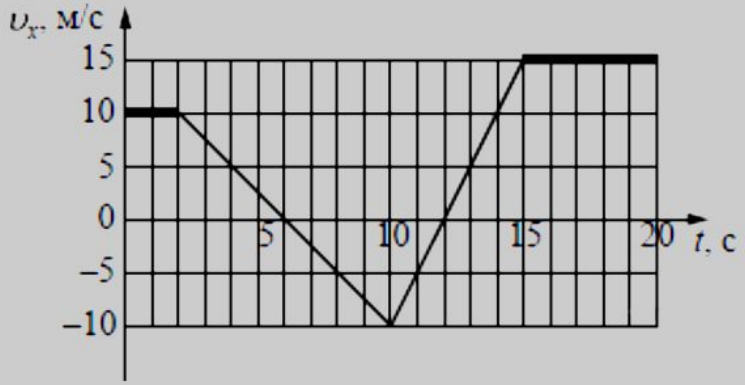
Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

Демонстрационный вариант
контрольных измерительных материалов
единого государственного экзамена 2015 года
по физике

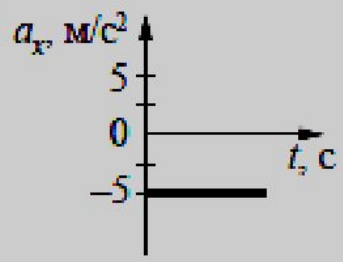
подготовлен Федеральным государственным бюджетным
научным учреждением

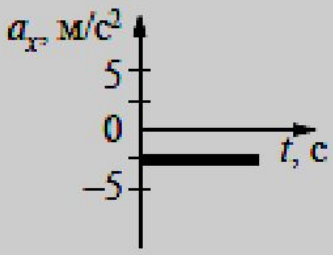
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»

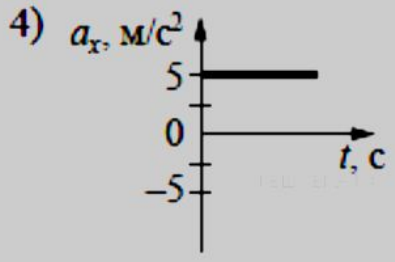
1. На рисунке приведён график зависимости проекции скорости тела υ_x от времени. Какой из указанных ниже графиков совпадает с графиком зависимости от времени проекции ускорения этого тела a_x в интервале времени от 6 с до 10 с?



1)

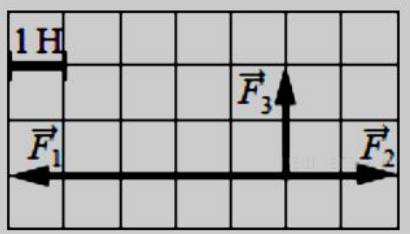
2) 

3) 

4) 

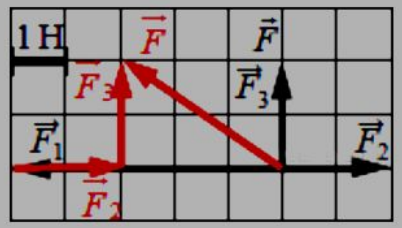
Решение. Ускорение — производная от скорости, или, иначе, тангенс угла наклона графика зависимости скорости от времени. Найдём тангенс угла наклона прямой на интервале от 6 с до 10 с: $(-10 - 0):5 = -2$. Значит, проекция ускорения на ось OX равна −2 м/с. График такой зависимости указан на рисунке 3. Ответ: 3

2. На рисунке показаны силы, действующие на материальную точку. Определите модуль равнодействующей силы (в заданном масштабе).



1) 6 Н 2) $\sqrt{13}$ 3) $2\sqrt{5}$ Н 4) $3\sqrt{2}$ Н

Решение. Воспользуемся методом многоугольника для сложения векторов, построим вектор равнодействующей силы $\vec{F}$ (см рисунок). Длина вектора $\vec{F}$ равна модулю равнодействующей силы. Найдём эту длину из прямоугольного треугольника по теореме Пифагора: $|\vec{F}| = \sqrt{2^2 + 3^2} = \sqrt{13}$ Н. Ответ: 2

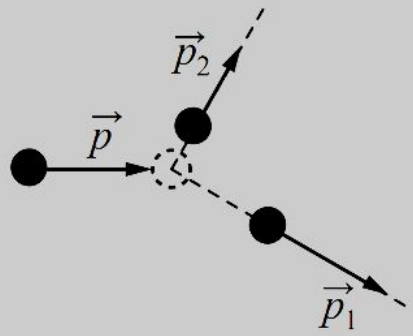


3. К пружине школьного динамометра подвешен груз массой 0,1 кг. При этом пружина удлинилась на 2,5 см. Определите удлинение пружины при добавлении ещё двух грузов по 0,1 кг. *Удлинение укажите в сантиметрах.*

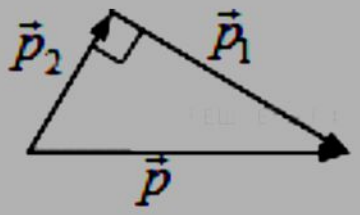
Решение. По закону Гука, удлинение пружины прямо пропорционально приложенной силе: $F = kx$. В данном случае сила, приложенная к пружине, это сила тяжести. Найдём коэффициент жёсткости k пружины, пользуясь данными первого опыта: $F_1 = kx_1 \Leftrightarrow m_1 g = kx_1 \Leftrightarrow k = \frac{m_1 g}{x_1} = \frac{0{,}1\ \text{кг} \cdot 10\ \text{м/с}}{2{,}5\ \text{см}} = 0{,}4\ \text{Н/см}.$ Определим растяжение пружины во втором случае: $x_2 = \frac{F_2}{k} = \frac{m_2 g}{k} = \frac{(0{,}1\ \text{кг} + 2 \cdot 0{,}1\ \text{кг}) \cdot 10\ \text{м/с}^2}{0{,}4\ \text{Н/см}} = 7{,}5\ \text{см}.$

Ответ: 7,5

4. На неподвижный бильярдный шар налетел другой такой же шар. Налетевший шар имел до удара импульс $p = 0{,}5$ кг·м/с. После удара шары разлетелись под углом 90° так, что импульс одного $p_1 = 0{,}4$ кг·м/с (см. рисунок). Каков импульс другого шара после соударения?

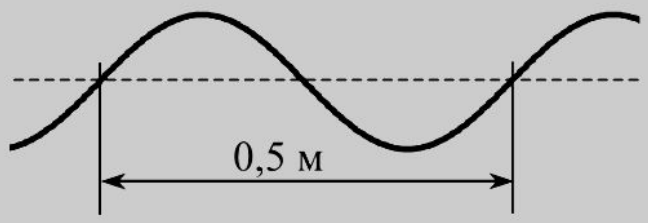


Решение. По закону сохранения импульса импульс системы до соударения шаров и после должен быть одинаков: $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$. Построим сумму векторов $\vec{p}_1$ и $\vec{p}_2$, (см. рис.) получим прямоугольный треугольник. Найдём импульс второго шара из теоремы Пифагора: $p_2 = \sqrt{p^2 - p_1^2} = (0{,}5\ \text{кг}\cdot\text{м/с})^2 - (0{,}4\ \text{кг}\cdot\text{м/с})^2 = 0{,}3\ \text{кг}\cdot\text{м/с}$.



Ответ: 0,3

5. Учитель продемонстрировал опыт по распространению волны по длинному шнуру. В один из моментов времени форма шнура оказалась такой, как показано на рисунке. Скорость распространения колебаний по шнуру равна 2 м/с. Определите частоту колебаний.

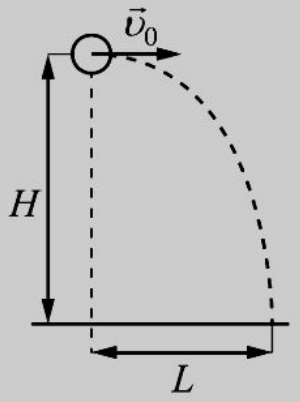


Решение. Из рисунка видно, что длина волны равна 0,5 м. Частота колебаний равна отношению скорости распространения волны к длине волны:

$$\nu = \frac{v}{\lambda} = \frac{2\ \text{м/с}}{0{,}5\ \text{м}} = 4\ \text{Гц}.$$

Ответ: 4.

6. Шарик, брошенный горизонтально с высоты H с начальной скоростью v_0, за время t пролетел в горизонтальном направлении расстояние L(см. рисунок). Что произойдёт с временем полёта и дальностью полёта, если на этой же установке уменьшить начальную скорость шарика в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь. Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:



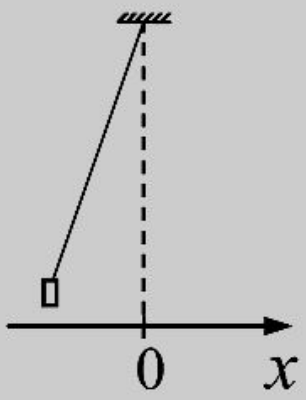
1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

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

Время полёта	Дальность полёта

Решение. Время полёта шарика определяется временем его падения и рассчитывается по формуле $t = \sqrt{\frac{H}{g}}$. Потому при уменьшении начальной скорости время полёта не изменится. Дальность полёта определяется начальной скоростью и временем полёта тела: $L = v_0 t$, следовательно, при уменьшении начальной скорости в два раза дальность полёта также уменьшится в два раза. Ответ: 32

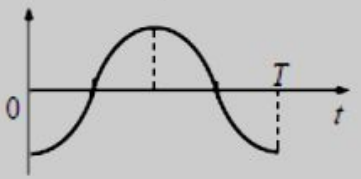
7. Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и в момент $t = 0$ отпустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А и Б показано изменение физических величин, характеризующих движение груза после этого. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца.



ГРАФИКИ

А)

Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) координата x
2) проекция скорости v_x
3) кинетическая энергия $E_к$
4) потенциальная энергия $E_п$

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:

Решение. Координата и скорость изменяются циклически по синусоидальному закону. В начальный момент времени координата отрицательна, а скорость равна нулю, поэтому ни один из графиков не может являться графиком скорости. Поскольку скорость в начальный момент времени равна нулю, кинетическая энергия в начальный момент времени также равна нулю. Координата может принимать как положительные, так и отрицательные значения, следовательно, под буквой Б указан график зависимости координаты от времени. Методом исключения получаем, что под буквой А указан график потенциальной энергии. Ответ: 41

8. Лёд при температуре 0 °С внесли в тёплое помещение. Что будет происходить с температурой льда до того, как он растает, и почему? Температура льда

1) повысится, так как лёд получает тепло от окружающей среды, значит, его внутренняя энергия растёт, и температура льда повышается
2) не изменится, так как при плавлении лёд получает тепло от окружающей среды, а затем отдает его обратно
3) не изменится, так как вся энергия, получаемая льдом в это время, расходуется на разрушение кристаллической решётки
4) понизится, так как при плавлении лёд отдаёт окружающей среде некоторое количество теплоты

Решение. Пока лёд на растает, вся энергия, получаемая льдом, будет расходоваться на разрушение кристаллической решётки, поэтому температура льда, до того как он растает, не будет изменяться. Ответ: 3

9. Внешние силы совершили над идеальным газом работу 300 Дж, и при этом внутренняя энергия газа увеличилась на 500 Дж. Выберите верное утверждение, характеризующее этот процесс. В этом процессе газ

1) отдал количество теплоты 100 Дж
2) получил количество теплоты 200 Дж
3) отдал количество теплоты 400 Дж
4) получил количество теплоты 400 Дж

Решение. По первому закону термодинамики внутренняя энергия тела возрастает при совершении над ним работы и передаче телу теплоты: $\Delta U = Q + A'$, здесь Q — теплота, полученная телом, A' — работа, совершённая над телом. Откуда, $Q = \Delta U - A' = 500\ \text{Дж} - 300\ \text{Дж} = 200\ \text{Дж}$. Ответ: 2

10. Относительная влажность воздуха в сосуде, закрытом поршнем, равна 30%. Какова будет относительная влажность, если перемещением поршня объём сосуда при неизменной температуре уменьшить в 3 раза?

Решение. Относительную влажность воздуха можно найти как отношение давления пара к давлению насыщенного пара при данной температуре: $\varphi_1 = \frac{p_1}{p_{\text{н.п.}}}$. По закону Бойля—Мариотта для идеального газа при постоянной температуре произведение давления на объём постоянно, получаем: $p_1 V_1 = p_2 V_2 \Leftrightarrow p_2 = p_1 \frac{V_1}{V_2} \Leftrightarrow p_2 = 3p_1$.

Следовательно, $\varphi_2 = \frac{p_2}{p_{\text{н.п.}}} = \frac{3p_1}{p_{\text{н.п.}}} = 3\varphi_1 = 90$ Ответ: 90

11. Объём сосуда с идеальным газом уменьшили вдвое, выпустив половину газа и поддерживая температуру в сосуде постоянной. Как изменились при этом давление газа в сосуде и его внутренняя энергия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличилась 2) уменьшилась 3) не изменилась

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

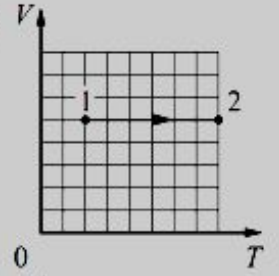
Давление газа в сосуде	Внутренняя энергия газа в сосуде

Решение. По закону Менделеева—Клапейрона $pV = \frac{N}{N_A}RT.$ В первом случае: $p_1 = \frac{N_1 RT}{V_1 N_A}$, $U_1 = \frac{i}{2}\frac{N_1}{N_A}RT$ где i — число степеней свободы газа. Во втором случае: $p_2 = \frac{N_2 RT}{V_2 N_A} = \frac{N_1/2RT}{V_1/2N_A} = \frac{N_1 RT}{V_1 N_A} = p_1$, $U_2 = \frac{i}{2}\frac{N_2}{N_A}RT = \frac{i}{2}\frac{N_2}{2N_A}RT = \frac{U_1}{2}.$ Таким образом, давление газа в сосуде не изменяется, а его внутренняя энергия уменьшается вдвое. Ответ: 32

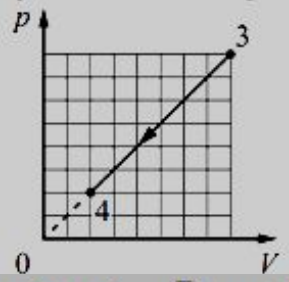
12. На рисунках приведены графики А и Б двух процессов: 1—2 и 3—4, происходящи с 1 моль гелия. Графики построены в координатах V—T и p—V, где p — давление, V — объём и T — абсолютная температура газа. Установите соответствие между графикам и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы. К каждо позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца.

ГРАФИКИ

А)



Б)



УТВЕРЖДЕНИЯ

1) Над газом совершают работу, при этом его внутренняя энергия увеличивается.

2) Над газом совершают работу, при этом газ отдаёт положительное количество теплоты.

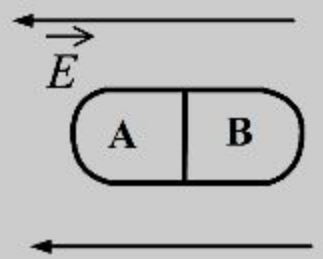
3) Газ получает положительное количество теплоты и совершает работу.

4) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.

Решение. В процессе 1—2 происходит изохорическое нагревание. В таком процессе внутренняя энергия тела возрастает, и над газом не совершается работа. По первому закону термодинамики $Q = \Delta U + A$, где Q — количество теплоты, переданное газу, ΔU — изменение его внутренней энергии, A — работа, совершаемая газом. Из первого закона термодинамики ясно, что в процессе 1—2 газ получает положительное количество теплоты. В процессе 3—4 происходит изотермическое сжатие. В этом процессе внутренняя энергия газа не изменяется, над газом совершают работу, то есть работа самого газа отрицательна, $A < 0$, следовательно, газ отдаёт положительное количество теплоты.

Ответ: 42

13. Незаряженное металлическое тело внесли в однородное электростатическое поле, а затем разделили на части А и В (см. рисунок). Какими электрическими зарядами обладают эти части после разделения?

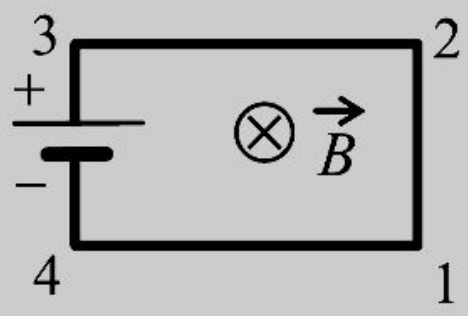


1) А — положительным; В — останется нейтральным
2) А — останется нейтральным; В — отрицательным
3) А — отрицательным; В — положительным
4) А — положительным; В — отрицательным

Решение. При внесении в электрическое поле положительные заряды перемещаются по направлению электрического поля, а отрицательные — в сторону, противоположную направлению электрического поля. Поэтому часть А после разделения будет обладать положительным зарядом, а часть В — отрицательным.

Ответ: 4

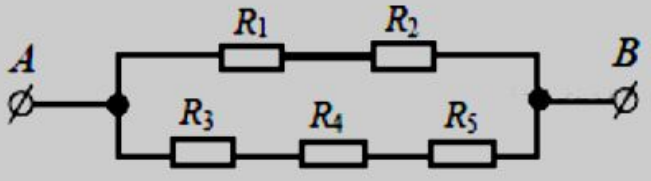
14. Электрическая цепь, состоящая из четырёх прямолинейных горизонтальных проводников (1–2, 2–3, 3–4, 4–1) и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции которого B направлен вертикально вниз (см. рисунок, вид сверху). Куда направлена сила Ампера, действующая на проводник 1–2?



1) вертикально вверх ⊙
2) вертикально вниз ⊗
3) горизонтально вправо →
4) горизонтально влево ←

Решение. Для того, чтобы определить направление силы Ампера нужно воспользоваться правилом левой руки. Нужно расположить раскрытую ладонь так, чтобы линии магнитного поля входили в ладонь, а четыре вытянутых пальца указывали направление тока, тогда отставленный большой палец укажет направление силы Ампера. Ток в цепи направлен от положительного полюса к отрицательному, поэтому ток на участке 1—2 направлен сверху вниз. Следовательно, сила Ампера направлена горизонтально вправо. Ответ 3.

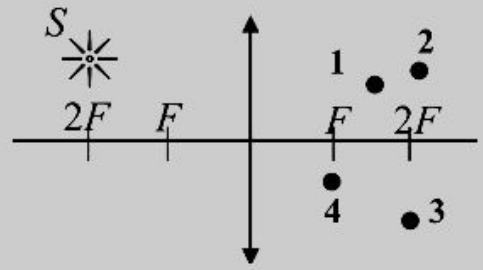
15. Сопротивление каждого резистора в цепи на рисунке равно 100 Ом. Чему равно напряжение на резисторе R_2 при подключении участка к источнику постоянного напряжения 12 В выводами А и В?



1) 3 В 2) 5 В 3) 6 В 4) 7 В

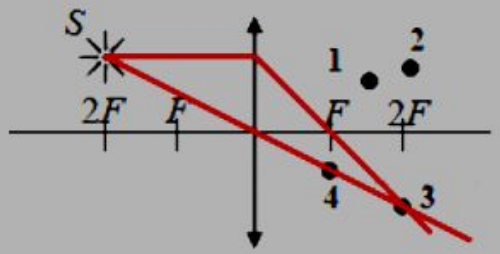
Решение. Сопротивление последовательного соединённых проводников равно сумме сопротивлений проводников, поэтому сопротивление верхнего участка цепи равно $R_в = R_1 + R_2 = 200$ Ом. Напряжение на концах параллельно соединённых проводников одно и то же, поэтому $U_в = 12$ В. Найдём силу тока, протекающего по верхнему участку цепи: $I_в = \frac{U_в}{R_в} = \frac{12\ \text{В}}{200\ \text{Ом}} = 0{,}06$ А. Следовательно, напряжение на сопротивлении R_2 равно $U_2 = I_в R_2 = 0{,}06\ \text{А} \cdot 100\ \text{А} = 6$ В. Ответ: 3

16. В какой из точек (1, 2, 3 или 4) находится изображение светящейся точки *S* (см. рисунок), создаваемое тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием *F*?



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

Решение. Построим изображение в тонкой линзе (см. рисунок). Получаем, что изображение светящейся точки *S*, создаваемое тонкой линзой, находится в точке 3.



Ответ: 3

17. Частица массой m, несущая заряд q, влетает в однородное магнитное поле с индукцией $\vec{B}$ со скоростью $\vec{u}$ и движется по окружности радиусом R. Что произойдёт с радиусом орбиты и периодом обращения частицы при уменьшении скорости её движения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

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

Радиус орбиты	Период обращения

Решение. Центростремительное ускорение при движении по окружности вычисляется по формуле: $a_ц = \frac{u^2}{R}$. В данном случае ускорение создаётся силой Лоренца, действующей на частицу: $F_л = qBu = ma_ц = m\frac{u^2}{R}$, откуда $R = \frac{mu}{qB}$. Период обращения равен — это время за которое частица делает полный круг:

$T = \frac{2\pi R}{u} = \frac{2\pi}{u} \cdot \frac{mu}{qB} = \frac{2\pi m}{qB}$. Следовательно, при уменьшении скорости движения частицы радиус орбиты уменьшается, а период обращения не изменяется, потому что он не зависит от скорости. Ответ: 22

18. Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью C и катушки индуктивностью L. При электромагнитных колебаниях, происходящих в этом контуре, максимальный заряд пластины конденсатора равен q. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. Сопротивлением конура пренебречь. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца.

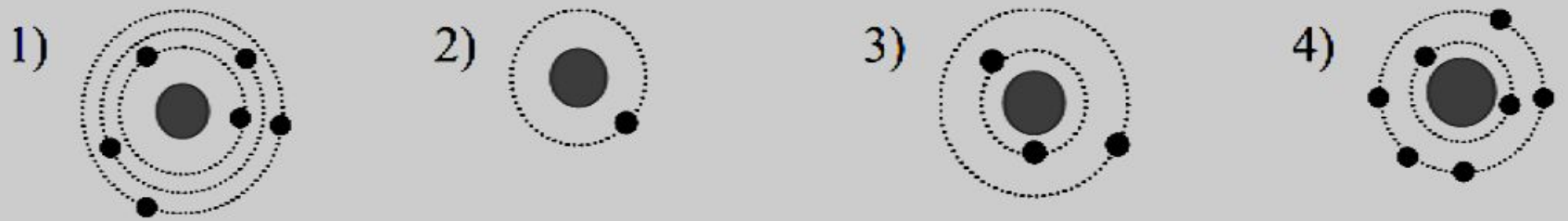
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) максимальная энергия электрического поля конденсатора	1) $\frac{q^2}{2C}$ 2) $q\sqrt{\frac{C}{L}}$
Б) максимальная сила тока, протекающего через катушку	3) $\frac{q}{\sqrt{LC}}$ 4) $\frac{Cq^2}{2}$

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:

А	Б

Решение. Максимальная энергия электрического поля конденсатора равна: $W = \frac{q^2}{2C}$. Максимальная энергия магнитного поля в катушке достигается при максимальной силе тока I через катушку, поэтому $\frac{LI^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$, откуда $I = \frac{q}{\sqrt{LC}}$. Ответ: 13

19. На рисунке изображены схемы четырёх атомов, соответствующие модели атома Резерфорда. Чёрными точками обозначены электроны. Какая схема соответствует атому $^{6}_{3}Li$?



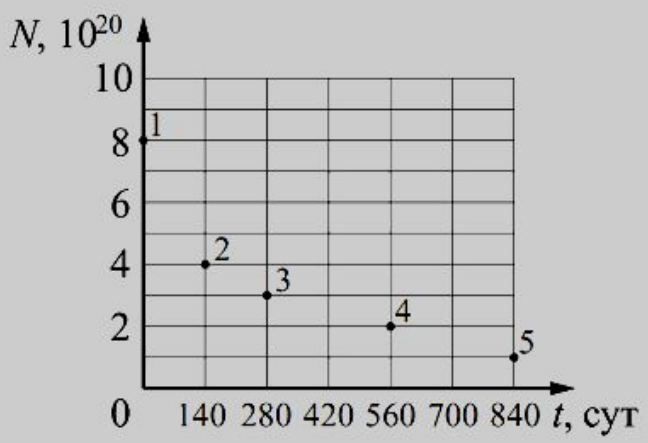
Решение. Атом лития имеет третий порядковый номер, поэтому заряд атомного ядра равен трём, а следовательно, суммарное число электронов на орбите атома равно трём. Значит, схема, соответствующая атому лития изображена на рисунке 3. Ответ: 3

20. Элемент менделевий был получен при бомбардировке α - частицами ядер элемента X в соответствии с реакцией X + $^{4}_{2}He \rightarrow ^{256}_{101}Md + ^{1}_{0}n$. Определите элемент X.

1) эйнштейний $^{253}_{99}Es$
2) лоуренсий $^{253}_{103}Lr$
3) фермий $^{252}_{100}Fm$
4) нобелий $^{254}_{102}No$

Решение. В ядерных реакциях сохраняются масса вещества и суммарный заряд. Поэтому элемент X имеет массу 256 + 1 − 4 = 253 а. е. м. А его заряд равен 101 − 2 = 99. Следовательно, это атом эйнштейния $^{253}_{99}$Es. Ответ: 1.

21. Ядра полония $^{210}_{84}Po$ испытывают α-распад с периодом полураспада 140 дней. В момент начала наблюдения в образце содержится $8 \cdot 10^{20}$ ядер полония. Через какую из точек, кроме точки 1, пройдёт график зависимости от времени числа ещё не испытавших радиоактивного распада ядер полония?



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

Решение. Количество ядер меняется со временем по закону $N = N_0 \cdot 2^{-t/T}$, где N_0 — количество атомов в начале наблюдения, t — время, прошедшее от начала наблюдения и T — период полураспада. Рассчитаем количество ядер для каждого момента времени, отмеченного на графике:

$$N(140) = 8 \cdot 10^{20} \cdot 2^{-140/140} = 4 \cdot 10^{20} \text{ ядер},$$

$$N(280) = 8 \cdot 10^{20} \cdot 2^{-280/140} = 2 \cdot 10^{20} \text{ ядер},$$

$$N(560) = 8 \cdot 10^{20} \cdot 2^{-560/140} = \frac{1}{2} \cdot 10^{20} \text{ ядер},$$

$$N(840) = 8 \cdot 10^{20} \cdot 2^{-840/140} = \frac{1}{8} \cdot 10^{20} \text{ ядер}.$$

Из рисунка видно, что график пройдёт через точку *2*. Ответ: 2

22. Монохроматический свет с энергией фотонов $E_ф$ падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. Напряжение, при котором фототок прекращается, равно $U_{зап}$. Как изменятся модуль запирающего напряжения $U_{зап}$ и длина волны $\lambda_{кр}$, соответствующая «красной границе» фотоэффекта, если энергия падающих фотонов $E_ф$ увеличится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

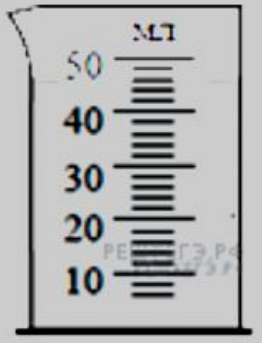
Запишите в ответ выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль запирающего напряжения $U_{зап}$	«Красная граница» фотоэффекта $\lambda_{кр}$

Решение. Энергия налетающих фотонов передаётся электронам и расходуется на преодоление электронами работы выхода из металла и увеличение скорости электронов $E_ф = A_{вых} + \frac{mv^2}{2}$. Запирающее напряжение определяется максимальной кинетической энергией вылетевших электронов: $eU_{зап} = \frac{mv^2}{2} = E_ф - A_{вых}$. С увеличением энергии налетающих фотонов увеличится запирающее напряжение. «Красная граница» фотоэффекта — это максимальная длина волны при которой ещё происходит фотоэффект и она зависит от работы выхода, не зависит от энергии налетающих фотонов. Следовательно, при увеличении энергии налетающих фотонов длина волны, соответствующая «красной границе» фотоэффекта не изменится.

Ответ: 13

23. Объём жидкости измерили при помощи мензурки (см. рисунок). Погрешность измерения объёма при помощи данной мензурки равна её цене деления. Какая запись для объёма жидкости наиболее правильная?



1) 46 мл ± 1 мл
2) 46 мл ± 2 мл
3) 44 мл ± 1 мл
4) 46,0 мл ± 0,5 мл

Решение. Погрешность — это половина цены деления. Цена деления равна 2 мл, поэтому погрешность составляет 1 мл. Следовательно, наиболее правильная запись для объёма жидкости — 46 мл ± 1 мл. Ответ: 1

24. На рис. 1 приведена схема установки, с помощью которой исследовалась зависимость напряжения на реостате от величины протекающего тока при движении ползунка реостата справа налево. На рис. 2 приведены графики, построенные по результатам измерений для двух разных источников напряжения. Выберите **<u>два утверждения,</u>** соответствующих результатам этих опытов, и запишите в ответ цифры, под которыми указаны эти утверждения. Вольтметр считать идеальным.

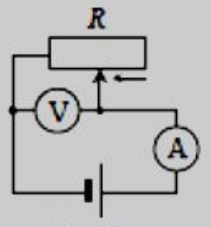


Рис. 1

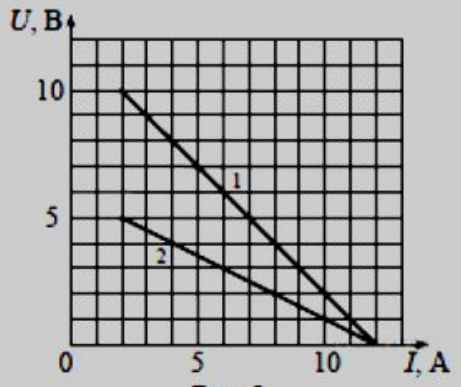
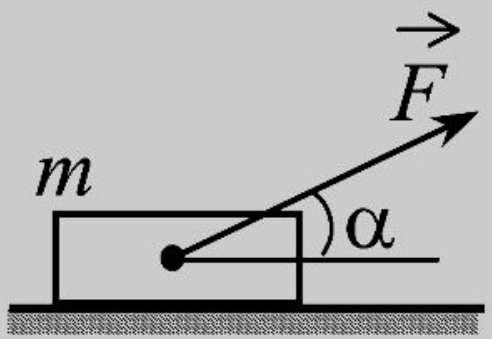


Рис. 2

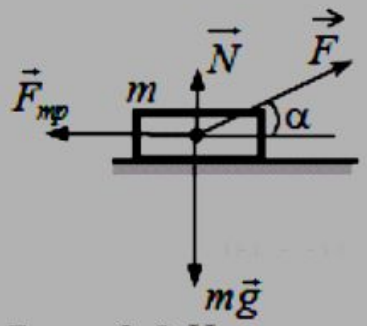
1) При силе тока 12 А вольтметр показывает значение ЭДС источника.
2) Ток короткого замыкания равен 12 А.
3) Во втором опыте сопротивление резистора уменьшалось с большей скоростью.
4) Во втором опыте ЭДС источника в 2 раза меньше, чем в первом.
5) В первом опыте ЭДС источника равна 5 В.

Решение. 1) При токе, равном 12 А реостат полностью выведен, цепь замкнута накоротко, поэтому вольтметр показывает нулевое напряжение.
2) При токе, равном 12 А реостат полностью выведен, цепь замкнута накоротко, следовательно, 12 А — ток короткого замыкания.
3) На данном графике представлена лишь зависимость напряжения от тока, поэтому ничего нельзя сказать скорости изменения сопротивления резистора.
4) Во втором опыте ЭДС источника в 2 раза меньше, чем в первом.
5) В первом опыте ЭДС источника не равна 5 В.
Ответ: 24

25. Брусок массой $m = 2$ кг движется поступательно по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы, направленной под углом $\alpha = 30°$ к горизонту (см. рисунок). Модуль этой силы $F = 12$ Н. Модуль силы трения, действующей на брусок, $F_{тр} = 2{,}8$ Н. Чему равен коэффициент трения между бруском и плоскостью?



Решение. Укажем все силы, действующие на тело (см. рисунок). Сила трения прямо пропорциональна силе реакции опоры, действующей на тело: $F_{тр} = \mu N$. Найдём N. в проекции на вертикальную ось, получим:



$$F\sin\alpha + N = mg \Leftrightarrow N = mg - F\sin\alpha \Leftrightarrow N = 2\text{ кг}\cdot 10\text{ м/с}^2 - 12\text{ Н}\cdot\frac{1}{2} \Leftrightarrow N = 14\text{ Н}.$$

Найдём коэффициент трения между бруском и плоскостью: $\mu = \frac{F_{тр}}{N} = \frac{2{,}8\text{ Н}}{14\text{ Н}} = 0{,}2.$

Ответ: 0,2

26. Кусок льда, имеющий температуру 0 °С, помещён в калориметр с электронагревателем. Чтобы превратить этот лёд в воду температурой 20 °С, требуется количество теплоты 100 кДж. Какая температура установится внутри калориметра, если лёд получит от нагревателя количество теплоты 75 кДж? Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с внешней средой пренебречь.

Решение. Чтобы превратить лёд в воду, необходимо затратить энергию на плавление льда и на нагрев получившейся воды: $Q_1 = \lambda m + mc(t_2^\circ - t_1^\circ)$, где λ — удельная теплота плавления льда, c — удельная теплоёмкость воды. Найдём массу люда в калориметре:

$$m = \frac{Q_1}{\lambda + c(t_2^\circ - t_1^\circ)} = \frac{100\ \text{кДж}}{3{,}3 \cdot 10^5\ \text{Дж/кг} + 4{,}2 \cdot 10^3 \cdot 20^\circ C} = \frac{100 \cdot 10^3\ \text{Дж}}{330000\ \text{Дж/кг} + 84000\text{Дж/кг}} = \frac{100}{414}\ \text{кг} \approx 0{,}24\ \text{кг}$$

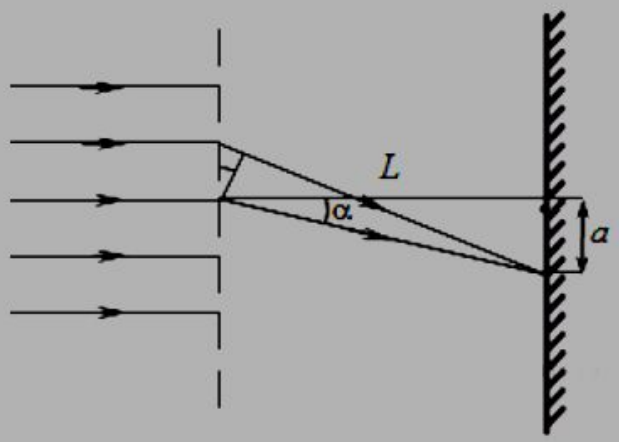
Проверим, хватит ли 75 кДж теплоты для расплавления такой массы льда:

$$Q_{\text{необх}} = 0{,}24 \cdot 3{,}3 \cdot 10^5\ \text{Дж/кг} = 79200\ \text{Дж} > 75000\ \text{Дж}$$

Следовательно, 75 кДж теплоты недостаточно для расплавления всего имеющегося льда. Таким образом, при получении 75 кДж теплоты от внешней среды в калориметре установится температура 0° С. Ответ: 0

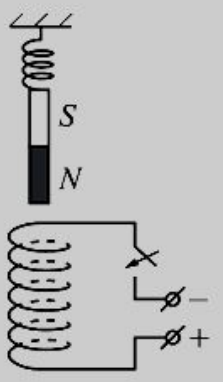
27. Дифракционная решётка с периодом 10^{-5} м расположена параллельно экрану на расстоянии 0,75 м от него. На решётку по нормали к ней падает пучок света с длиной волны 0,4 мкм. Максимум какого порядка будет наблюдаться на экране на расстоянии 3 см от центра дифракционной картины? Считать $\sin\alpha \approx \mathrm{tg}\,\alpha$.

Решение. Условие интерференционных максимумов дифракционной решётки: $d\sin\alpha = k\lambda$. Из рисунка видим, что $\sin\alpha = \mathrm{tg}\,\alpha = \frac{a}{L} = \frac{3\cdot 10^{-2}\ \text{м}}{0,75\ \text{м}} = 0,04.$ Найдём номер дифракционного максимума, который будет наблюдаться на экране на расстоянии 3 см от центра дифракционной картины: $k = \frac{d\sin\alpha}{\lambda} = \frac{10^{-5}\ \text{м}\cdot 0,04}{0,4\cdot 10^{-6}\ \text{м}} = 1.$



Таким образом, будет наблюдаться максимум первого порядка. Ответ: 1

28. Непосредственно над неподвижно закреплённой проволочной катушкой на её оси на пружине подвешен полосовой магнит (см. рисунок). Куда начнёт двигаться магнит сразу после замыкания ключа? Ответ поясните, указав, какие физические явления и законы Вы использовали для объяснения

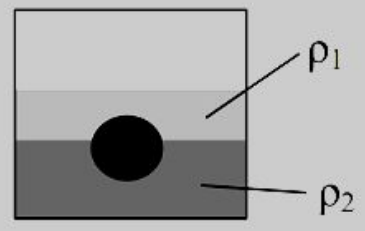


Решение. 1. Когда ключ разомкнут, тока в катушке нет, магнит висит неподвижно, и пружина растянута.

2. После замыкания ключа в катушке потечёт ток (от плюса к минусу источника напряжения) и индукция магнитного поля катушки (вблизи её оси) будет направлена вниз (правило буравчика).

3. Катушка с током аналогична полосовому магниту, северный полюс которого в данном случае расположен у её нижнего торца, а южный — у верхнего. Поскольку разноименные полюса магнитов притягиваются друг к другу, значит, магнит будет притягиваться к катушке (опускаться вниз)

29. На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, имеющих плотности ρ_1 = 900 кг/м3 и $\rho_2 = 3\rho_1$, плавает шарик (см. рисунок). Какова должна быть плотность шарика ρ, чтобы выше границы раздела жидкостей была одна треть его объёма?



Решение. Шарик и жидкости неподвижны в ИСО, связанной с Землёй. В этом случае, как следует из второго закона Ньютона, сила Архимеда, действующая на шарик, уравновешивает действующую на него силу тяжести:
$\rho_1 V_1 g + \rho_2 V_2 g = \rho(V_1 + V_2)g$ (здесь V_1 и V_2 — соответственно объёмы шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела). Отсюда: $\rho_1 \dfrac{V_1}{V_1+V_2} + \rho_2 \dfrac{V_2}{V_1+V_2} = \rho.$

Доли объёма шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела жидкостей, связаны соотношением: $\dfrac{V_1}{V_1+V_2} + \dfrac{V_2}{V_1+V_2} = 1.$

Решая систему из двух полученных выше уравнений получаем: $\dfrac{V_1}{V_1+V_2} = \dfrac{\rho_2-\rho}{\rho_2-\rho_1}.$

По условию задачи $\dfrac{V_1}{V_1+V_2} = \dfrac{1}{3}$, так что $\dfrac{\rho_2-\rho}{\rho_2-\rho_1} = \dfrac{1}{3}$,

откуда: $\rho = \dfrac{1}{3}(\rho_1 + 2\rho_2) = \dfrac{7}{3}\rho_1 = 2100\ \text{кг/м}^3.$ Ответ: $\rho = 2100\ \text{кг/м}^3.$

30. В камере, заполненной азотом, при температуре $T_0 = 300$ К находится открытый цилиндрический сосуд (рис. 1). Высота сосуда $L = 50$ см. Сосуд плотно закрывают цилиндрической пробкой и охлаждают до температуры T_1. В результате расстояние от дна сосуда до низа пробки становится $h = 40$ см (рис. 2). Затем сосуд нагревают до первоначальной температуры T_0. Расстояние от дна сосуда до низа пробки при этой температуре становится $H = 46$ см (рис. 3). Чему равна температура T_1? Величину силы трения между пробкой и стенками сосуда считать одинаковой при движении пробки вниз и вверх. Массой пробки пренебречь. Давление азота в камере во время эксперимента поддерживается постоянным.

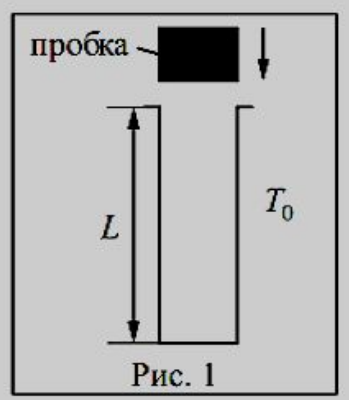


Рис. 1

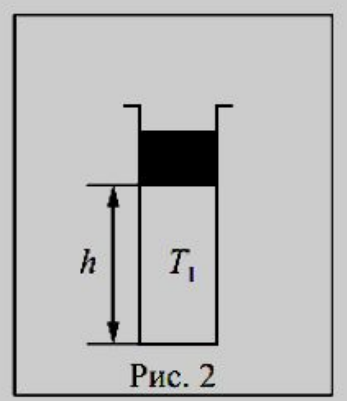


Рис. 2

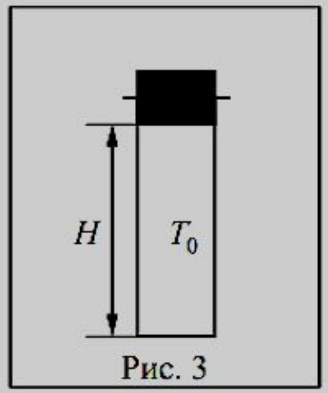


Рис. 3

Решение. Пусть p_0 — давление азота в камере; p_1 — давление в сосуде в ситуации на рис. 2; p_2 — давление в сосуде при температуре T_0 в конце опыта; S — площадь горизонтального сечения сосуда.

Параметры азота в сосуде в первоначальном состоянии и при температуре T_1 связаны равенством, следующим из уравнения Клапейрона—Менделеева: $\frac{p_1 hS}{T_1} = \frac{p_0 LS}{T_0}$, откуда $p_1 = p_0 \frac{LT_1}{hT_0}$.

Условие равновесия пробки при температуре T_1: $p_0 S - F_{тр} - p_1 S = 0$, откуда:

$$F_{тр} = (p_0 - p_1)S.$$

Параметры воздуха в сосуде в первоначальном и конечном состояниях также связаны равенством, следующим из уравнения Клапейрона—Менделеева:

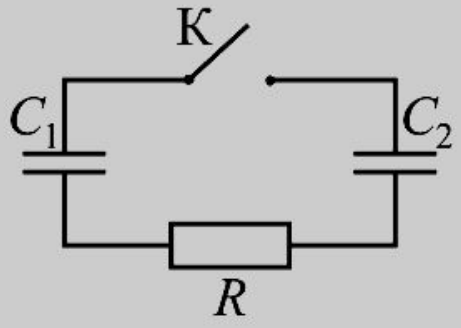
$\frac{p_2 HS}{T_0} = \frac{p_0 LS}{T_0}$, откуда $p_2 = p_0 \frac{L}{H}$. Условие равновесия пробки в конечном состоянии: $p_2 S - F_{тр} - p_0 S = 0$, откуда

$$p_2 = p_0 + \frac{F_{тр}}{S} = p_0 + p_0 - p_1 = 2p_0 - p_1 = 2p_0 - p_0 \frac{LT_1}{hT_0}.$$

Приравнивая друг другу два выражения для p_2, получаем равенство

$\frac{L}{H} = 2 - \frac{LT_1}{hT_0}$. Отсюда $T_1 = T_0 \frac{h}{L}\left(2 - \frac{L}{H}\right) \approx 219$ К. Ответ: 219 К.

31. Заряженный конденсатор $C_1 = 1$ мкФ включён в последовательную цепь из резистора $R = 300$ Ом, незаряженного конденсатора $C_2 = 2$ мкФ и разомкнутого ключа К (см. рисунок). После замыкания ключа в цепи выделяется количество теплоты $Q = 30$ мДж. Чему равно первоначальное напряжение на конденсаторе C_1?



Решение. Первоначальный заряд конденсатора $q = C_1U$. В результате перезарядки конденсаторов после замыкания ключа их заряды равны соответственно q_1 и q_2, причём $q_1 + q_2 = C_1U$ (по закону сохранения электрического заряда). В результате перезарядки на конденсаторах устанавливаются одинаковые напряжения, так как ток в цепи прекращается и напряжение на резисторе R становится равным нулю. Поэтому $\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2}$. По закону сохранения энергии выделившееся в цепи количество теплоты равно разности значений энергии конденсаторов в начальном и конечном состояниях: $Q = \frac{C_1U^2}{2} - \left(\frac{q_1^2}{2C_1} + \frac{q_2^2}{2C_2}\right)$.

Решая систему из уравнений, написанных выше, получаем:

$$U = \sqrt{\frac{2Q(C_1 + C_2)}{C_1C_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 30 \cdot 10^{-3}(10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6})}{10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}} = 300 \text{ В}.$$

Ответ: 300 В.

32. Значения энергии электрона в атоме водорода задаются формулой $E_n = \frac{-13{,}6\ \text{эВ}}{n^2}$, $n = 1,\ 2,\ 3,\ \ldots$. При переходе с верхнего уровня энергии на нижний атом излучает фотон. Переходы с верхних уровней на уровень с $n = 1$ образуют серию Лаймана; на уровень с $n = 2$ — серию Бальмера; на уровень с $n = 3$ — серию Пашена и т.д. Найдите отношение β минимальной частоты фотона в серии Бальмера к максимальной частоте фотона в серии Пашена.

Решение. Частота фотона связана с его энергией равенством $h\nu = E$, где h — постоянная Планка. В серии Бальмера энергия фотона равна:
$E_n - E_2$, где $n = 3, 4, \ldots$. Аналогично в серии Пашена энергия фотона равна:
$E_n - E_3$, где $n = 4, 5, \ldots$. Минимальной частота фотона в серии Бальмера будет при условии перехода с 3-го уровня, максимальной частота фотона в серии Пашена будет при переходе с самого высокого ($n = \infty$) уровня. Поэтому:

$$\beta = \frac{E_3 - E_2}{E_\infty - E_3} = \frac{\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}}{\frac{1}{3^2} - 0} = 1{,}25.$$

Ответ: 1,25.