

Ответы: ЕГЭ по физике

1	2
2	4
3	45
4	4000
5	34
6	23
7	4
8	7578
9	15
10	41
11	4
12	4
13	1,5
14	24
15	12
16	39,6
17	23
18	23

19

 $1,200 \pm 0,015$

20

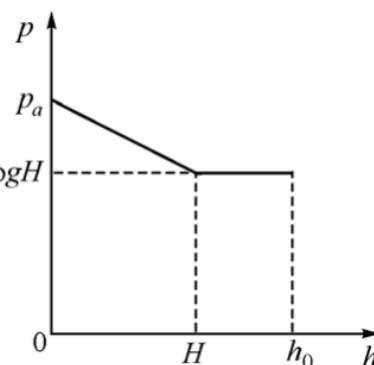
13

21

Возможное решение

1. В начале вытекания воды из перевернутой бутылки высотой h_0 , согласно формуле для давления жидкости, покоящейся в ИСО, давление на конце горловины превышает атмосферное на величину ρgh_0 , и поэтому вода начинает выливаться, а воздух – «пробулькивать» внутрь (здесь $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$ – плотность воды). Этот процесс можно считать изотермическим.
2. Когда воздух попадает внутрь бутылки, его давление при дальнейшем вытекании воды на основании закона Бойля-Мариотта для связи давления и объёма падает, поскольку объём увеличивается, и на уровне горловины, не касающейся воды в аквариуме, возникает разрежение с давлением ниже атмосферного, что приводит к новому «пробулькиванию» порции воздуха в бутылку. Процесс периодически повторяется и идёт медленно.
3. Когда уровень воды в аквариуме поднимается и закрывает горловину бутылки, то давление на её уровне становится равным атмосферному, так что всасывание воздуха и вытекание воды прекращаются.
4. При этом выполняется условие: $p_a - \rho gH$
 $p_a = p + \rho gH$, откуда давление воздуха в бутылке равно $p = p_a - \rho gH$, а давление воздуха внутри бутылки меньше атмосферного на $p_a - p = \rho gH$.
5. Подставляя числа, получаем:

$$p_a - p = \rho gH = 1000 \cdot 10 \cdot 0,1 = 1 \text{ кПа}.$$
6. График показан на рисунке.



22

Решение.

После того, как пружину сжали, совершив над ней работу, на систему пружина – брусок больше не действует внешних сил, совершающих работу, а значит, для этой системы выполняется закон сохранения полной механической энергии. Все потенциальная энергия сжатой пружины переходит в кинетическую энергию бруска:

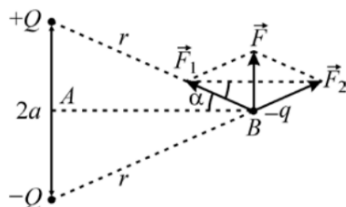
$$E_{\text{пот}} = E_{\text{кин}} \Leftrightarrow \frac{Mv^2}{2} = \frac{k(\Delta x)^2}{2} \Leftrightarrow M = k \frac{(\Delta x)^2}{v^2} = 1000 \text{ Н/м} \cdot \frac{(0,01 \text{ м})^2}{(1 \text{ м/с})^2} = 0,1 \text{ кг}$$

Ответ: 0,1.

23

Возможное решение

1. Пусть заряд $-q$ сместился в положение B . Обозначим расстояние между закреплёнными зарядами $+Q$ и $-Q$ через $2a$, расстояние от заряда $-q$ до любого из закреплённых зарядов через r (см. рис.). Тогда, в соответствии с законом Кулона, модули сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 , действующих на заряд $-q$ со стороны зарядов $+Q$ и $-Q$, одинаковы: $F_1 = F_2 = \frac{kqQ}{r^2}$. Одноимённые точечные заряды отталкиваются друг от друга, а разноимённые – притягиваются друг к другу. Поэтому векторы \vec{F}_1 и \vec{F}_2 направлены так, как показано на рисунке.



2. На основании принципа суперпозиции сил равнодействующая сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 равна сумме этих векторов: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$. Составляющие сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 , направленные параллельно прямой AB , равны по модулю и противоположны по направлению, а составляющие этих сил, направленные перпендикулярно указанной прямой, имеют одинаковое направление. Поэтому сила \vec{F} направлена перпендикулярно прямой AB , то есть вдоль линии, на которой лежат закреплённые заряды. Направление этой силы при перемещении заряда $-q$ не изменяется.

3. Векторы сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 являются сторонами ромба, а сила \vec{F} его диагональю.

Поэтому модуль силы \vec{F} равен $F = 2 \cdot \frac{kqQ}{r^2} \cdot \sin \alpha$ (угол α показан на рисунке).

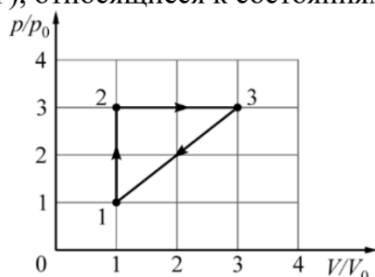
Учитывая, что $a = r \sin \alpha$, получаем: $F = \frac{2kqQ}{a^2} \cdot \sin^3 \alpha$.

4. При перемещении заряда $-q$ от точки A в сторону точки B угол α уменьшается. Поэтому величина F также будет уменьшаться.

24

Возможное решение

1. Перерисуем график процесса в виде pV -диаграммы (см. рисунок). Будем отмечать нижними индексами 1, 2 и 3 физические величины (давление p , объём V и температуру T), относящиеся к состояниям 1, 2 и 3 газа.



2. Совершённая газом на участке цикла работа численно равна площади под линией, изображающей данный участок на pV -диаграмме. Соответственно, работа, совершённая газом за полный цикл, численно равна площади цикла на pV -диаграмме. Для данного «треугольного» цикла:

$$A = (1/2)(p_2 - p_1)(V_3 - V_1) = (1/2)(3 - 1)p_0(3 - 1)V_0 = 2p_0V_0.$$

3. Газ в этом цикле получает количество теплоты на участках 1-2 и 2-3. Количество теплоты, полученное газом на этих участках, в соответствии с первым законом термодинамики равно сумме изменения внутренней энергии газа в процессе 1-2-3 и работы, совершённой газом в процессе 2-3:
 $Q^+ = (3/2)\nu R(T_3 - T_1) + p_2(V_3 - V_2).$

С учётом уравнения Менделеева–Клапейрона ($pV = \nu RT$) преобразуем последнее выражение:

$$Q^+ = (3/2)(p_3 V_3 - p_1 T_1) + p_2(V_3 - V_2) = (3/2)(3p_0 \cdot 3V_0 - p_0 V_0) + 3p_0(3 - 1)V_0 = 18p_0 V_0.$$

4. КПД цикла теплового двигателя равен отношению работы A , совершённой газом за цикл, к количеству теплоты Q^+ , подведённой к рабочему телу за один цикл работы двигателя:

$$\eta = A/Q^+ = 2p_0 V_0 / (18p_0 V_0) = 1/9 \approx 0,11 = 11 \, \%.$$

Ответ: $\eta = 1/9 \approx 0,11 = 11 \, \%$.

25

Возможное решение

1. В данном случае имеются две независимые замкнутые цепи, соединённые в точке 3 и состоящие из источников с известными ЭДС и внутренними сопротивлениями.

2. В левой части цепи ток I_1 обходит контур по часовой стрелке, а в правой части ток I_2 обходит контур против часовой стрелки.

3. Эти токи могут быть определены по закону Ома для полной (замкнутой) цепи: $I_1 = \varepsilon_1 / (R_1 + r_1)$, $I_2 = \varepsilon_2 / (R_2 + r_2)$.

4. По закону Ома для участков цепи с резисторами R_1 и R_2 , в которых токи текут сверху вниз ($1 \rightarrow 3$, $2 \rightarrow 3$), потенциалы в точках 1 и 2 выше, чем в точке 3, соответственно на $\varphi_1 = I_1 R_1 = \varepsilon_1 R_1 / (R_1 + r_1)$ и $\varphi_2 = I_2 R_2 = \varepsilon_2 R_2 / (R_2 + r_2)$.

5. У конденсатора C , включенного между точками 1 и 2, заряд правой обкладки будет равен $q = CU_{21} = C(U_2 - U_1) = C[\varepsilon_2 R_2 / (R_2 + r_2) - \varepsilon_1 R_1 / (R_1 + r_1)]$.

6. Подставляя численные данные из условия задачи, получаем окончательно:
 $q = 0,15 \cdot 10^{-6} \cdot [6 \cdot 12 / (12 + 0,5) - 6 \cdot 6 / (6 + 0,5)] \approx +33 \cdot 10^{-9} \text{ Ф} \approx +33 \text{ нФ}.$

Ответ: $q = C[\varepsilon_1 R_1 / (R_1 + r_1) - \varepsilon_2 R_2 / (R_2 + r_2)] \approx +33 \cdot 10^{-9} \text{ Ф} \approx +33 \text{ нФ}$

26

Возможное решение

Обоснование

Движение груза и тележки поступательное. Поэтому их можно считать материальными точками.

На тележку в инерциальной системе отсчета, связанной с Землей, действуют силы тяжести, натяжения нити, реакции опоры и трения. Для описания ее движения можно применять второй закон Ньютона. На грузик в инерциальной системе отсчета действуют сила тяжести и сила натяжения нити. Для описания его движения можно применять второй закон Ньютона.

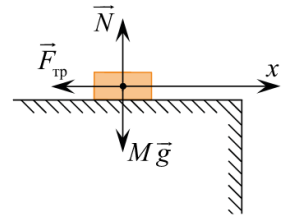
Нить является невесомой, поэтому силы натяжения, действующие на тележку и на грузик, равны по модулю.

Нить является нерастяжимой, поэтому ускорение тележки и груза равны по модулю.

Решение

Рассмотрим первый случай. На тележку действуют три силы: тяжести, трения и реакция опоры. Согласно второму закону Ньютона $M\vec{a} = M\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}$. Запишем проекции на горизонтальную и вертикальную оси:

$$\begin{cases} -Ma = -F_{\text{тр}}, \\ 0 = N - Mg. \end{cases}$$

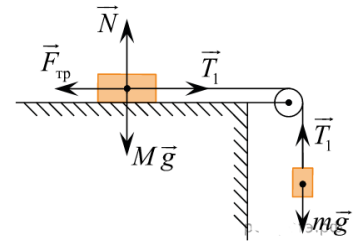


Сила трения связана с силой реакции опоры соотношением $F_{\text{тр}} = \mu N$, откуда

$$Ma = F_{\text{тр}} = \mu N = \mu Mg \Leftrightarrow \mu = \frac{a}{g} = \frac{0,5}{10} = 0,05.$$

Рассмотрим теперь второй случай. Так как тело движется равномерно, его ускорение равно нулю. Нить нерастяжима, поэтому груз также движется равномерно. Запишем второй закон Ньютона для тележки и груза

$$\begin{cases} M\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} + \vec{T}_1 = 0, \\ m\vec{g} + \vec{T}_2 = 0. \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} N - Mg = 0, \\ T_1 - F_{\text{тр}} = 0, \\ T_2 - mg = 0. \end{cases}$$



Нить невесома, поэтому $T_1 = T_2$. В итоге получаем

$$m = \mu M = 0,05 \cdot 1 = 0,05 \text{ кг.}$$

Ответ: 0,05 кг.