

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА
ОСЕННЯЯ ФИЗИКО–МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

«ШАГ В БУДУЩЕЕ» 2014 – 2015 г.г. I ТУР

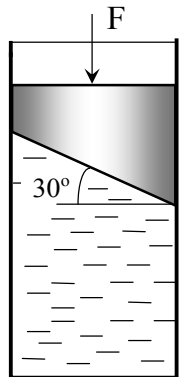
ФИЗИКА ВАРИАНТ № 2

ЗАДАЧА 1.

Камень, брошенный горизонтально с некоторой высоты, упал на землю через 3 секунды. Определите модуль изменения скорости за последние две секунды полёта. Сопротивлением воздуха пренебречь.

ЗАДАЧА 2.

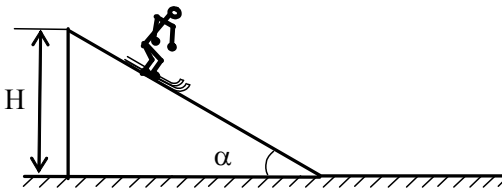
Жидкость, находящаяся в сосуде площади S , сжимается поршнем. Сила, приложенная к поршню, равна F . Найдите давление в жидкости. Атмосферное давление, а также вес жидкости и поршня не учитывать.



ЗАДАЧА 3.

На гладкой горизонтальной плоскости расположены два одинаковые по размеру шарика. Один шарик массы $4m$ неподвижен, а второй шарик массы $2m$ движется со скоростью v_0 по линии, соединяющей центры шариков и упруго соударяется с шариком массы $4m$. Считая удар абсолютно упругим, определите модуль изменения скорости шарика массы $2m$.

ЗАДАЧА 4.



Лыжник съезжает с горы, имеющей высоту $H = 10$ м и угол наклона $\alpha = 60^\circ$, и движется далее по горизонтальному участку. Коэффициент трения на всем пути одинаков и равен $\mu = 0,2$. Определите расстояние S , которое пройдёт лыжник, двигаясь по горизонтальному участку, до полной остановки.

ЗАДАЧА 5.

Полная энергия тела, совершающего гармоническое колебательное движение, равна $W = 3 \cdot 10^{-5}$ Дж, максимальная сила, действующая на тело, равна $F = 1,5 \cdot 10^{-3}$ Н. Определите амплитуду A колебаний этого тела.

ЗАДАЧА 6.

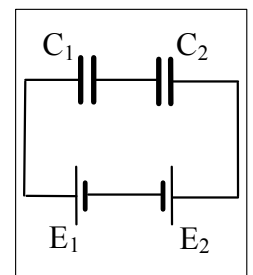
Температура в комнате увеличилась с $t_1 = 9^\circ$ до $t_2 = 27^\circ$. На сколько процентов уменьшилось число молекул в этой комнате?

ЗАДАЧА 7.

Определите изменение внутренней энергии 2 г водорода при нагревании его при постоянном давлении на $\Delta T = 10$ К, если газу сообщено количество теплоты $Q = 291$ Дж. Молярная масса водорода $\mu = 0,002$ кг/моль.

ЗАДАЧА 8.

Найдите силу притяжения между пластинами плоского конденсатора C_2 в схеме, изображенной на рисунке, если $C_1 = 2C_0$, $C_2 = C_0$, $E_1 = 2E_0$, $E_2 = E_0$, а расстояние между пластинами конденсатора C_2 равно d .

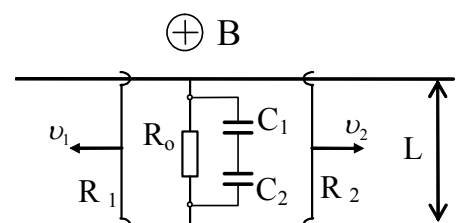


ЗАДАЧА 9.

Какая масса меди выделилась из раствора $Cu SO_4$ за время $t = 200$ с, если ток, протекавший через электролит, менялся по закону $I = (3 + 0,01 t)$ А, где t – время в секундах. Валентность меди $n = 2$.

ЗАДАЧА 10.

Два параллельных идеально проводящих рельса расположены на расстоянии $L = 0,1$ м друг от друга в плоскости, перпендикулярной однородному магнитному полю индукции $B = 1$ Тл. Между рельсами включены, как показано на рисунке, сопротивление $R_0 = 3$ Ом и два конденсатора: $C_1 = 3 \cdot 10^{-3}$ Ф и $C_2 = 6 \cdot 10^{-3}$ Ф. По рельсам в разные стороны от сопротивления R_0 скользят две перемычки, скорости которых $v_1 = 0,3$ м/с и $v_2 = 0,2$ м/с. Сопротивления перемычек $R_1 = 1$ Ом, и $R_2 = 2$ Ом. Найдите величину установившегося напряжения U_2 на конденсаторе C_2



ОСЕННЯЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА 2014-2015 г.г.

I ТУР

РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА № 2

ЗАДАЧА 1. (8 баллов)

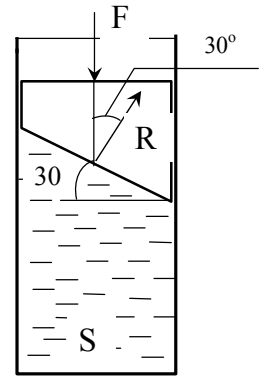
Ответ: $|\Delta \vec{v}| = g \cdot \Delta t = 9,8 \cdot 2 = 19,6 \text{ м/с}$

ЗАДАЧА 2. (8 баллов)

Ответ: $p = \frac{F}{S}$

Пусть искомое давление равно p . Тогда жидкость будет действовать на поршень с силой R , равной pS_1 , где S_1 – площадь скошенной части поршня. Так как сила R направлена под углом α к вертикали, а сам поршень находится при этом в равновесии, то $F = R \cos \alpha$. Подставив сюда

$R = pS_1$ и учитывая, что $S_1 \cos \alpha = S$, получим $F = pS$, откуда $p = \frac{F}{S}$.



ЗАДАЧА 3. (10 баллов)

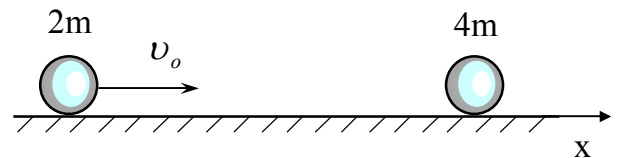
Ответ: $|\Delta v| = \frac{4}{3} v_0$.

В соответствии с законом сохранения механической энергии и законом сохранения импульса запишем вдоль горизонтального направления равенство:

$$\frac{2mv_0^2}{2} = \frac{2mv_1^2}{2} + \frac{4mv_2^2}{2} \quad (1)$$

$$2mv_0^2 = 2mv_1^2 + 4mv_2^2 \quad (2) \quad \text{Из (1) и (2) получим } v_1 = \frac{2m-4m}{2m+4m} v_0 = -\frac{1}{3} v_0.$$

Следовательно, $\Delta v_1 = v_1 - v_0 = -\frac{1}{3} v_0 - v_0 = -\frac{4}{3} v_0$; $|\Delta v_1| = \frac{4}{3} v_0$.



ЗАДАЧА 4. (10 баллов)

Ответ: $S = \frac{H(1 - \mu \cdot \text{ctg } \alpha)}{\mu} = 44,3 \text{ м}$.

Так как скорость санок в начале и в конце пути равна нулю, то в соответствии с законом сохранения энергии, работа силы тяжести равна работе силы трения.

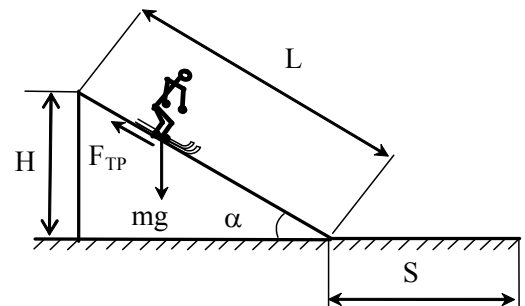
Следовательно, $A_{mg} + A_{TP} = 0$, то есть

$$mgH - \mu mg \cos \alpha L - \mu mg S = 0, \quad (1)$$

где L – длина горки $L = \frac{H}{\sin \alpha}$.

$$mgH - \mu mg \cos \alpha \frac{H}{\sin \alpha} - \mu mg S = 0 \quad (1)$$

Из (1) находим $S = \frac{H(1 - \mu \text{ctg } \alpha)}{\mu}$.



Подставив числовые значения, получим: $S = \frac{10(1 - 0,2 \cdot \text{ctg } 60^\circ)}{0,2} = 44,3 \text{ м}$

ЗАДАЧА 5. (10 баллов)

Ответ: $A = \frac{2W}{F} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$

Максимальная кинетическая энергия точки равна $W = \frac{mv^2}{2} = \frac{mA^2\omega^2}{2}$ (1)

Поскольку $F = mA\omega^2$, то подставив в (1), получим $W = \frac{FA}{2}$, откуда $A = \frac{2W}{F}$.

Подставив числовые значения, найдем $A = \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^{-5}}{1,5 \cdot 10^{-3}} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$

ЗАДАЧА 6. (10 баллов)

Ответ: Число молекул уменьшилось на 6%..

Давление в комнате остаётся постоянным, и так как давление $p = nkT$, то есть $p = n_1kT_1$;
 $p = n_2kT_2$, откуда

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{282}{300} = 0,94. \text{ Следовательно, число молекул уменьшилось на } 1 - 0,94 = 0,06 = 6\%.$$

ЗАДАЧА 7. (10 баллов)

Ответ: $\Delta U = Q - \frac{m}{\mu} R \Delta T = 207,9 \text{ Дж}$

В соответствии с первым законом термодинамики

$$Q = \Delta U + A, \text{ где } A = \frac{m}{\mu} R \Delta T \text{ при } P = \text{const.}$$

$$\Delta U = Q - A = Q - \frac{m}{\mu} R \Delta T \text{ Подставив числовые значения, получим}$$

$$\Delta U = 291 - \frac{0,002}{0,002} \cdot 8,31 \cdot 10 = 207,9 \text{ Дж}$$

ЗАДАЧА 8. (10 баллов)

Ответ: $F = \frac{2C_0 E_0^2}{9d}$

1) Сила притяжения пластин конденсатора

$$F = q \frac{E}{2} = q \frac{1}{2} \cdot \frac{U}{d}, \quad (1)$$

где q - заряд на обкладке конденсатора,

U – напряжение на конденсаторе,

d – расстояние между пластинами. В этой формуле буквой E обозначена напряженность поля в конденсаторе.

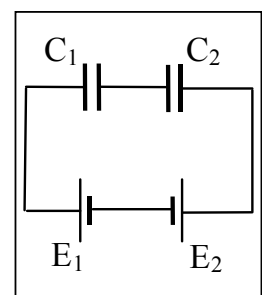
2) Ёмкость батареи конденсаторов $C_{\text{бат}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{2}{3} \cdot C_0.$

3) Заряд на обкладках каждого конденсатора

$$q = C_{\text{бат}} \cdot (E_1 - E_2) = \frac{2}{3} C_0 E_0$$

4) Напряжение на конденсаторе C_2 $U_2 = \frac{q}{C_2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{C_0 E_0}{C_0} = \frac{2E_0}{3}$

5) Подставляя q и U_2 в (1), получим $F = \frac{2C_0 E_0^2}{9d}$.



ЗАДАЧА 9. (12 баллов)

Ответ: $m = 0,26 \text{ г}$.

Масса m выделившейся из раствора меди при протекании через электролит заряда q равна

$m = m_0 N$, где $m_0 = \frac{\mu}{N_A}$ - масса иона меди.

$$N = \frac{q}{q_{\text{иона}}} = \frac{q}{en}, \text{ где } n \text{ - валентность ионов меди. Тогда } m = \frac{\mu}{N_A} \cdot \frac{q}{e \cdot n} = \frac{\mu q}{N_A e \cdot n} \quad (1)$$

Здесь $F = N_A \cdot e = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} = 9,65 \cdot 10^4 \text{ Кл/моль}$ - постоянная Фарадея.

Подставив F в (1), получим

$$m = \frac{\mu}{F \cdot n} q = \frac{0,064}{9,65 \cdot 10^4 \cdot 2} q = 0,0033 \cdot 10^{-4} \cdot q = 3,3 \cdot 10^{-7} \cdot q \quad (2)$$

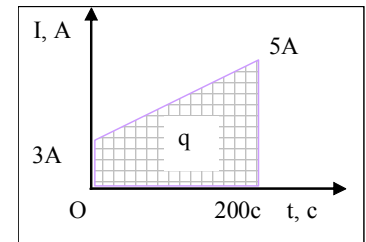
Заряд q найдем, используя графическое представление изменения тока от времени $I(t) = (3 + 0,01t) \text{ А}$. При $t = 0$, $I = 3 \text{ А}$.

При $t = 200 \text{ с}$ $I(t = 200) = (3 + 0,01 \cdot 200) = 5 \text{ А}$

$$q = \frac{3 + 5}{2} \cdot 200 = 4 \cdot 200 = 800 \text{ Кл}.$$

Подставив значение q в (2), найдем

$$m = 3,3 \cdot 10^{-7} \cdot q = 3,3 \cdot 10^{-7} \cdot 800 = 26,4 \cdot 10^{-5} = 0,26 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 0,26 \text{ г} \quad m = 0,26 \text{ г}.$$

**ЗАДАЧА 10.** (12 баллов)

Ответ: $U_2 = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ В}$

Используя закон Фарадея и правила Кирхгофа, запишем для контура, образованного рельсами, неподвижным и двумя подвижными проводниками следующие уравнения:

$$\left. \begin{aligned} I_1 R_1 - I_0 R_0 &= v_1 L B \\ I_2 R_2 + I_0 R_0 &= v_2 L B \\ I_1 + I_0 &= I_2 \end{aligned} \right\} \text{ Решая эту систему уравнений, найдем}$$

$$I_0 = BL \frac{v_2 R_1 - v_1 R_2}{R_1 R_2 + R_0 R_1 + R_0 R_2}$$

Подставив числовые значения, получим $I_0 = -3,6 \cdot 10^{-3} \text{ А}$

Знак минус означает, что направление тока I_0 на рисунке следует изменить на противоположное.

$$q_2 = q_{\text{БАТ}} \text{ т.е. } C_2 U_2 = C_{\text{БАТ}} U \Rightarrow U_2 = U \frac{C_{\text{БАТ}}}{C_2} \text{ где } C_{\text{БАТ}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}, \quad a \quad U = I_0 R_0$$

$$U_2 = I_0 R_0 \frac{C_1}{C_1 + C_2} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \frac{3}{3 + 6} = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ В}$$

