

На решение олимпиадных заданий по физике 11 класса отводится 3.5 часа (210 минут).

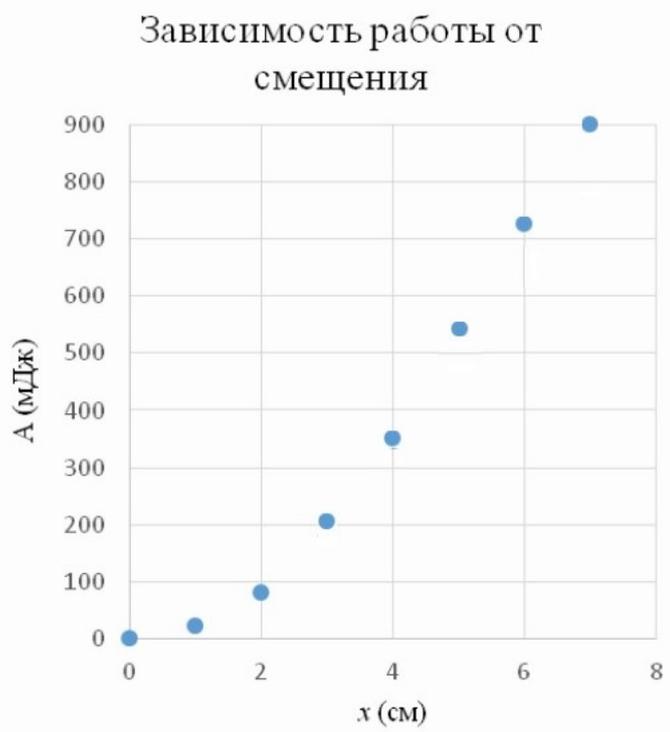
11 КЛАСС

1. На горизонтальном стальном листе покоится металлический брусок массой $m = 10$ кг с прикрепленной к нему изначально не деформированной пружины. К свободному концу пружины прикладывают горизонтально направленную постепенно увеличивающуюся силу. Через некоторое время брусок начинает перемещаться с постоянной скоростью. Зависимость работы приложенной силы от перемещения точки приложения приведена в таблице.

x , см	0	1	2	3	4	5	6	7
A , мДж	0	23	90	203	360	540	720	900

Определите коэффициент жесткости пружины, перемещение бруска и коэффициент трения бруска о поверхность стола.

Возможное решение.



По данным таблицы построим график $A(x)$. (2 балла)

Из него видно, что зависимость $A(x)$ состоит из двух участков. Начальный – парабола, затем линейный. (2 балла)

Переход происходит точно в точке $x_0 = 4$ см. В этот момент сила упругости становится равной силе трения и брусок начинает движение. Так как максимальное смещение свободного конца пружины 7 см, то брусок за время эксперимента переместился на 3 см. (1 балл)

По угловому коэффициенту линейного участка графика найдем коэффициент трения скольжения (при движении бруска пружина больше не удлиняется и вся добавочная работа внешней силы идет на преодоление силы трения) $\Delta A = \mu mg \cdot \Delta x$ (2 балла), откуда

$$\mu = \frac{\Delta A}{mg \cdot \Delta x} = \frac{0.54}{10 \cdot 10 \cdot 0.03} = 0.18. \text{ (1 балл)}$$

Коэффициент жесткости находим из условия начала скольжения $\mu mg = kx_0$ (1 балл)

$$k = \frac{\mu mg}{x_0} = \frac{0.18 \cdot 10 \cdot 10}{0.04} = 450 \text{ Н/м. (1 балл)}$$

2. Гладкую горку с постоянным углом наклона α перемещают с постоянной скоростью v относительно Земли (наклонной плоскостью вперед) по горизонтальной поверхности. С неё начинает соскальзывать (без начальной скорости относительно горки) небольшая шайба массы m . Работа, которую за время всего спуска совершает над шайбой сила N реакции горки (в системе отсчета связанной с Землей), равна A_N . Найдите высоту начального положения шайбы над горизонтальной поверхностью.

Возможное решение.

В системе отсчета сопутствующей горке и движущейся равномерно со скоростью v относительно земли сила нормальной реакции горки всегда направлена перпендикулярно мгновенной скорости шайбы и поэтому работы не совершает. В этой системе отсчета закон сохранения энергии для шайбы выглядит так:

$$mgh = \frac{mu^2}{2}, \text{ где } u \text{ – скорость шайбы относительно горки в конце спуска. (2 балла)}$$

В системе отсчета связанной с землей скорость шайбы v_1 может быть найдена с помощью теоремы косинусов. По закону сложения скоростей

$$v_1^2 = v^2 + u^2 + 2vu \cos \alpha. \text{ (2 балла)}$$

В этой системе отсчета закон сохранения энергии применительно к шайбе примет вид:

$$A_N + mgh + \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2}. \text{ (4 балла)}$$

Откуда

$$h = \frac{1}{2g} \cdot \left(\frac{A_N}{mv \cdot \cos \alpha} \right)^2 \text{ (2 балла)}$$

3. Парашютист выполняет затяжной прыжок — в течение 30 секунд падает не раскрывая парашюта, причём к моменту истечения этого времени он летит вниз практически с постоянной установившейся скоростью. Сила сопротивления воздуха,

действующая на парашютиста, пропорциональна квадрату скорости его падения. Какова скорость парашютиста в единицах установившейся скорости в момент, когда его ускорение равно $a = 0.975 \text{ м/с}^2$?

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$?

Возможное решение.

На летящего парашютиста действуют сила тяжести и сила сопротивления воздуха. По второму закону Ньютона:

$$ma = mg - kv^2, \text{ (3 балла)}$$

Откуда

$$a = g - kv^2/m.$$

При установившемся движении ускорение $a = 0$, откуда $k = mg/v_{уст}^2$. (2 балла)

Тогда

$$a = g - g \frac{v^2}{v_{уст}^2} \Rightarrow \frac{v}{v_{уст}} = \sqrt{1 - \frac{a}{g}}. \text{ (3 балла)}$$

$$\frac{v}{v_{уст}} = \sqrt{1 - \frac{0.975}{10}} = 0.95 \text{ (2 балла)}$$

4. В закрытом сосуде находится идеальный одноатомный газ, плотность которого $\rho = 1.8 \text{ кг/м}^3$. Давление газа 150 кПа. Вычислите среднеквадратичную скорость молекул газа.

Возможное решение.

Среднеквадратичная скорость движения молекул газа:

$$v_{ср.кв} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}. \text{ (2 балла)}$$

Из уравнения Клапейрона-Менделеева (с учетом $\rho = m/V$ (1 балл)): $pV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow$

$$\frac{RT}{\mu} = \frac{p}{\rho}. \text{ (3 балла)}$$

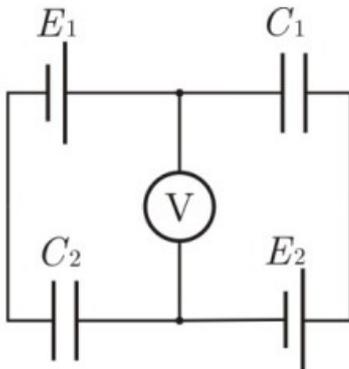
Значит,

$$v_{ср.кв} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}}. \text{ (2 балла)}$$

$$v_{ср.кв} = \sqrt{\frac{3 \cdot 150 \cdot 10^3}{1.8}} = 500 \text{ м/с}. \text{ (2 балла)}$$

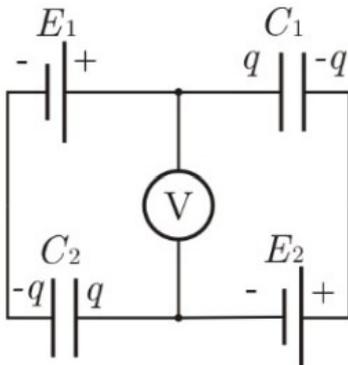
5. Из двух незаряженных конденсаторов с неизвестными ёмкостями C_1 и C_2 , двух идеальных батарей с известными ЭДС E_1 и E_2 собрали цепь, указанную на рисунке.

После установления равновесия в цепь включили идеальный вольтметр, и он показал напряжение U . Найдите отношение ёмкостей C_2/C_1 .



Возможное решение.

Будем считать, что $E_1 > E_2$, с учетом этого расставим знаки зарядов на обкладках конденсаторов:



Из закона сохранения заряда следует, что заряды конденсаторов равны. (2 балла)

Обозначим заряд каждого конденсатора q .

Тогда напряжения в правой и левой частях цепи можно выразить формулами

$$U = E_2 + q/C_1 \text{ (2 балла)}$$

$$U = E_1 - q/C_2 \text{ (2 балла)}$$

Преобразуем эти уравнения, выражая заряды на конденсаторах

$$q = C_1(U - E_2) \text{ (1 балл)}$$

$$q = C_2(E_1 - U) \text{ (1 балл)}$$

Делим второе уравнение на первое и получаем искомое отношение ёмкостей:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{U - E_2}{E_1 - U} \text{ (2 балла)}$$