственных

спутников Марса и Земли $\frac{\dot{O}_i}{\dot{O}_c}$, движущихся по круговым орбитам на

небольшой высоте?

- С2 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? Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объема шара.

- С3 Горизонтально расположенная, положительно заряженная пластина создает вертикально направленное однородное электрическое поле напряженностью $A = 10^5 \text{ В/м}$. На нее с высоты $h = 10 \text{ см}$ падает шарик массой $m = 40 \text{ г}$, имеющий отрицательный заряд $q = -10^{-6} \text{ Кл}$ и начальную скорость $V_0 = 2 \text{ м/с}$, направленную вертикально вниз. Какую энергию

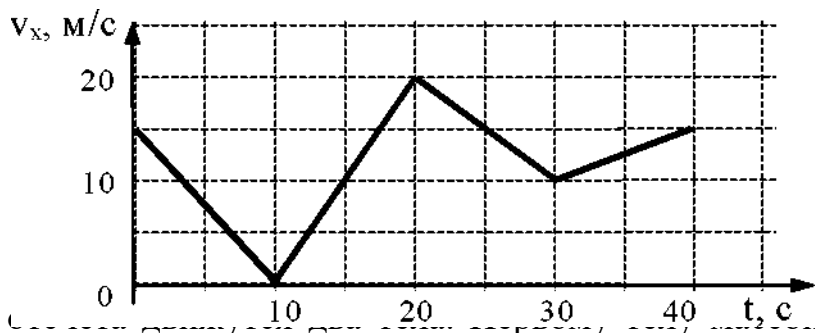
шарик передаст пластине при абсолютно неупругом ударе? Ответ округлите с точностью до сотых.

- C4 Плоская горизонтальная фигура площадью $S = 0,01 \text{ м}^2$, ограниченная проводящим контуром, имеющим сопротивление $R = 10 \text{ Ом}$, находится в однородном магнитном поле. Какой заряд протечет по контуру за большой промежуток времени, пока проекция магнитной индукции на вертикаль равномерно меняется с $B_{1z} = 3 \text{ Тл}$ до $B_{2z} = -3 \text{ Тл}$?
- C5 Определите увеличение, даваемое линзой, фокусное расстояние которой равно $f = 0,26 \text{ м}$, если предмет отстоит от нее на расстояние $a = 30 \text{ см}$.
- C6 Фотокатод облучают светом, длина волны которого $\lambda = 300 \text{ нм}$. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода $\lambda_0 = 400 \text{ нм}$. Какое напряжение U нужно приложить между анодом и катодом, чтобы фототок прекратился?

Вариант №2

- A1 Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость скорости автомобиля от времени. Модуль ускорения максимален в интервале времени

- 1) от 0 с до 10 с
- 2) от 10 с до 20 с
- 3) от 20 с до 30 с
- 4) от 30 с до 40 с



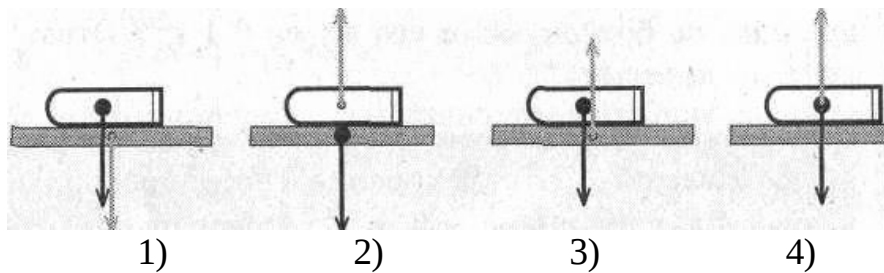
- A2 В инерциальной системе отсчета сила F сообщает ускорение a . Чему равна масса второго тела, если вдвое меньшая сила сообщила ему в 4 раза большее ускорение?

- 1) $2m$
- 2) $\frac{m}{8}$
- 3) $\frac{m}{2}$
- 4) m

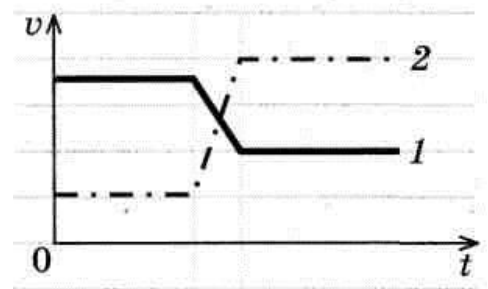
А3 Два куба из одинакового материала отличаются друг от друга по размеру в 2 раза. Массы кубов

- 1) совпадают
- 2) отличаются друг от друга в 2 раза
- 3) отличаются друг от друга в 4 раза
- 4) отличаются друг от друга в 8 раз

А4 На каком рисунке верно показаны силы, действующие между столом и книгой, покоящейся на столе?

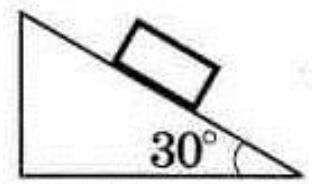


А5 На рисунке изображены графики изменения скорости двух взаимодействующих тележек разной массы (одна тележка догоняет и толкает другую). Какую информацию о тележках содержат эти графики?



- 1) Тележка 1 едет сзади и имеет большую массу
- 2) Тележка 1 едет сзади и имеет меньшую массу
- 3) Тележка 2 едет сзади и имеет большую массу
- 4) Тележка 2 едет впереди и имеет меньшую массу

А6 Брусок массой 0,2 кг покоится на наклонной плоскости (рис.). Коэффициент трения между поверхностями бруска и плоскости равен 0,5. Сила трения равна



- 1) 0,5 Н
- 2) 1 Н
- 3) 1,7 Н
- 4) 2 Н

А7 Машина равномерно поднимает тело массой 20 кг на высоту $h = 10$ м за время $t = 20$ с. Чему равна ее мощность?

- 1) 100 Вт
- 2) 10 Вт
- 3) 1000 Вт
- 4) 1 Вт

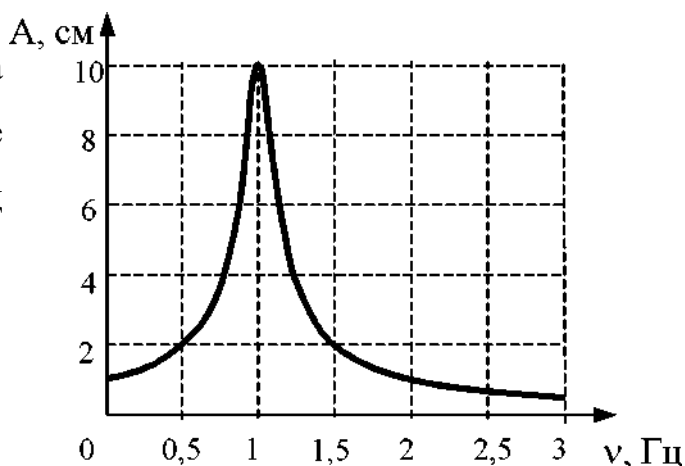
A8 На нижний конец изогнутой трубки (т. Б) натянули резиновую мембрану, затем в трубку налили воду (рис.). Трубку начинают опускать в широкий сосуд с водой. Мембрана станет плоской, когда



- 1) точка А окажется на уровне воды в сосуде
- 2) точка Б окажется на уровне воды в сосуде
- 3) точка В окажется на уровне воды в сосуде
- 4) точка А коснется дна

A9 На рисунке изображена зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). Отношение амплитуды установившихся

колебаний маятника на резонансной частоте к амплитуде колебаний на частоте 0,5 Гц равно



- 1) 10
- 2) 2
- 3) 5
- 4) 4

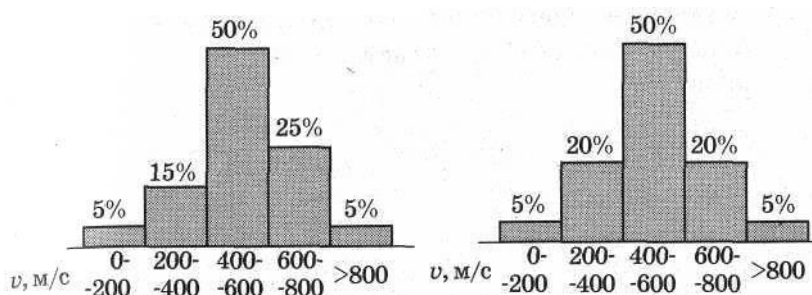
A10 Укажите пару веществ, скорость диффузии которых наибольшая при прочих равных условиях:

- 1) раствор медного купороса и вода
- 2) пары эфира и воздух
- 3) свинцовая и медная пластины
- 4) вода и спирт

A11 В опытах по измерению скоростей молекул газа получены следующие диаграммы распределения молекул по скоростям. Как соотносятся средние скорости молекул в 1-м

и 2-м опытах?

- 1) $V_1 = V_2$
- 2) $V_1 > V_2$
- 3) $V_1 < V_2$



4) Невозможно оценить по приведенным данным

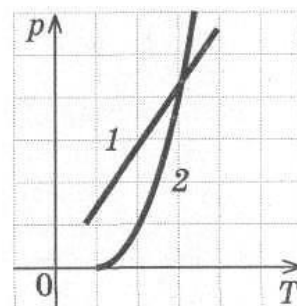
A12 Уравнение Клапейрона-Менделеева

- 1) связывает между собой макропараметры газа
- 2) связывает между собой микропараметры газа
- 3) связывает макропараметры газа с его микропараметрами
- 4) не связано ни с микропараметрами, ни с макропараметрами

A13 Если к твердым веществам одинаковой массой и одинаковой начальной температурой подвести одинаковое количество теплоты и они останутся твердыми, то температура вещества с большей теплоемкостью

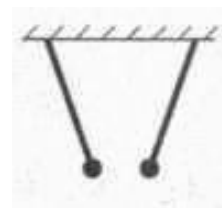
- 1) будет такой же, как у второго вещества
- 2) будет выше, чем у второго вещества
- 3) будет ниже, чем у второго вещества
- 4) может быть выше и ниже, чем у второго, в зависимости от времени теплопередачи

A14 На рисунке изображены графики зависимости давления паров для двух разных жидкостей от температуры. Какой из графиков относится к насыщенному пару, а какой – к ненасыщенному пару?



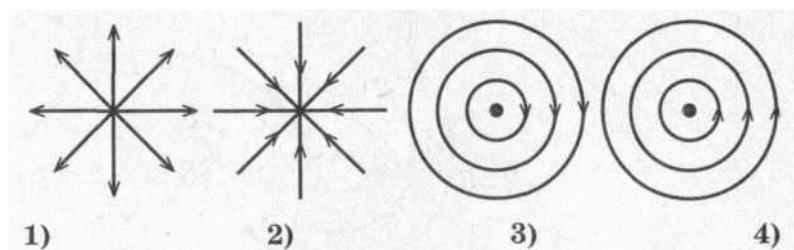
- 1) 1 – ненасыщенный пар; 2 – насыщенный пар
- 2) 1 – насыщенный пар; 2 – ненасыщенный пар
- 3) и 1, и 2 – насыщенные пары
- 4) и 1, и 2 – ненасыщенные пары

A15 На тонких шелковых нитях подвешены два заряженных одинаковых шарика (рис.). Какое из утверждений верно?



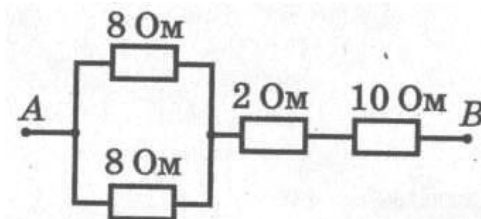
- 1) Заряды шариков обязательно равны по модулю
- 2) Силы, действующие на каждый из шариков, различны
- 3) Заряды шариков имеют одинаковый знак
- 4) Заряды шариков имеют разные знаки

A16 На каком рисунке правильно изображена картина линий напряженности электростатического поля точечного отрицательного заряда?



A17 Сопротивление между точками А и В электрической цепи, представленной на рисунке, равно

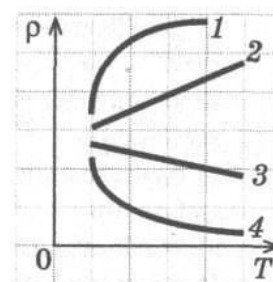
- 1) 28 Ом 2) 16 Ом
3) 14 Ом 4) 12 Ом



A18 Какой из приведенных графиков

зависимости удельного сопротивления материала от температуры относится к полупроводникам?

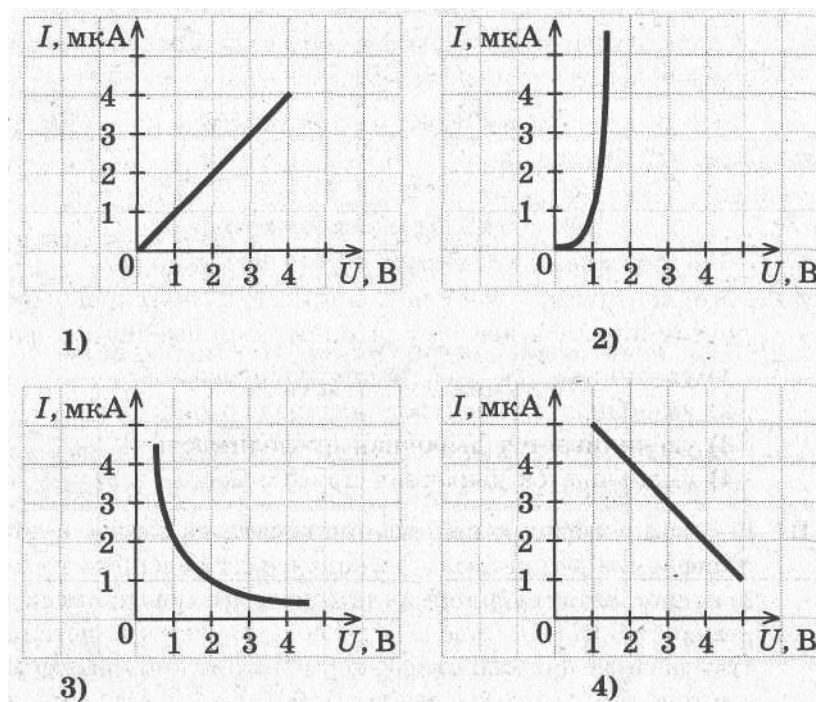
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4



A19 При силе тока в электрической цепи 0,6 А сопротивление лампы равно 5 Ом. Мощность электрического тока, выделяющаяся на нити лампы, равна

- 1) 0,06 Вт 2) 1,8 Вт 3) 3 Вт 4) 15 Вт

A20 Какой из графиков, представленных на рисунке, соответствует вольт-амперной характеристике полупроводникового диода, включенного в прямом направлении?

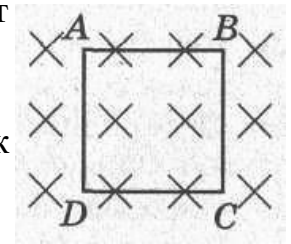


A21 Какая формула соответствует выражению для модуля силы Лоренца?

- 1) $F = qE$ 2) $F = qVB\sin\alpha$ 3) $F = \frac{q_1q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ 4) $F = IB\sin\alpha$

A22 Контур ABCD находится в однородном магнитном поле, линии индукции которого направлены перпендикулярно плоскости контура от наблюдателя (рис.). Магнитный поток через контур будет меняться, если контур

- 1) движется поступательно в направлении от наблюдателя
2) движется поступательно в направлении к наблюдателю
3) поворачивается вокруг стороны DC
4) движется поступательно в плоскости рисунка

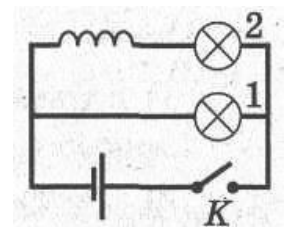


A23. Около полосы медной фольги с большой частотой меняют магнитное поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно пластине. В пластине возникает ток,

- 1) направленный вдоль полосы 2) направленный поперек полосы
3) идущий по окружности в одном направлении
4) идущий по окружности и периодически меняющий направление

A24 Лампочка 2 в схеме, изображенной на рисунке при замыкании ключа K загорается на 0,5 с позже лампочки 1 потому, что

- 1) ток по длинному проводу катушки доходит до нее позже
2) лампочка 2 находится дальше от ключа K
3) в катушке возникает вихревое электрическое поле, препятствующее нарастанию тока в ней
4) электроны тормозятся на изогнутых участках цепи



A25 Как изменится период собственных колебаний контура, если его индуктивность увеличить в 20 раз, а емкость уменьшить в 5 раз?

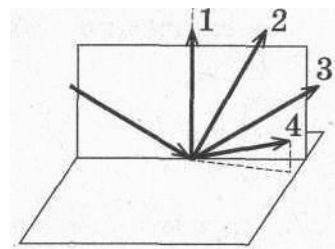
- 1) Увеличится в 2 раза 2) Уменьшится в 2 раза

3) Увеличится в 4 раза

4) Уменьшится в 4 раза

A26 Какой из отраженных лучей на рисунке соответствует закону отражения

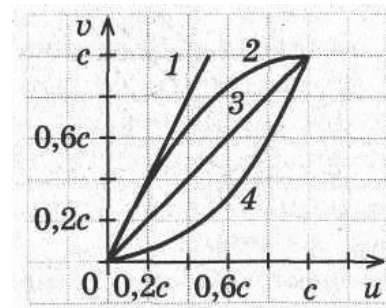
- 1) 1 2) 2
3) 3 4) 4



A27 Просветление объективов оптических систем основано на явлении

- 1) интерференции света 2) дисперсии света
3) поляризации света 4) дифракции света

A28 Относительно наблюдателя две частицы движутся навстречу друг другу с равными по модулю скоростями u . Какой из графиков правильно отражает зависимость модуля скорости одной частицы V в системе отсчета, связанной с другой частицей, от скорости u этой частицы?



- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

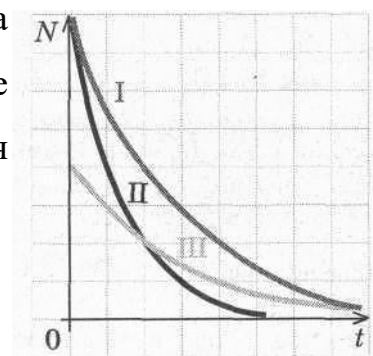
A29 Два источника света излучают волны, длина волны которых $\lambda_1 = 4 \cdot 10^{-7}$ м и $\lambda_2 = 8 \cdot 10^{-7}$ м. Чему равно отношение импульсов $\frac{P_1}{P_2}$ фотонов, излучаемых

первым и вторым источниками?

- 1) $\frac{1}{4}$ 2) 2 3) $\frac{1}{2}$ 4) 4

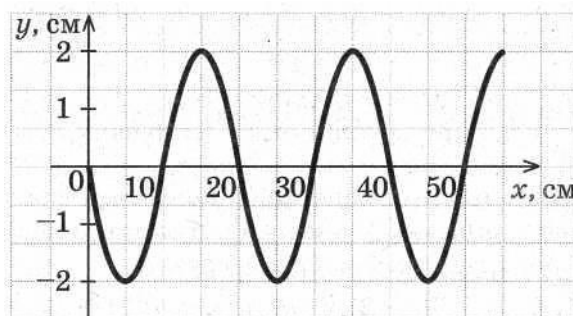
A30 На рисунке приведена зависимость числа нераспавшихся ядер N от времени в процессе радиоактивного распада для трех изотопов. Для какого из них период полураспада минимален?

- 1) I 2) II
3) III 4) У всех одинаков

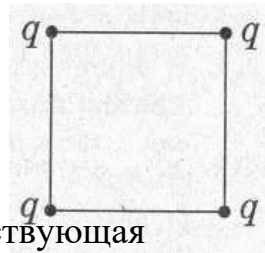


B1 За 2,5 с прямолинейного равноускоренного движения тело прошло 40 м, увеличив свою скорость в 3 раза. Определите начальную скорость тела.

- В2 Фольгу из золота раскатывают до толщины 0,1 мкм. Плотность золота 19300 кг/м³. Оцените, сколько примерно слоев атомов золота «пробивает» частица, пролетающая сквозь фольгу. Ответ округлите до двух значащих цифр.
- В3 При лечении электростатическим душем к электродам прикладывается разность потенциалов 10^5 В. Какой заряд проходит между электродами за время процедуры, если известно, что электрическое поле совершает при этом работу, равную 1800 Дж? Ответ выразите в милликулонах.
- В4 При облучении катода светом частотой $\nu = 1,2 \cdot 10^{15}$ Гц фототок прекращается при приложении между анодом и катодом напряжения $U = 1,65$ В. Чему равна частота ν_0 , соответствующая красной границе фотоэффекта для вещества фотокатода? Полученный числовой ответ умножьте на 10^{-13} , затем округлите до целых.
- С1 К концам невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через неподвижный блок без трения в оси, подвешены грузы массами $m_1 = 0,5$ кг и $m_2 = 0,3$ кг. Чему равно ускорение, с которым движется второй груз?
- С2 Маятник с чернильницей укреплен на движущемся игрушечном автомобиле и колеблется в плоскости ZOY , перпендикулярной движению автомобиля. Длина маятника $l = 0,1$ м. Чернильница оставила на столе след, показанный на рисунке. Чему равна скорость автомобиля?
- С3 Стоящий вертикально цилиндрический закрытый сосуд высотой 0,8 м разделен на две части невесомым, скользящим без трения тонким поршнем. На какой высоте установится поршень, если в верхней части сосуда находится гелий (молярная масса $M_1 = 0,004$ кг/моль), а в нижней – азот (молярная масса $M_2 = 0,028$ кг/моль)? Массы газов в обеих частях равны.



С4 Четыре одинаковых заряда q расположены на плоскости в вершинах квадрата и удерживаются в равновесии связывающими их, не проводящими ток нитями.



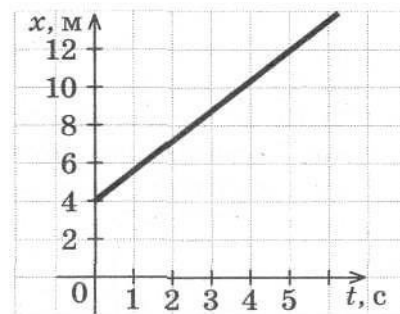
Натяжение нитей $T = 7,6 \cdot 10^{-3}$ Н. Чему равна сила F , действующая на каждый из зарядов со стороны ближайших зарядов?

С5 Медный куб с длиной ребра $a = 0,1$ м скользит по столу с постоянной скоростью $V = 10$ м/с, касаясь стола одной из плоских поверхностей. Вектор индукции магнитного поля $B = 0,2$ Тл направлен вдоль поверхности стола и перпендикулярно вектору скорости куба. Найдите модуль вектора напряженности электрического поля, возникающего внутри металла, и модуль разности потенциалов между центром куба и одной из его вершин.

С6 Чему равна длина волны λ_e , соответствующая красной границе фотоэффекта, если при облучении металлической пластинки светом длиной волны $\lambda = 3,3 \cdot 10^{-7}$ м максимальная скорость выбиваемых электронов составляет 800 км/с?

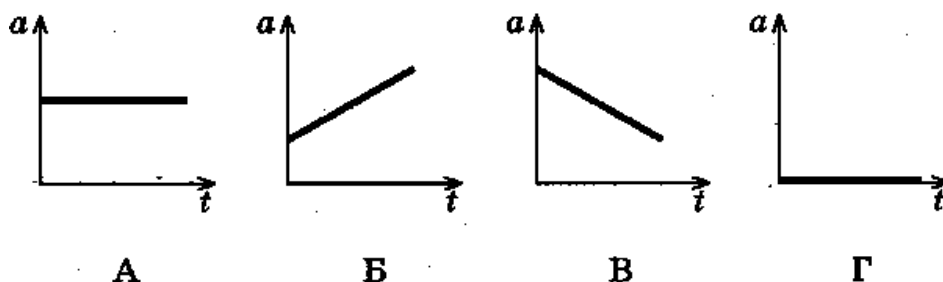
Вариант №3

А1 На рисунке показан график движения тела. Определите значение его координаты и скорости движения в момент времени 5 с.



- 1) 4 м; 1,6 м/с 2) 12 м; 2,4 м/с
3) 12 м; 1,6 м/с 4) 4 м; 2,4 м/с

А2 На рисунке изображены графики зависимости ускорения от времени для



разных видов движения. Какой из графиков соответствует равноускоренному движению?

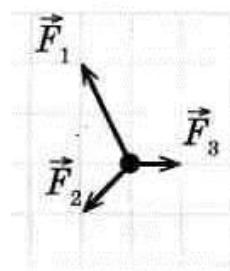
- 1) График А 2) График Б 3) График В 4) График Г

А3 Период обращения Земли вокруг Солнца равен одному году, радиус орбиты Земли равен 150 млн км. Скорость движения Земли по орбите равна примерно

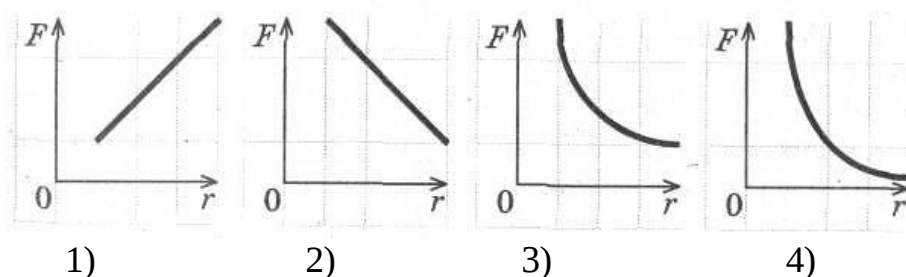
- 1) 30 м/с 2) 30 км/с 3) 150 км/с 4) 1800 км/с

А4 На покоящееся тело начинают действовать три силы, изображенные на рисунке. Куда начнет двигаться тело?

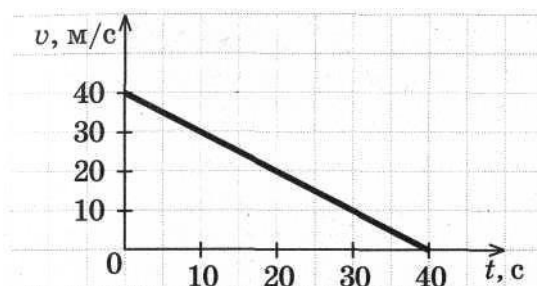
- 1) $\leftarrow$ 2) $\uparrow$ 3) $\rightarrow$ 4) $\nwarrow$



А5 Какой из графиков правильно отражает зависимость модуля силы всемирного тяготения F от расстояния между телами r ?

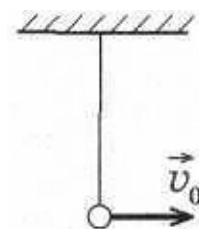


А6 Скорость автомобиля массой 1000 кг при торможении изменяется в соответствии с графиком, представленным на рисунке. Чему равна кинетическая энергия автомобиля через 20 с после начала торможения?



- 1) $8 \cdot 10^5$ Дж 2) $4 \cdot 10^5$ Дж 3) $2 \cdot 10^5$ Дж 4) 10^5 Дж

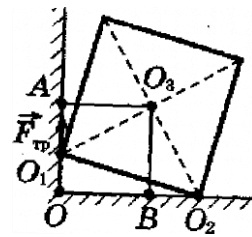
А7 Шарику на нити, находящемуся в положении равновесия, сообщили небольшую горизонтальную скорость $V_0 = 2$ м/с (рис.). На какую высоту поднимется шарик?



- 1) 40 см 2) 20 см 3) 10 см 4) 5 см

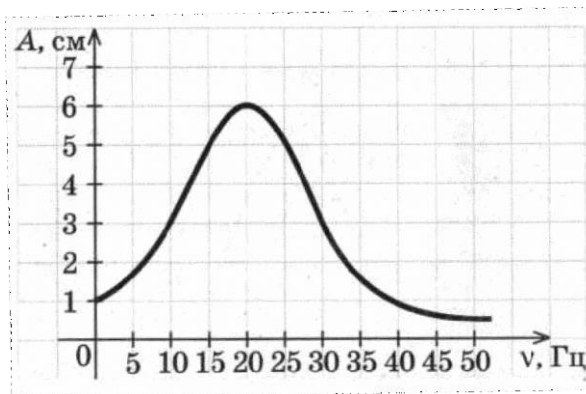
A8 Однородный куб опирается одним ребром на пол, другим – на вертикальную стену (рис.). Плечо силы трения $F_{\text{тр}}$ относительно точки I_2 равно

- 1) OO_2 2) O_1O_2 3) O_2O_3 4) 0



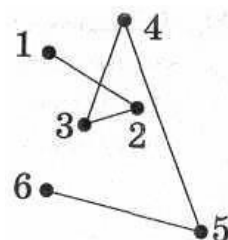
A9 На рисунке представлен график зависимости амплитуды A вынужденных колебаний от частоты ν вынуждающей силы. Резонанс происходит при частоте, приблизительно равной

- 1) 0 Гц 2) 10 Гц
3) 20 Гц 3) 30 Гц



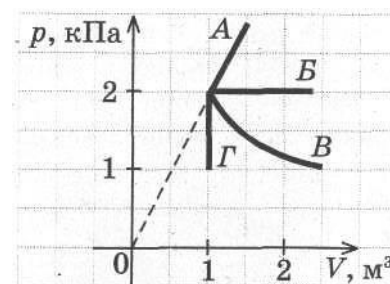
A10 На рисунке показаны положения броуновской частицы в жидкости с интервалом 30 с, которые наблюдались в препарате. Изменение направления перемещения частицы в точке 2 произошло вследствие изменения

- 1) направления конвективных потоков жидкости
2) сил поверхностного натяжения
3) вязкости жидкости
4) равнодействующей сил действия молекул жидкости на частицу

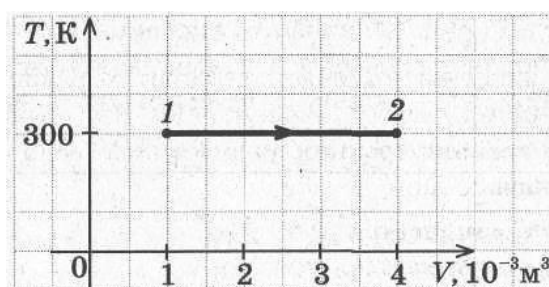


A11 Какой из графиков, изображенных на рисунке, соответствует процессу, проведенному при постоянном объеме газа?

- 1) A 2) Б 3) В 4) Г



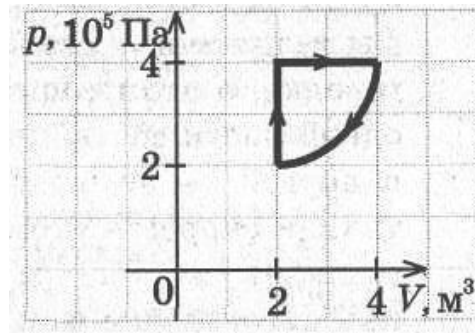
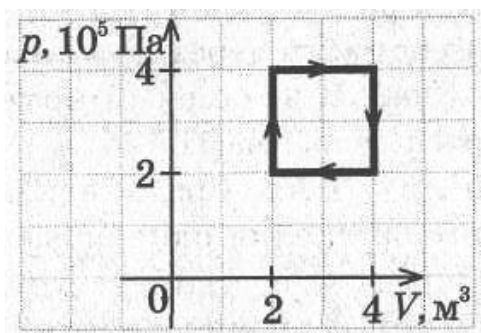
A12 На TV-диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Начальное давление газа было равно 10^6 Па. Количество



теплоты, полученное газом, равно 3 кДж. Чему равна работа, совершенная газом?

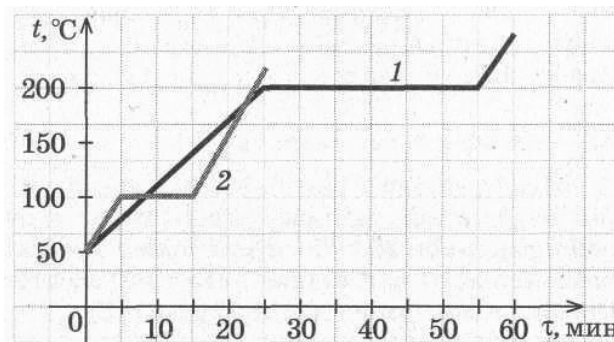
- 1) 1 кДж 2) 3 кДж 3) 4 кДж 4) 7 кДж

A13 Сравните КПД тепловых машин, работающих по циклам



- 1) $\eta_1 > \eta_2$ 2) $\eta_1 < \eta_2$
3) $\eta_1 = \eta_2$ 4) сравнить невозможно

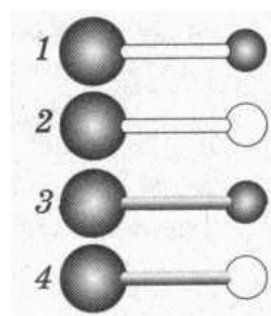
A14 На графике показаны кривые нагревания двух жидкостей одинаковой массы при постоянной мощности подводимого тепла. Отношение удельной теплоты парообразования первого вещества



к удельной теплоте парообразования второго равно

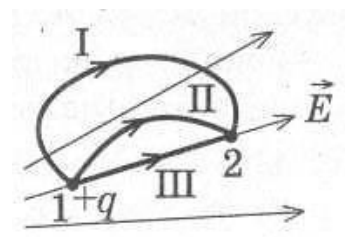
- 1) $\frac{1}{3}$ 2) $\frac{1}{2}$ 3) 2 4) 3

A15 На рисунке показаны четыре способа соединения большого металлического положительно заряженного шара с малым шаром. В каком случае заряд большого шара изменится сильнее? При этом используются металлические (черные) и пластмассовые (белые) шары и стержни.



- 1) В первом 2) Во втором 3) В третьем 4) В четвертом

A16 В неоднородном электростатическом поле перемещается положительный заряд из точки 1 в точку 2 по разным траекториям (рис.). Сравните работы сил поля по этим траекториям.



- 1) $A_1 > A_2 > A_3$ 2) $A_1 < A_2 < A_3$ 3) $A_1 > A_2 < A_3$ 4) $A_1 = A_2 = A_3$

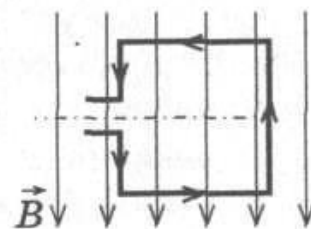
A17 Сила тока, согласно определению, равна

- 1) $\sqrt{\frac{\Delta Q}{R \Delta t}}$ (ΔQ – количество теплоты, выделившееся в проводнике сопротивлением R за время Δt)
 2) $\frac{\Delta q}{\Delta t}$ (Δq – заряд, прошедший через поперечное сечение проводника, Δt – промежуток времени, в течение которого это произошло)
 3) $\frac{F}{Bl}$ (F – сила, действующая на проводник длиной l в магнитном поле индукцией $\vec{B}$ ($\vec{B}l$))
 4) $\frac{U}{R}$ (U – напряжение на концах проводника, R – его сопротивление)

A18 В четырехвалентный кремний добавили в первом опыте трехвалентный химический элемент, а во втором – пятивалентный элемент. Каким типом проводимости в основном будет обладать полупроводник в каждом случае?

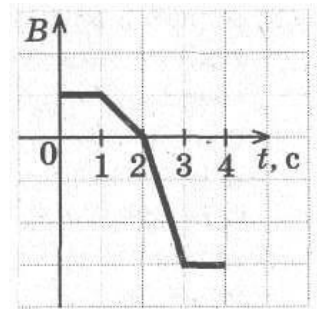
- 1) В первом случае – дырочной, во втором случае – электронной
 2) В первом случае – электронной, во втором случае – дырочной
 3) В обоих случаях электронной
 4) В обоих случаях дырочной

A19 В однородном магнитном поле в плоскости его силовых линий находится рамка, по которой идет ток (рис.). Сила, действующая на нижнюю сторону рамки, направлена



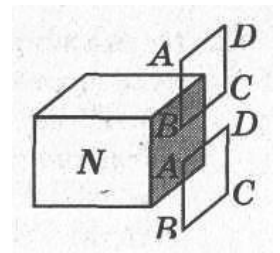
- 1) к низу листа 2) к верху листа
 3) из плоскости листа на нас • 4) в плоскость листа от нас ⊗

A20 Неподвижный виток провода находится в магнитном поле и своими концами замкнут на амперметр. Значение магнитной индукции поля изменяется с течением времени согласно графику на рисунке. В какой промежуток времени амперметр покажет наличие электрического тока в витке?



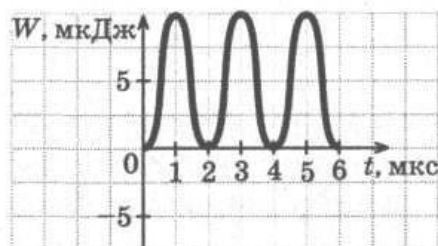
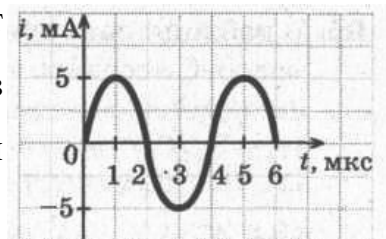
- 1) 0-1 с и 3-4 с 2) 1-2 с 3) 2-3 с 4) 1-3 с

A21 Вблизи северного полюса магнита падает медная рамка ABCD (рис.). При прохождении верхнего и нижнего положений рамки, показанных на рисунке, индукционный ток в стороне АВ рамки

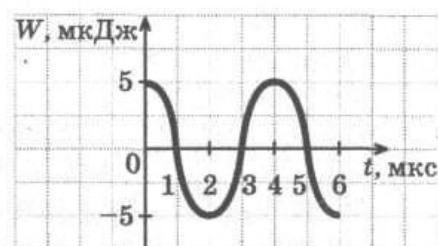


- 1) равен нулю в обоих положениях
2) направлен вверх в обоих положениях
3) направлен вниз в обоих положениях
4) направлен вверх и вниз соответственно

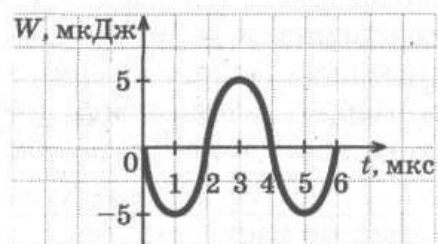
A22 На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре. На каком из графиков правильно показан процесс изменения энергии магнитного поля катушки?



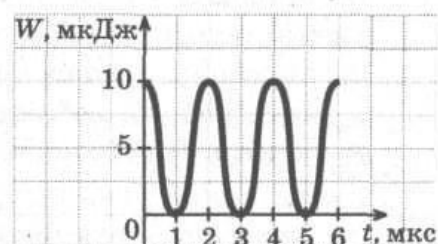
1)



2)



3)

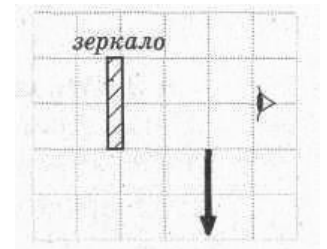


4)

A23 Укажите устройство, в котором используется явление возникновения силы, действующей на проводник в магнитном поле, при прохождении через проводник электрического тока.

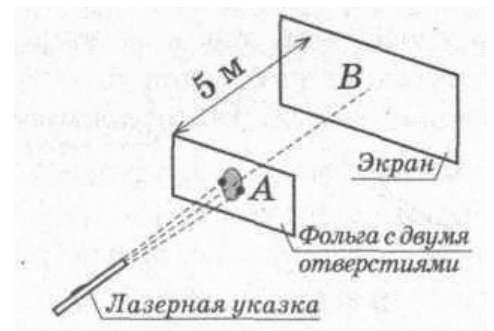
- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1) Реостат | 2) Металлоискатель |
| 3) Электродвигатель | 4) Электрочайник |

A24 На сколько клеток и в каком направлении следует переместить глаз наблюдателя, чтобы изображение стрелки в зеркале было видно глазу полностью?



- | | |
|--|--|
| 1) Стрелка и так видна глазу полностью | 3) На 1 клетку вверх |
| 2) На 1 клетку влево | 4) На 1 клетку вверх и на 1 клетку влево |

A25 Если направить на два узких отверстия, расположенных в фольге на расстоянии $d = 1$ мм друг от друга пучок света от лазерной указки (длина волны света 700 нм), то на экране, расположенном от фольги на расстоянии 5 м, в области геометрической тени на оси симметрии АВ наблюдается

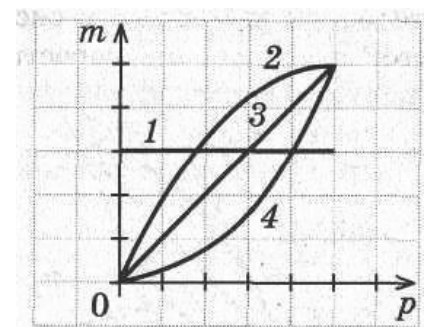


- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1) темнота | 2) темная полоса шириной $3,5$ мм |
| 3) светлая полоса шириной $3,5$ мм | 4) светлый круг диаметром $3,5$ мм |

A26 Согласно СТО масса частицы выражается через полную энергию и импульс тела соотношением

$$m = \sqrt{\frac{E^2}{c^4} - \frac{p^2}{c^2}}.$$

Какой из графиков верно

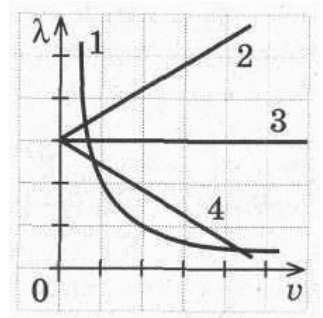


отражает зависимость массы тела в СТО от импульса частицы?

- | | | | |
|------|------|------|------|
| 1) 1 | 2) 2 | 3) 3 | 4) 4 |
|------|------|------|------|

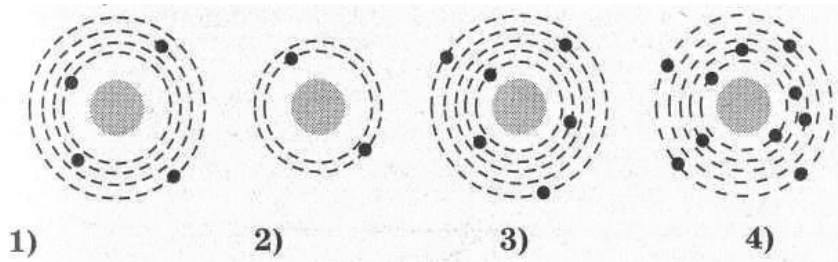
A27 На каком из графиков правильно показана зависимость длины волны де Бройля электрона от его скорости?

- 1) 1 2) 2
3) 3 4) 4

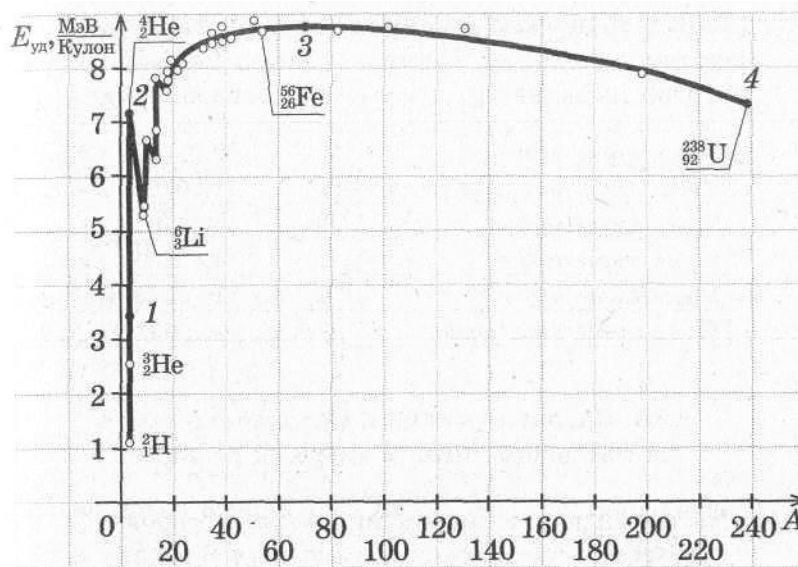


A28 На рисунке изображены схемы четырех атомов.

Черными точками обозначены электроны. Атому ${}^{12}_6\tilde{\text{N}}$, соответствует схема



A29 На графике представлена зависимость удельной энергии $\bar{A}_{\text{св}}$ связи нуклонов в ядре атома от массового числа A атома. При распаде какого из ядер, отмеченных на кривой, может выделяться энергия?



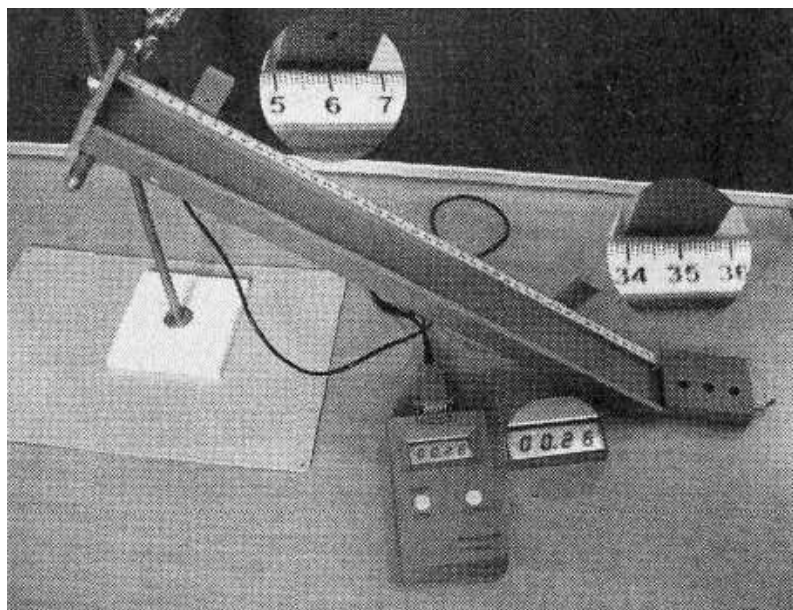
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A30 Какой из приведенных ответов является верным ответом на вопрос: в каких случаях НЕЛЬЗЯ использовать модель идеального газа?

- А. При температурах, близких к абсолютному нулю.
Б. При высоких концентрациях частиц.

- 1) Только в случае А 2) Только в случае Б
3) В обоих случаях 4) Ни в одном случае

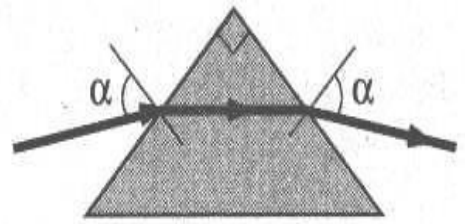
В1 На рисунке представлена фотография установки по исследованию скольжения бруска по наклонной плоскости. Цифры на линейке, расположенной вдоль наклонной плоскости, обозначают сантиметры. В момент начала движения магнит, находящийся в центре бруска, через верхний датчик включает секундомер. При прохождении магнита мимо нижнего датчика секундомер выключается. Чему равна мгновенная скорость бруска в момент прохождения его мимо нижнего датчика?



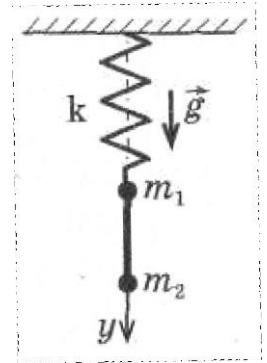
В2 Для определения удельной теплоемкости вещества тело из этого вещества массой 400 г, нагретое до температуры 100°C , опустили в железный стакан калориметра, содержащий 200 г воды. Начальная температура калориметра с водой равна 30°C . После установления теплового равновесия температура тела, воды и калориметра оказалась равна 40°C . Определите удельную теплоемкость вещества исследуемого тела. Масса калориметра равна 100 г, удельная теплоемкость железа равна $640 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$, удельная теплоемкость воды равна $4180 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$.

В3 Шарик массой $m = 0,2 \text{ г}$ подвешен на шелковой нити длиной $L = 15 \text{ см}$. Шарик имеет положительный заряд $q = +10^{-7} \text{ Кл}$ и находится в однородном электрическом поле напряженностью $E = 10^4 \text{ В/м}$, направленной вертикально вниз. Каков период малых колебаний шарика? Дайте ответ с точностью до сотых

В4 Если луч света падает на прямоугольную призму под углом $\alpha = 70^\circ$ ($\sin 70^\circ = 0,94$), то ход луча оказывается симметричным. Каков показатель преломления n материала призмы? Ответ округлите до десятых.



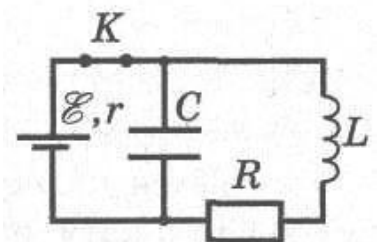
С1 К нижнему концу легкой пружины подвешены связанные невесомой нитью грузы: верхний массой $m_1 = 0,5$ кг и нижний массой $m_2 = 0,2$ кг (см. рисунок). Нить, соединяющую грузы, пережигают. С каким ускорением начнет двигаться верхний груз?



С2 На поверхность воды капают раствор подсолнечного масла в бензине. Сначала на поверхности воды образуется круглое радужное пятно, затем бензин испаряется, пятно исчезает. Посыпание поверхности воды тальком через тонкое ситечко позволяет обнаружить границы невидимого до того масляного пятна диаметром 20 см. Оцените по этим данным размер молекул масла, если концентрация масла в бензине 0,1 % (по объему), а объем капли бензина 0,05 мл. Плотности бензина и масла примерно равны.

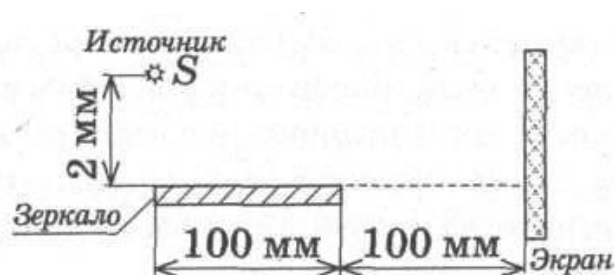
С3 Две непроводящие вертикально расположенные параллельные заряженные пластины находятся на расстоянии $d = 10$ см друг от друга. Напряженность поля между ними $E = 10^5$ В/м. Между пластинами на равном расстоянии от них помещен шарик, имеющий заряд $q = 10^{-6}$ Кл и массу $m = 40$ г. После того, как шарик отпустили, он начал падать. Через какое время Δt шарик ударится об одну из пластин?

С4 В электрической цепи, состоящей из источника с ЭДС равной 5 В, ключа К, конденсатора емкостью 0,1 мкФ, катушки индуктивностью 0,2 Гн и резистора сопротивлением 1 кОм идет ток (рис.). Какое количество теплоты выделится на резисторе



после размыкания ключа, если $r = 1 \text{ Ом}$.

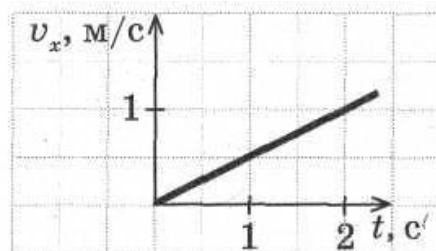
- C5 Монохроматический точечный источник света в оптической системе, представленной на рисунке, излучает свет длиной волны 600 нм . Чему равно расстояние x между двумя соседними светлыми полосами интерференционной картины на экране в области напротив источника?



- C6 Для разгона космических аппаратов и коррекции их орбит предложено использовать солнечный парус – скрепленный с аппаратом легкий экран большой площади из тонкой пленки, которая зеркально отражает солнечный свет. Чему равно добавочное изменение скорости космического аппарата массой 1000 кг (включая массу паруса) за 24 часа, если размеры паруса $200 \text{ м} \times 200 \text{ м}$? Мощность W солнечного излучения, падающего на 1 м^2 поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, составляет 1370 Вт/м^2 .

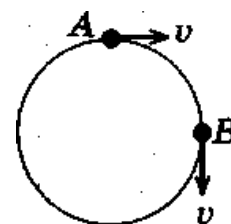
Вариант №4

- A1 Тело движется по оси OX . Проекция его скорости $V_x(t)$ меняется по закону, приведенному на графике. Путь, пройденный телом за 1 с , равен



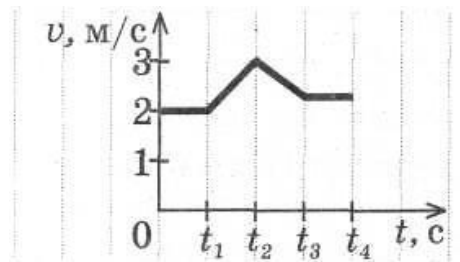
- 1) $0,25 \text{ м}$ 2) $0,5 \text{ м}$ 3) 1 м 4) 2 м

- A2 При равномерном движении по окружности модуль вектора изменения скорости при перемещении из точки A в точку B (см. рис.) равен



- 1) 0 2) $V\sqrt{2}$ 3) $2V$ 4) V

А3 На рисунке изображен график изменения модуля скорости прямолинейного движения вагона с течением времени в инерциальной системе отсчета. В какие промежутки времени суммарная сила, действующая на вагон со стороны других тел, НЕ равна нулю?



- 1) $0 - t_1$; $t_3 - t_4$ 2) Во все промежутки времени
3) $t_1 - t_2$; $t_2 - t_3$ 4) Ни в
один из указанных
промежутков времени

А4 Для измерения жесткости пружины ученик собрал установку (см. рис.1), и подвесил к пружине груз массой 0,1 кг (см. рис.2). Какова жесткость пружины?

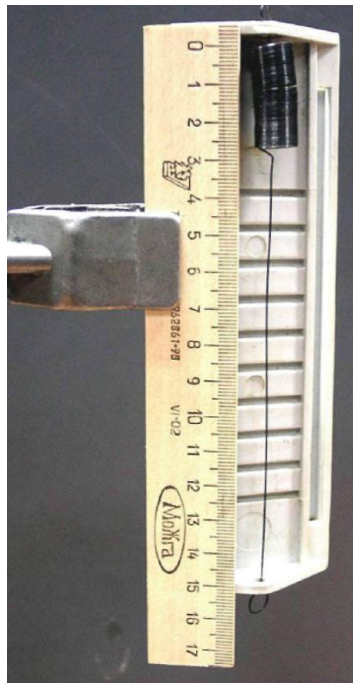


Рис.1

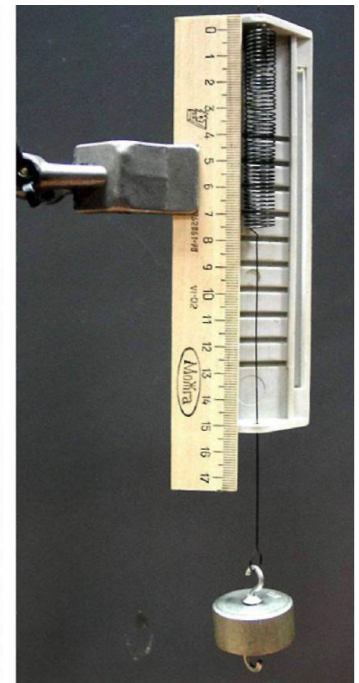


Рис.2

- 1) 40 Н/м
2) 20 Н/м
3) 13 Н/м
4) 0,05 Н/м

А5 Модуль скорости тела, движущегося под действием постоянной силы по прямой, изменяется в соответствии с графиком (рис.1). Какой из графиков на рисунке 2 правильно отражает зависимость мощности этой силы от времени?

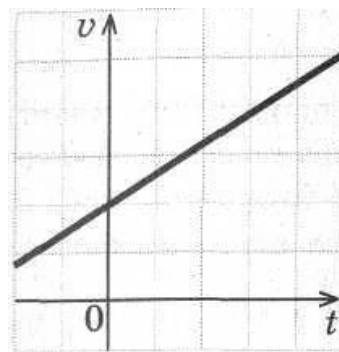


Рис.1

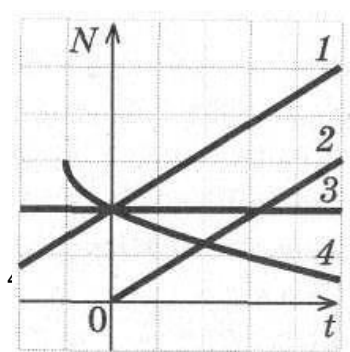


Рис.2

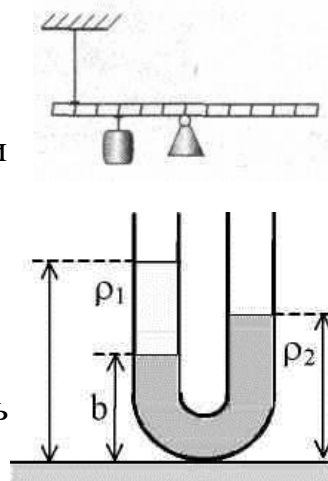
- 1) 1 2) 2

А6 С использованием нити ученик уравновесил рычаг. Масса

подвешенного к рычагу груза равна 2 кг. Сила натяжения нити равна

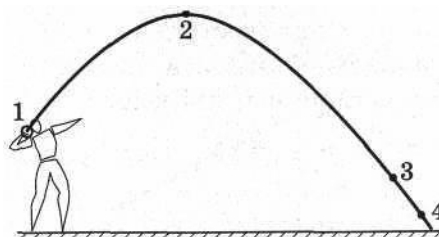
- 1) 4 Н 2) 8 Н
3) 12 Н 4) 16 Н

A7 В широкую U-образную трубку с вертикальными прямыми коленами налиты неизвестная жидкость ρ_1 и вода плотностью $\rho_2 = 1,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ (см. рисунок). На рисунке $b = 10 \text{ см}$, $h = 24 \text{ см}$, $H = 30 \text{ см}$. Плотность жидкости ρ_1 равна



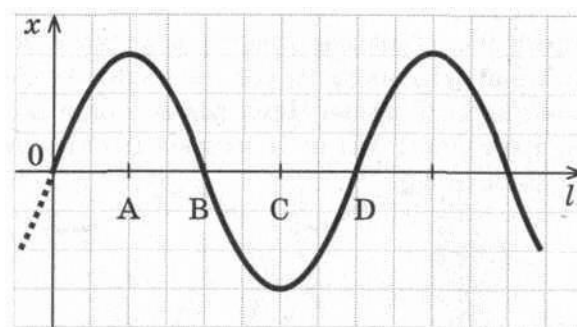
- 1) $0,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ 2) $0,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
3) $0,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ 4) $0,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$

A8 На рисунке представлена траектория движения тел брошенного под углом к горизонту. В какой из четырех точек, отмеченных на траектории, кинетическая энергия тела имеет максимальное значение?



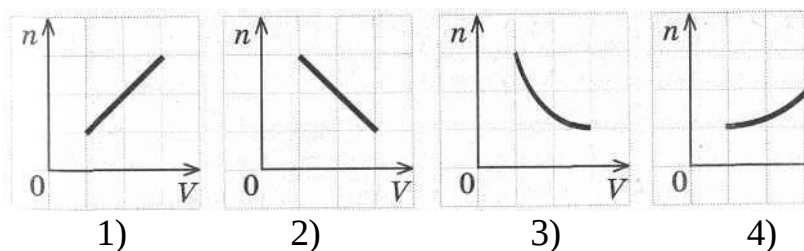
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A9 На рисунке изображен шнур, по которому распространяется поперечная волна в некоторый момент времени. Расстояние между какими точками равно половине длины волны?

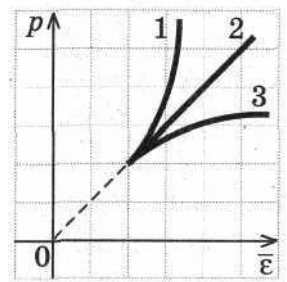


- 1) OB 2) AB 3) OD 4) AD

A10 Газ сжимают в сосуде с подвижным поршнем. Как из графиков правильно отражает зависимость концентрации молекул (числа молекул в единице объема) газа от объема?

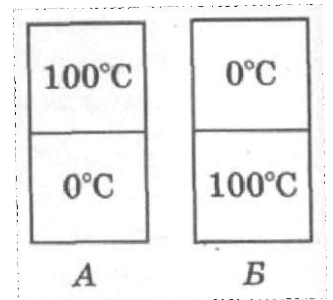


A11 Какой график верно отражает взаимосвязь давления и средней кинетической энергии поступательного движения молекул при их постоянной концентрации в сосуде с идеальным газом?



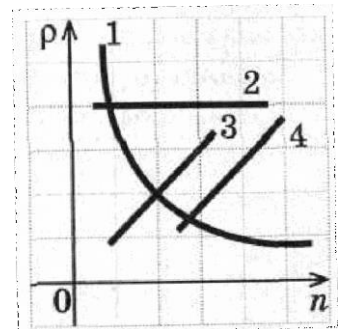
- 1) 1 2) 2
3) 3 4) ни один из графиков

A12 Тепловой контакт двух сосудов с газами при разных температурах осуществляется способом $\dot{A}$ и способом $\acute{A}$. Если теплообмен возможен только между сосудами, то средняя кинетическая энергия молекул в верхнем сосуде увеличивается



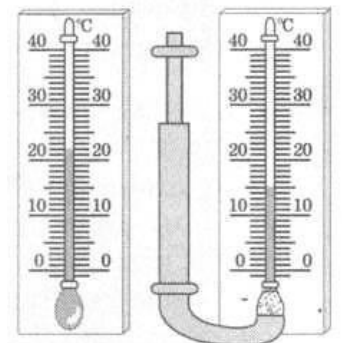
- 1) только в случае $\dot{A}$ 2) только в случае $\acute{A}$
3) в обоих случаях 4) ни в одном из случаев

A13 Какой из графиков отражает связь между плотностью газа и концентрацией его молекул



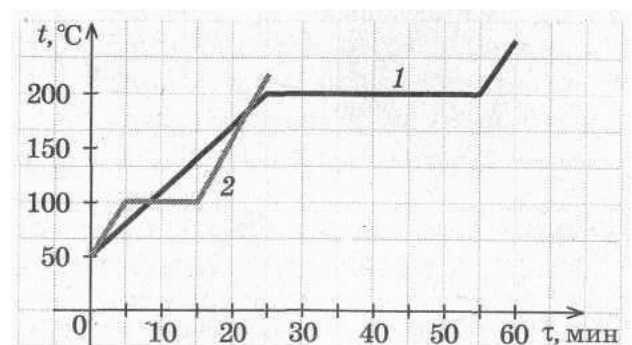
- 1) 1 2) 2
3) 3 4) 4

A14 На рисунке показан прибор для измерения влажности в комнате. Чему равна влажность воздуха в этой комнате?



- 1) 22/15 2) 15/22
3) Для ответа на вопрос необходима таблица зависимости давления насыщенных паров от температуры
4) Для ответа на вопрос необходима психрометрическая таблица

A15 На графике показаны кривые нагревания двух жидкостей одинаковой массы при постоянной



мощности подводимого тепла. Отношение температур кипения первого вещества к температуре кипения второго равно

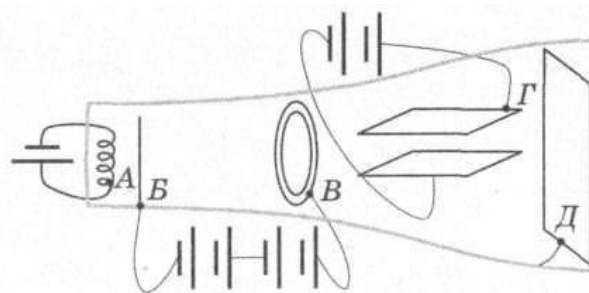
- 1) $1/3$ 2) $1/2$ 3) 2 4) 3

A16 На рисунке представлена схема электронно-лучевой трубки. Буквами $\hat{A}$, $\acute{A}$, $\hat{A}$, $\tilde{A}$, $\ddot{A}$ обозначены точки, лежащие на:

$\hat{A}$ – спирали, нагревающей катод электронной пушки, $\acute{A}$ – катоде электронной пушки, $\hat{A}$ – кольцевом аноде электронной пушки, $\tilde{A}$ – отклоняющих пластинах, $\ddot{A}$ – экране трубки.

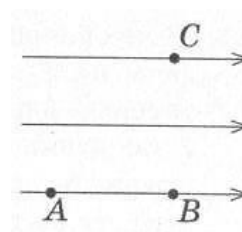
Чтобы экран не электризовался, нужно соединить проводником точку $\hat{A}$ с точкой

- 1) $\hat{A}$ 2) $\acute{A}$
3) $\hat{A}$ 4) $\tilde{A}$



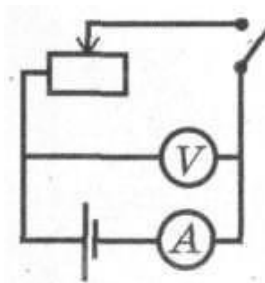
A17 Три точки A, B и C однородного поля показаны на рисунке. Как соотносятся потенциалы точек?

- 1) $\varphi_A > \varphi_B > \varphi_C$ 2) $\varphi_A > \varphi_B = \varphi_C$
3) $\varphi_A < \varphi_B < \varphi_C$ 4) $\varphi_A < \varphi_B = \varphi_C$

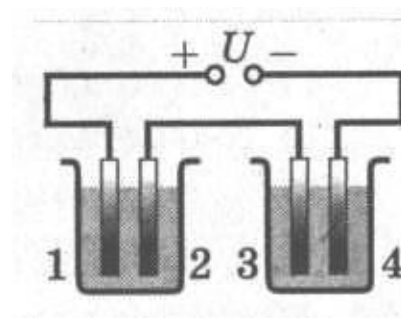


A18 В электрической цепи, изображенной на рисунке, ползунок реостата переместите влево. Как изменились при этом показания вольтметра и амперметра?

- 1) показания обоих приборов увеличились
2) показания обоих приборов уменьшились
3) показания амперметра увеличились, вольтметра уменьшились
4) показания амперметра уменьшились, вольтметра увеличились



A19 На рисунке показаны два сосуда с раствором медного купороса, соединенные последовательно с источником тока, напряжение на выходных клеммах которого и полярность клемм заданы. На каких из угольных электродов,



опущенных в сосуды, будет выделяться медь при пропускании тока через раствор?

- 1) только на 1 2) только на 4 3) только на 2 и 3 4) только на 2 и 4 A20

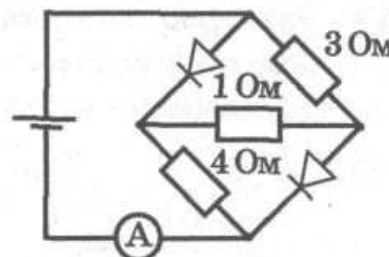
В схеме на рисунке амперметр показывает силу

тока 1 А. Какую силу тока покажет амперметр при смене полярности источника тока?

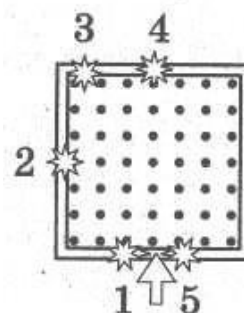
Внутренним сопротивлением источника и амперметра пренебречь. Сопротивление диода,

включенного в прямом направлении, считать равным нулю.

- 1) 1 А 2) 0,33 А 3) 0,25 А 4) 0,1 А

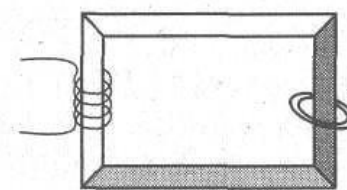


A21 В камере прибора создано магнитное поле, направленное так, как показано на рисунке (перпендикулярно плоскости рисунка к нам). В прибор влетают с одинаковыми скоростями разные частицы, являющиеся продуктами различных ядерных реакций (электроны ${}_{-1}^0e$, позитроны ${}_{+1}^0e$, протоны 1_1p , нейтроны 1_0n , α -частицы 4_2He и γ -кванты). Позитрон попадает на экран в точке



- 1) 1 2) 2 3) 5 4) 4

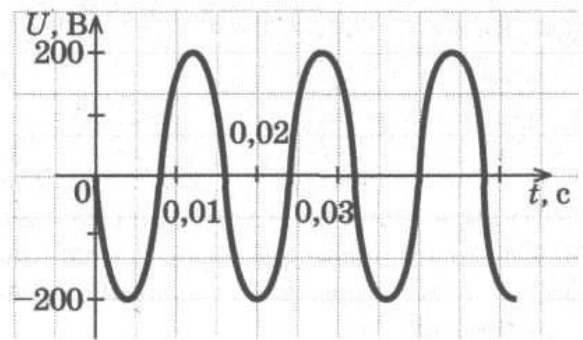
A22 На сердечник в виде сплошной массивной рамки из стали квадратного сечения в двух его частях (рис.) намотана катушка из изолированного проводника и надето кольцо. Вихревое



электрическое поле при пропускании по катушке периодически меняющегося тока возникает

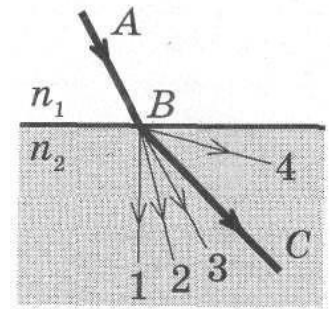
- 1) только вдоль стержней сердечника
2) только внутри стержней сердечника поперек его сечения
3) только в кольце по его периметру
4) в кольце по периметру и в сердечнике поперек его сечения

A23 На рисунке показан график изменения напряжения на выходе генератора с течением времени. Чему равен период колебаний напряжения?



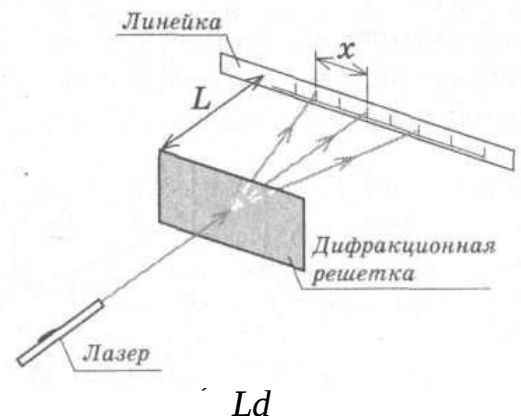
- 1) 50 с 2) 0,017 с
3) 60 с 4) 0,02 с

A24 Луч AB преломляется в точке B на границе раздела двух сред с показателями преломления $n_1 > n_2$ и идет по пути BC (рис.). Если показатель n_2 уменьшить, сохранив условие $n_1 > n_2$, то луч AB после преломления пойдет по пути



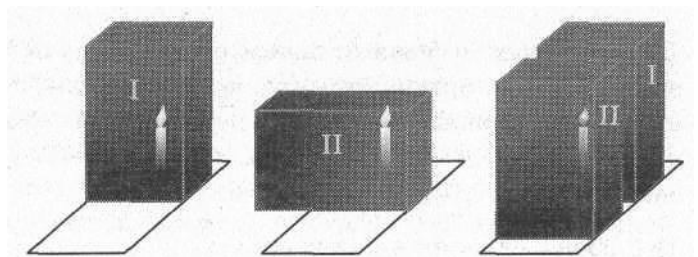
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A25 На рисунке показана установка для измерения длины световой волны с помощью дифракционной решетки. Расстояние от решетки до линейки – L , период решетки – d . На решетку падает луч от лазера перпендикулярно плоскости решетки, при этом на линейке на расстоянии x друг от друга (рис.) возникают яркие пятна. Длина волны света, излучаемого лазером, равна



- 1) $\frac{xd}{L}$ 2) $\frac{Ld}{x}$ 3) $\frac{xL}{d}$

A26 Имеются два (I и II) одинаковых кристалла турмалина, с помощью которых изучают поляризацию. При рассматривании через них горящей свечи она видна при всех трех способах расположения кристаллов



показанных на рисунке. Что будет наблюдаться, при повороте кристалла II по часовой стрелке на 180° на правом рисунке?

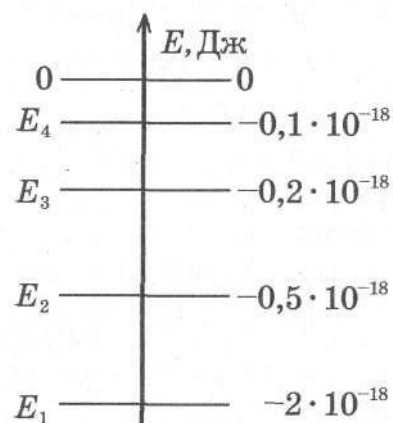
- 1) картина останется неизменной
- 2) поверхность II, будет постепенно темнеть и в конце поворота свеча не будет видна сквозь два кристалла
- 3) поверхность II, будет сначала темнеть, потом посветлеет, и в конце поворота свеча будет видна сквозь два кристалла, как и в исходном положении
- 4) при повороте на небольшой угол свеча исчезнет и поверхность II останется темной до конца поворота

A27 В одной системе отсчета получили связь периода колебаний пружинного маятника от массы груза $T \sim \sqrt{m}$. Какая зависимость будет получена в системе отсчета движущейся относительно этой системы отсчета со скоростью V , близкой к скорости света c ?

- 1) $T \sim \sqrt{m}$
- 2) $T = \text{const}$
- 3) $T \sim m$
- 4) $T \sim \frac{m}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$

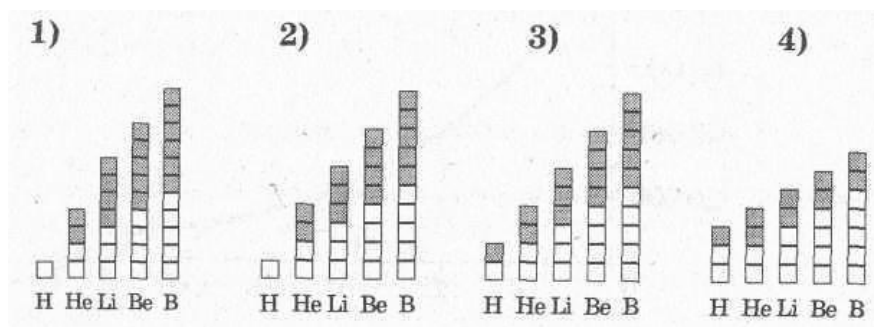
A28 На рисунке изображена схема возможных значений энергии атомов газа. Атомы находятся в состоянии с энергией E_3 . Какие фотоны может поглощать данный газ?

- 1) Фотоны с любой энергией, большей $0,2 \cdot 10^{-18}$ Дж
- 2) Фотоны с любой энергией в пределах от 0 до $0,2 \cdot 10^{-18}$ Дж
- 3) Фотоны с энергией $0,1 \cdot 10^{-18}$ Дж и $0,1 \cdot 10^{-18}$ Дж
- 4) Фотоны с энергией $0,1 \cdot 10^{-18}$ Дж, $0,2 \cdot 10^{-18}$ Дж и любой, большей $0,2 \cdot 10^{-18}$ Дж

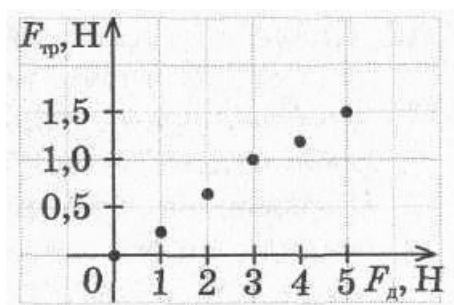


A29 В Периодической системе Менделеева указаны следующие номера и молярные массы элементов: Н (№ 1; 1,00794), He

(М 2; 4,0026), Li (№ 3; 6,941), Be (№ 4; 9,01218), B (№ 5; 10,811). Выберите диаграмму, правильно отражающую соотношение числа протонов и нейтронов в ядрах наиболее распространенных изотопов различных элементов. Светлые квадратики на диаграмме – протоны, заштрихованные – нейтроны.



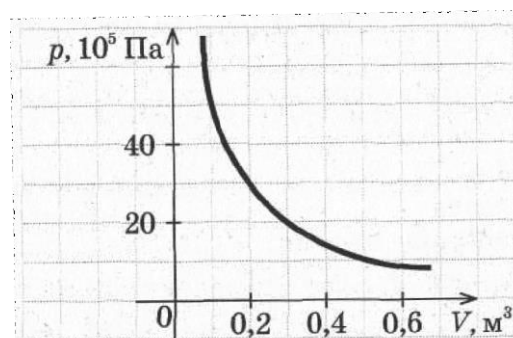
A30 При исследовании зависимости силы трения от силы нормального давления были получены результаты, представленные на графике. Наиболее точно отражает результаты эксперимента зависимость



- 1) $F_{\text{тр}} = 0,3F_{\text{д}}$ 2) $F_{\text{тр}} = 0,2F_{\text{д}}$ 3) $F_{\text{тр}} = 0,1F_{\text{д}}$ 4) $F_{\text{тр}} = 0,4F_{\text{д}}$

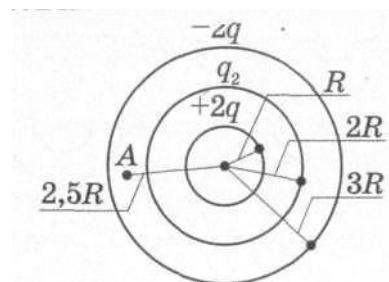
B1 Рассчитайте центростремительное ускорение льва, спящего на экваторе, в системе отсчета, две оси координат которой лежат в плоскости экватора и направлены на неподвижные звезды, а начало координат совпадает с центром Земли. Ответ округлите до двух значащих Цифр.

B2 На рисунке показан график изотермического сжатия газа при температуре 300 К. Какое количество газообразного вещества (в моль) содержится в этом сосуде? Ответ округлите до целого числа.



B3 Потенциал электрического поля, созданного точечным зарядом $q = 10$ пКл на расстоянии R $\varphi = 1$ В. Три концентрические сферы радиусами R , $2R$ и

$3R$ несут равномерно распределенные по их поверхностям заряды $q_1 = +2q$, q_2 и $q_3 = -2q$ соответственно (рис.). Значение потенциала поля в точке A , отстоящей на расстоянии $R_A = 2,5R$ от центра сфер, $\varphi_2 = 2,6$ В.

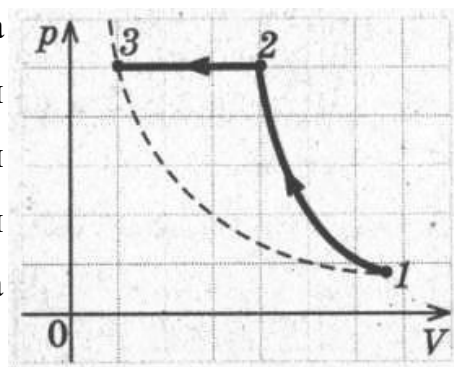


Чему равно значение заряда q_2 ? Ответ приведите с точностью до одного знака после запятой.

- В4 Фотокатод, покрытый кальцием (работа выхода $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$ Дж), освещается светом частотой $\nu = 2 \cdot 10^{15}$ Гц. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружности, у которой максимальный радиус $R = 10$ мм. Чему равна индукция магнитного поля B ? Ответ выразите в миллитеслах и округлите до одного знака после запятой.

- С1 С высоты $H = 20$ м свободно падает стальной шарик. Через $t = 1$ с после начала падения он сталкивается с неподвижной плитой, плоскость которой наклонена под углом 30° к горизонту. На какую высоту h над поверхностью Земли поднимется шарик после удара? Удар шарика о плиту считать абсолютно упругим. Сопротивление воздуха мало.

- С2 Идеальный одноатомный газ сжимается сначала адиабатно, а затем изобарно. Конечная температура газа равна начальной (рис.). При адиабатном сжатии газа внешние силы совершили работу, равную 6 кДж. Чему равна работа внешних сил за весь процесс 1-2-3?



- С3 Конденсатор, электрическая емкость которого $\tilde{N}_1 = 5$ мкФ, заряжен так, что разность потенциалов между его пластинами $U_1 = 100$ В. Вторым конденсатор, электрическая емкость которого $C_2 = 10$ мкФ, имеет разность потенциалов между пластинами $U_2 = 50$ В. Одноименно заряженные

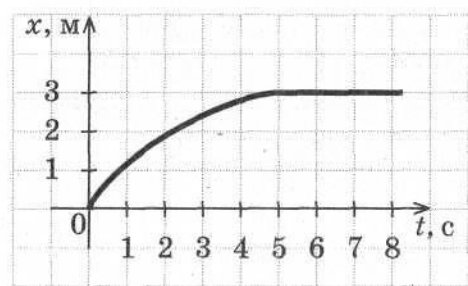
пластины конденсаторов попарно соединили проводниками. Чему равен модуль разности потенциалов U между пластинами каждого конденсатора?

- C4 Плоская замкнутая рамка из одного витка провода, охватывающая прямоугольник площадью $S = 0,01 \text{ м}^2$, лежит на горизонтальной плоскости в однородном вертикальном магнитном поле индукцией $B = 2 \text{ Тл}$. Какой заряд протечет по рамке, если ее повернуть на 180° вокруг одной из ее сторон? Сопротивление рамки равно $R = 0,1 \text{ Ом}$.
- C5 На оси X в точке $x_1 = 10 \text{ см}$ находится тонкая рассеивающая линза, а в точке $x_2 = 30 \text{ см}$ – тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $f_2 = 24 \text{ см}$. Главные оптические оси обеих линз лежат на оси X . Свет от точечного источника, расположенного в точке $x = 0$, пройдя данную оптическую систему, распространяется параллельным пучком. Найдите оптическую силу D рассеивающей линзы.
- C6 Какой постулат специальной теории относительности противоречит классической механике и в чем состоит это противоречие?

Вариант №5

- A1 Человек обошел круглое озеро диаметром 1 км . О пути, пройденном человеком, и модуле его перемещения можно утверждать, что
- 1) путь равен $3,14 \text{ км}$, модуль перемещения равен 1 км
 - 2) путь равен $3,14 \text{ км}$, модуль перемещения равен нулю
 - 3) путь равен нулю, модуль перемещения равен нулю
 - 4) путь равен нулю, модуль перемещения равен $3,14 \text{ км}$

- A2 На рисунке изображен график изменения координаты тела с течением времени. Как изменялась скорость в промежуток времени от 0 до 5 с ?



- 1) Не изменялась
- 2) Увеличивалась

3) Уменьшалась 4) Для ответа на вопрос не хватает данных

A3 Камень свободно падает с некоторой высоты H с начальной скоростью, равной нулю. Сопротивление воздуха мало. Скорость, которую приобретает камень, пропорциональна

- 1) H^2 2) $\frac{1}{H}$ 3) $\sqrt{H}$ 4) H

A4 Ученик измеряет силу кисти своей руки с помощью пружинного силомера. При этом используется способность силы:

I. изменять скорость тел

II. вызывать деформацию

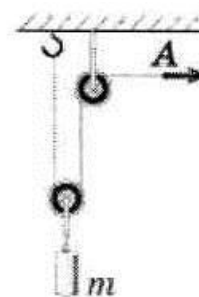
- 1) Только I 2) Только II 3) и I, и II 4) ни I, ни II

A5 Какие законы надо использовать, чтобы объяснить экспериментальный факт, что ускорение свободного падения не зависит от массы тел?

- 1) Второй и третий законы Ньютона
2) Первый и третий законы Ньютона
3) Второй закон Ньютона и закон всемирного тяготения
4) Третий закон Ньютона и закон всемирного тяготения

A6 С помощью системы блоков равномерно поднимают груз массой $m = 10$ кг, прикладывая силу $F = 55$ Н. КПД такого механизма равен

- 1) 5,5 % 2) 45 %
3) 55 % 4) 91 %



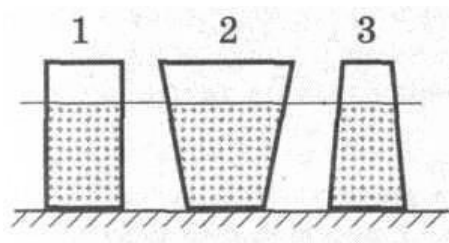
A7 Парашютист спускается с постоянной скоростью. Какие преобразования энергии при этом происходят?

- 1) Потенциальная энергия парашютиста преобразуется полностью в его кинетическую энергию
2) Кинетическая энергия парашютиста полностью преобразуется, в его потенциальную энергию
3) Кинетическая энергия парашютиста полностью преобразуется во внутреннюю энергию парашютиста и воздуха

4) Энергия взаимодействия парашютиста с Землей преобразуется во внутреннюю энергию взаимодействующих тел из-за сил сопротивления воздуха

A8 На рисунке изображены три сосуда с водой.

Площади дна сосудов равны. Сравните силы давления F_1 , F_2 и F_3 жидкости на дно сосуда.

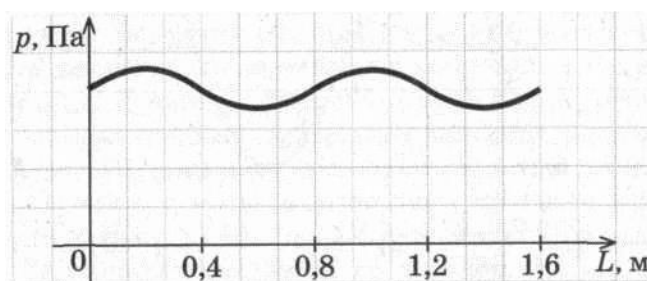


- 1) $F_1 = F_2 = F_3$ 2) $F_1 < F_2 < F_3$
 3) $F_1 = F_2 < F_3$ 4) $F_1 = F_2 > F_3$

A9 В уравнении гармонических колебаний $x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$ величина ω называется

- 1) фазой 2) частотой 3) смещением от положения равновесия
 4) циклической частотой

A10 На рисунке показан график зависимости давления воздуха в некоторый момент времени от расстояния до источника звука при распространении звуковой

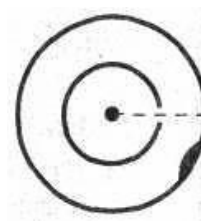


волны. Из этого графика следует, что длина звуковой волны равна

- 1) 0,2 м 2) 0,4 м 3) 0,8 м 4) 1,6 м

A11 На рисунке показана схема опыта Штерна по определению

скорости молекул. Пунктиром обозначена траектория атомов серебра, летящих от проволоки в центре установки через щель во внутреннем цилиндре к внешнему цилиндру при



неподвижных цилиндрах. Черным отмечено место, куда попадали атомы серебра при вращении цилиндров. Какое утверждение верно? Пятно образовалось, когда

- 1) только внешний цилиндр вращался по часовой стрелке
 2) только внутренний цилиндр вращался по часовой стрелке
 3) оба цилиндра вращались по часовой стрелке

4) оба цилиндра вращались против часовой стрелки

A12 Молярная масса – это

1) масса одной молекулы 2) масса одного атома

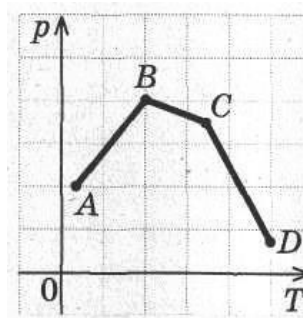
3) масса вещества, реагирующая с углеродом массой 12 г

4) масса $6 \cdot 10^{23}$ молекул вещества

A13 В сосуде, закрытом поршнем, находится идеальный газ.

График зависимости давления газа от температуры при изменении его состояния представлен на рисунке.

Какому состоянию газа соответствует наибольшее значение объема?



1) A

2) B

3) C

4) D

A14 Внутренняя энергия монеты уменьшается, если

1) ее нагреть 2) сообщить ей большую скорость

3) поднять монету над поверхностью Земли

4) положить монету в холодильник

A15 На каком из графиков

правильно изображена

зависимость температуры от

времени в сосуде, который

наполнен льдом и поставлен на

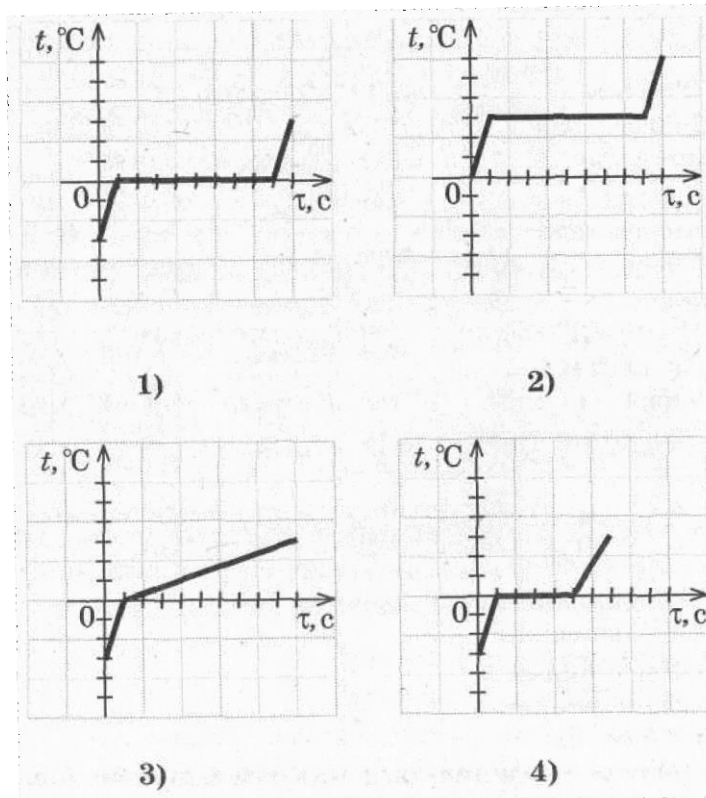
горелку? Удельная

теплоемкость воды больше

удельной теплоемкости льда.

Мощность горелки считать

постоянной.



A16 При трении пластмассовой

линейки о шерсть, шерсть

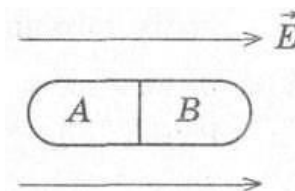
заряжается положительно. Это

объясняется тем, что

1) электроны переходят с линейки на шерсть

- 2) протоны переходят с линейки на шерсть
- 3) электроны переходят с шерсти на линейку
- 4) протоны переходят с шерсти на линейку

A17 Незаряженное металлическое тело внесено в однородное электростатическое поле, а затем разделено на части A и B (рис.). Какими электрическими зарядами будут обладать эти части после разделения?



- 1) A – положительным, B – отрицательным
- 2) A – отрицательным, B – положительным
- 3) Обе части останутся нейтральными
- 4) Обе части – положительными

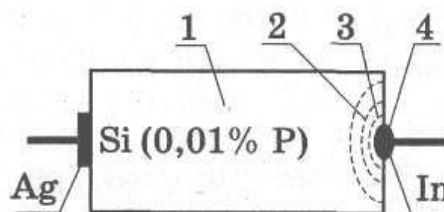
A18 Если напряжение между концами проводника и его длину увеличить в 3 раза, то сила тока, идущего через проводник,

- 1) уменьшится в 3 раза
- 2) не изменится
- 3) увеличится в 3 раза
- 4) уменьшится в 9 раз

A19 Источник тока присоединили к двум пластинам, опущенным в раствор поваренной соли. Сила тока в цепи равна 0,2 А. Какой заряд проходит между пластинами в ванне за 2 мин?

- 1) 0,4 Кл
- 2) 24 Кл
- 3) 10 Кл
- 4) 600 Кл

A20 На рисунке показана схема полупроводникового диода, который изготавливают, капая расплавленный трехвалентный индий на примесный



кремниевый полупроводник, в котором содержится небольшая примесь пятивалентного фосфора. В какой из зон основными носителями заряда являются дырки?

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A21 Направление вектора индукции магнитного поля в данной точке пространства совпадает с направлением

- 1) силы, действующей на неподвижный заряд в этой точке
- 2) силы, действующей на движущийся заряд в этой точке
- 3) северного полюса магнитной стрелки, помещенной в эту точку
- 4) южного полюса магнитной стрелки, помещенной в эту точку

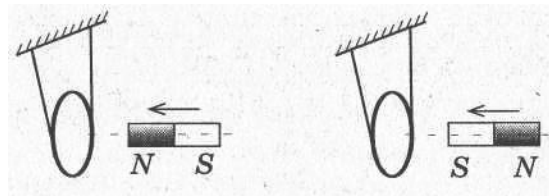
A22 Постоянный магнит вводят в замкнутое

алюминиевое кольцо на тонком

длинном подвесе (рис.). Первый раз –

северным полюсом, второй раз –

южным полюсом. При этом

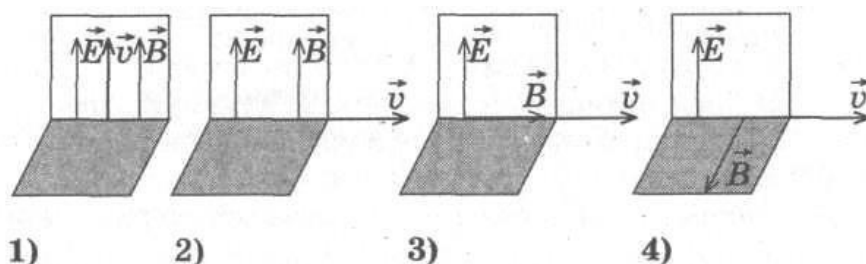


- 1) в первом опыте кольцо притягивается к магниту, во втором – кольцо отталкивается от магнита
- 2) в первом опыте кольцо отталкивается от магнита, во втором – кольцо притягивается к магниту
- 3) в обоих опытах кольцо притягивается к магниту
- 4) в обоих опытах кольцо отталкивается от магнита

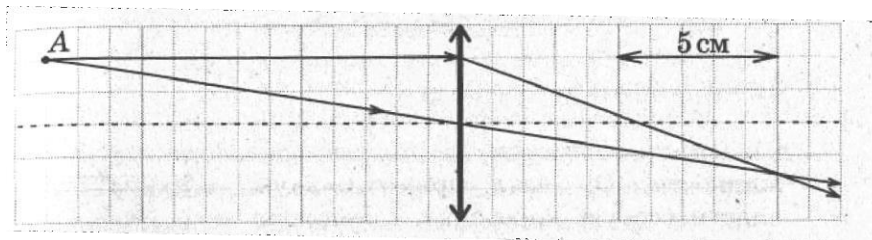
A23 Как изменился магнитный поток через катушку индуктивности, если при увеличении силы тока в катушке в 2 раза, энергия магнитного поля катушки увеличилась в 2 раза?

- 1) Увеличился в 4 раза
- 2) Уменьшился в 4 раза
- 3) Увеличился в 2 раза
- 4) Остался прежним

A24 На каком из рисунков правильно показано взаимное направление векторов напряженности электрического поля $\vec{E}$, индукции магнитного поля $\vec{B}$ и скорости распространения в вакууме электромагнитной волны $\vec{V}$?

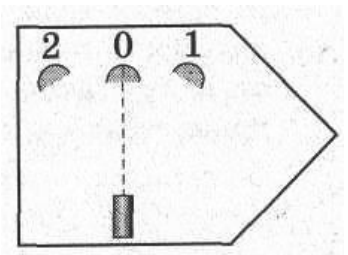
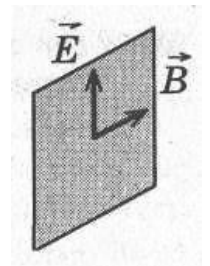


- A25 Амплитудная модуляция высокочастотных электромагнитных колебаний в радиопередатчике используется для
- 1) увеличения мощности радиостанции
 - 2) изменения амплитуды высокочастотных колебаний со звуковой частотой
 - 3) изменения амплитуды колебаний звуковой частоты
 - 4) задания определенной частоты излучения данной радиостанции
- A26 На рисунке показан ход лучей от точечного источника света А через тонкую



линзу. Чему равно фокусное расстояние линзы?

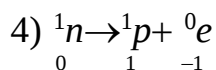
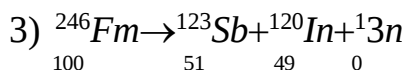
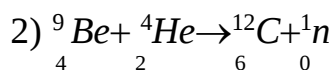
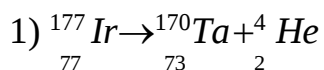
- 1) 5,6 см
 - 2) 6,4 см
 - 3) 10 см
 - 4) 13 см
- A27 На металлическую пластину перпендикулярно ее поверхности падает свет (рис.). Электроны проводимости на поверхности начнут двигаться
- 1) вдоль вектора B
 - 2) вдоль вектора E
 - 3) против вектора B
 - 4) против вектора E
- A28 Луч лазера в неподвижной ракете попадает в приемник, расположенный в точке 0 (рис.). В какую точку (1 или 2) надо поместить приемник в ракете, движущейся с постоянной скоростью вправо, чтобы луч лазера попал в него?
- 1) 1, независимо от скорости ракеты
 - 2) 0, независимо от скорости ракеты
 - 3) 2, независимо от скорости ракеты
 - 4) 0 или 1, в зависимости от, скорости ракеты
- A29 Импульс фотона имеет минимальное значение в диапазоне частот



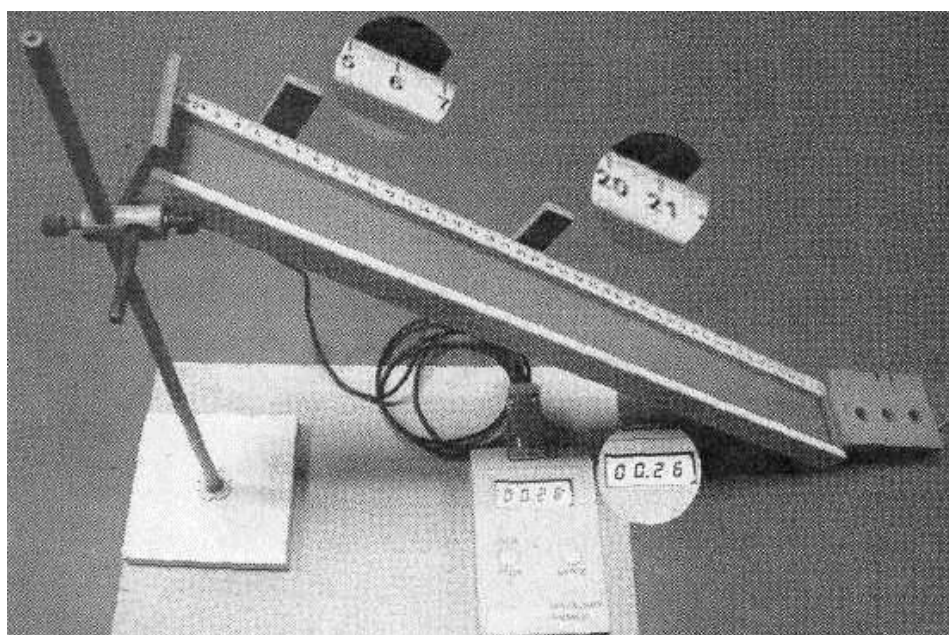
- 1) инфракрасного излучения
- 2) видимого излучения

3) ультрафиолетового излучения 4) рентгеновского излучения

A30 Ядерной реакцией деления является

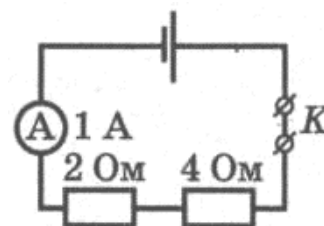


B1 На рисунке представлена фотография установки по исследованию скольжения бруска по наклонной плоскости. Цифры на линейке, расположенной вдоль наклонной плоскости, обозначают сантиметры. В момент начала движения магнит, находящийся в торце бруска, через датчик, расположенный у вершины наклонной плоскости, включает секундомер. При прохождении магнита мимо следующего датчика секундомер выключается. Чему равна равнодействующая всех сил, действующих на брусок, если его масса 0,1 кг? Ответ округлите до десятых.



B2 Идеальный одноатомный газ находится в сосуде с жесткими стенками объемом 0,5 м³. При нагревании его давление возросло на 4·10³ Па. На сколько увеличилась внутренняя энергия газа? Ответ выразите в килоджоулях.

B3 Изучая закономерности соединения резисторов, ученик собрал электрическую цепь, изображенную на рисунке. Какое количество теплоты выделится во



внешней части цепи при прохождении тока в течение 5 мин? Необходимые данные указаны на схеме. (Амперметр считать идеальным.)

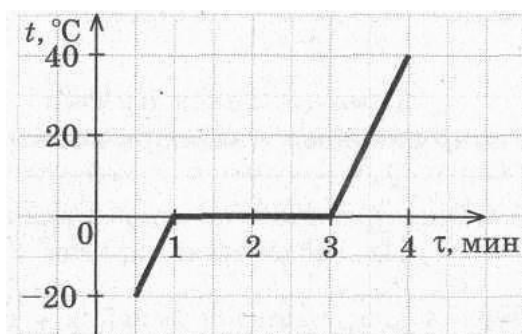
В4 На сколько изменилась энергия атома при излучении им фотона длиной волны $6,6 \cdot 10^{-7}$ м? Ответ округлите до двух значащих цифр, умножьте на 10^{20} .

С1 Масса планеты составляет 0,2 от массы Земли, диаметр планеты втрое меньше, чем диаметр Земли. Чему равно отношение периодов обращения искусственных спутников планеты и Земли $\frac{T_p}{T_{\text{З}}}$, двигающихся по круговым орбитам на небольшой высоте?

С2 Шарик массой $m = 0,2$ кг на нити длиной $L = 0,9$ м раскачивают так, что каждый раз, когда шарик проходит положение равновесия, на него в течение короткого промежутка времени $t = 0,01$ с действует сила $F = 0,1$ Н, направленная параллельно скорости. Через сколько полных колебаний шарик на нити отклонится на угол 60° ?

С3 Теплоизолированный сосуд разделен теплопроводной неподвижной перегородкой на две части: объем первой части сосуда в 2 раза больше объема второй части сосуда. В первой части сосуда находятся гелий количеством вещества 2 моль, а во второй – аргон количеством вещества 2 моль. Определите отношение давления гелия к давлению аргона после установления теплового равновесия.

С4 На рисунке представлен график изменения температуры вещества в калориметре с течением времени. Теплоемкостью калориметра и тепловыми потерями можно пренебречь и считать, что подводимая к сосуду



мощность постоянна. Рассчитайте удельную теплоемкость вещества в жидком состоянии. Удельная теплота плавления вещества равна

$\lambda = 100$ кДж/кг. В начальный момент времени вещество находилось в твердом состоянии.

С5 Точечный заряд q создает на расстоянии R от него электрическое поле с потенциалом $\varphi_1 = 100$ В. Три концентрические сферы радиусами $R_1 = R$, $R_2 = 2R$ и $R_3 = 3R$ имеют равномерно распределенные по их поверхностям заряды $q_1 = +2q$, $q_2 = +q$, и $q_3 = +q$ соответственно (рис.). Каков потенциал поля в точке A , отстоящей от центра сфер на расстоянии $R_4 = 2,5R$? Ответ округлите до десятых.

С6 В вакууме находятся два покрытых кальцием электрода, к которым подключен конденсатор емкостью $\tilde{N}_1 = 10000$ пФ. При длительном освещении катода светом фототок, возникший вначале, прекращается, а на конденсаторе появляется заряд $q = 10^{-8}$ Кл. Работа выхода электронов из кальция $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определите длину волны света, освещающего катод.

4. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Список основной литературы

1. Физика – 9, 10, 11. М.: «Просвещение», 1990.
2. Элементарный учебник физики. Тт1-3 под редакцией Ландсберга Г.С. – М.: «Наука» 2004.
3. Физика. Кабардин О.Ф. – М.: «Просвещение», 1991.
4. Курс физики. Евграфова Н.Н., Каган В.Л. – М.: «Высшая школа», 1987.
5. А.П. Рымкевич. «Физика. Задачник».9-11 классы. - М.: «Дрофа», 2001.
6. А. И. Гомонова. Сборник задач по физике. – М.: «ГИС», 2006.
7. В.А. Коровин, Г.Н. Степанова. «Сборник задач для проведения устного экзамена по физике за курс средней школы». 11 класс. - М.: «Дрофа», 2001.
8. И.М. Гельфгат, Л.Э. Гейнденштейн, Л.А. Кирик. «1001 задача с решениями» Харьков: «Глобус», 1995.

Список дополнительной литературы

1. С.П. Мясников, Т.Н. Осанова. Пособие по физике. - М.: «Высшая школа», 1981.
2. Б.Н. Иванов. Законы физики. – М.: «Высшая школа», 1986.
3. Г.А. Бердников, Б.Б. Буховцев, В.В. Керженцев, Г.Я. Мякишев. Задачи по физике для поступающих в ВУЗы. - М.: «Наука», 1985.
4. Б.Б. Буховцев, В.Д. Кривченков, Г.Я. Мякишев, И.М. Сараева. Сборник задач по элементарной физике. - М.: «Наука», 1987.
5. В.К. Кобушкин. Методика решения задач по физике
6. В.А. Балаш. Задачи по физике и методы их решения. М.: Просвещение, 1990.