

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

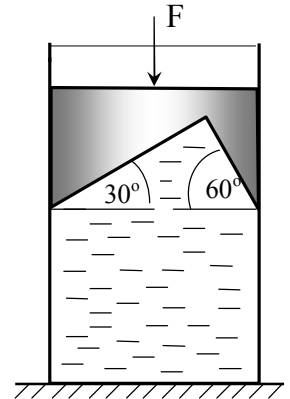
«ШАГ В БУДУЩЕЕ» 2014 – 2015 г.г.  
ФИЗИКА ВАРИАНТ № 4 I ТУР

**ЗАДАЧА 1.**

Камень, брошенный с некоторой высоты, упал на землю через 5 секунд. Определите модуль изменения скорости камня за последнюю секунду полёта. Сопротивлением воздуха пренебречь.

**ЗАДАЧА 2.**

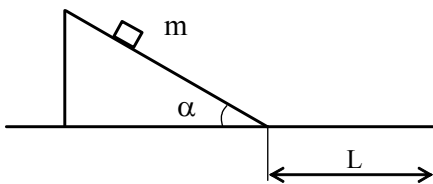
Жидкость, находящаяся в сосуде площади  $S$ , сжимается поршнем. Сила, приложенная к поршню, равна  $F$ . Найдите давление в жидкости. Атмосферное давление, а также вес жидкости и поршня не учитывать.



**ЗАДАЧА 3.**

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

**ЗАДАЧА 4.**



Небольшой брусок массы  $m = 1$  кг соскальзывает без начальной скорости по наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha = 60^\circ$  с горизонтом, и, пройдя по горизонтальной плоскости расстояние  $L = 1$  м, останавливается. Найдите работу сил трения на всем пути, считая всюду коэффициент трения  $\mu = 0,2$ .

**ЗАДАЧА 5.**

Максимальный импульс материальной точки массы  $m = 20$  г, совершающей гармонические колебания с периодом  $T = 2$  с, равен  $P = 4 \cdot 10^{-3}$  (кг·м)/с. Определите амплитуду  $A$  колебаний этой точки.

**ЗАДАЧА 6.**

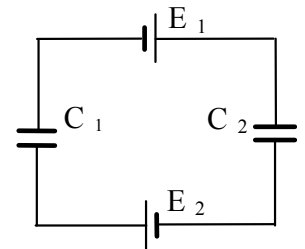
В закрытом сосуде находится идеальный газ. Во сколько раз увеличится давление газа, если среднеквадратичная скорость его молекул увеличится на 50% ?

**ЗАДАЧА 7.**

Какое количество теплоты надо сообщить аргону, масса которого  $m = 20$  г, чтобы при постоянном давлении его температура повысилась на  $\Delta T = 100$  К? Молярная масса аргона  $\mu = 0,040$  кг/моль.

**ЗАДАЧА 8.**

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

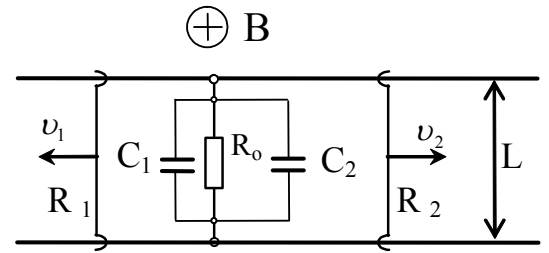


**ЗАДАЧА 9.**

Какая масса меди выделилась из раствора  $Cu SO_4$  за время  $t = 200$  с, если ток, протекавший через электролит, менялся по закону  $I = (10 + 0,1 t)$  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 заряда батареи конденсаторов  $C_1, C_2$ .



4-1

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

I ТУР

### РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА № 4

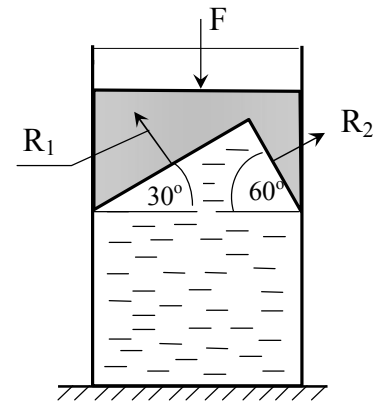
**ЗАДАЧА 1.** (8 баллов)

Ответ:  $|\Delta \vec{v}| = g \cdot \Delta t = 9,8 \cdot 1 = 9,8 \text{ м/с}$

**ЗАДАЧА 2.** (8 баллов)

Ответ:  $p = \frac{F}{S}$

Пусть искомое давление равно  $p$ . Тогда жидкость будет действовать на поршень с силами  $R_1 = pS_1$ , и  $R_2 = pS_2$ , где  $S_1$  и  $S_2$  – площади скошенных частей поршня. Так как силы  $R_1$  и  $R_2$  направлены перпендикулярно к поверхностям  $S_1$  и  $S_2$ , а сам поршень находится при этом в равновесии, то  $F = R_1 \cos 30^\circ + R_2 \cos 60^\circ$ . Подставив сюда  $R_1$  и  $R_2$  и учитывая, что  $S_1 \cos 30^\circ + S_2 \cos 60^\circ = S$ , получим  $F = pS$ , откуда  $p = \frac{F}{S}$ .



**ЗАДАЧА 3.** (10 баллов)

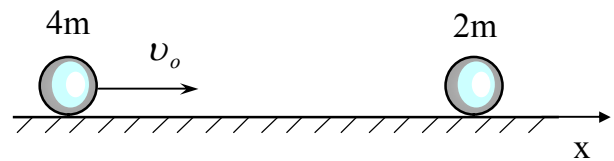
Ответ:  $\Delta v_2 = \frac{4}{3} v_0$

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

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

$$4mv_0^2 = 4mv_1^2 + 2mv_2^2 \quad (2) \quad \text{Из (1) и (2) получим} \quad v_2 = \frac{2 \cdot 4m}{4m + 2m} v_0 = \frac{4}{3} v_0.$$

Следовательно,  $\Delta v_2 = \frac{4}{3} v_0$ .



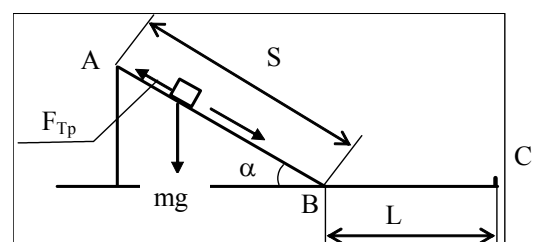
**ЗАДАЧА 4.** (10 баллов)

Ответ:  $A_{\text{тр}} = \frac{-(\mu \cdot mgL)}{1 - \mu \cdot \text{ctg} \alpha} = -2,2 \text{ Дж}$

1) Скорость шайбы в точке В  $\mu \cdot mgL = \frac{mv^2}{2}$ ,

откуда  $v^2 = 2\mu \cdot gL$

2) Определим  $S$  из условия равнопеременного движения,



$$S = \frac{v^2}{2a}, \quad \text{где} \quad a = \frac{mg \sin \alpha - \mu \cdot mg \cos \alpha}{m} = g(\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha).$$

$$3) h = S \sin \alpha = \frac{v^2}{2a} \sin \alpha = \frac{2\mu \cdot gL \sin \alpha}{2g(\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)} = \frac{\mu \cdot L \sin \alpha}{\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha}$$

$$4) A_{TP} = -\Delta W_{\text{потенц}}, \quad \text{где} \quad \Delta W_{\text{потенц}} = mgh; \quad A_{TP} = \frac{-(\mu \cdot mgL)}{1 - \mu \cdot \text{ctg} \alpha}.$$

$$\text{Подставим числовые значения, получим: } A_{TP} = \frac{-(0,2 \cdot 1 \cdot 9,8 \cdot 1)}{1 - 0,2 \cdot \text{ctg} 60^\circ} = -2,2 \text{ Дж}$$

4-2

### ЗАДАЧА 5. (10 баллов)

$$\text{Ответ: } A = \frac{P_{\max} T}{2\pi m} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

$$P_{\max} = mv_{\max} = mA\omega = mA \frac{2\pi}{T}, \quad \text{откуда} \quad A = \frac{P_{\max} T}{2\pi m}.$$

$$A = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 2}{2\pi \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 0,6 \cdot 10^{-1} \text{ м} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

### ЗАДАЧА 6. (12 баллов)

Ответ: Давление газа увеличится в 2,25 раза.

$$\text{Давление идеального газа } p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2, \quad \text{где } \bar{v}^2 = v_{\text{СР.КВ.}}^2. \quad \text{Тогда } \frac{p_2}{p_1} = \frac{\bar{v}_{2\text{СРКВ}}^2}{\bar{v}_{1\text{СРКВ}}^2}.$$

$$\text{По условию задачи } v_{2\text{СР.КВ.}} = 1,5v_{1\text{СРКВ.}}, \quad \text{следовательно, } \frac{p_2}{p_1} = (1,5)^2 = 2,25 \text{ раза.}$$

### ЗАДАЧА 7. (10 баллов)

$$\text{Ответ: } Q = \frac{5m}{2\mu} R\Delta T = 1038,75 \text{ Дж}.$$

В соответствии с первым законом термодинамики

$$Q = \Delta U + A \quad \text{Так как гелий – газ одноатомный и } P = \text{const.}, \quad \text{то } \Delta U = c_v \frac{m}{\mu} \Delta T = \frac{3m}{2\mu} R\Delta T$$

$$A = \frac{m}{\mu} R\Delta T.$$

$$Q = \frac{3m}{2\mu} R\Delta T + \frac{m}{\mu} R\Delta T = \frac{5m}{2\mu} R\Delta T = . \quad \text{Подставив числовые значения, получим}$$

$$Q = \frac{5m}{2\mu} R\Delta T = \frac{5}{2} \cdot \frac{0,020}{0,040} \cdot 8,31 \cdot 100 = 1038,75 \text{ Дж}.$$

### ЗАДАЧА 8. (10 баллов)

$$\text{Ответ: } F = \frac{C_o E_o^2}{d}.$$

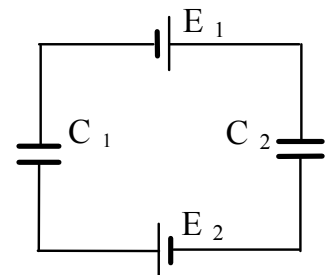
1) Сила притяжения пластин конденсатора

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

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) Емкость батареи конденсаторов  $C_{\text{БАТ}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{2}{3} \cdot C_o$ .

3) Заряд на обкладках каждого конденсатора

$$q = C_{\text{БАТ}} \cdot (E_1 + E_2) = \frac{2}{3} C_o (E_o + 2 E_o) = 2 C_o E_o$$

4) Напряжение на конденсаторе  $C_2$   $U_2 = \frac{q}{C_2} = \frac{2 C_o E_o}{2 C_o} = E_o$

5) Подставляя  $q$  и  $U_2$  в (1), получим  $F = \frac{C_o E_o^2}{d}$

**ЗАДАЧА 9.** (12 баллов)

Ответ:  $m \approx 1,3 \text{ г}$

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

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

$$N = \frac{q}{q_{\text{иона}}} = \frac{q}{en}, \quad \text{где } n - \text{валентность ионов меди}$$

Тогда  $m = \frac{\mu}{N_A} \cdot \frac{q}{e \cdot n} = \frac{\mu q}{N_A e \cdot n}$  (1)

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

Подставив значение  $F$  в (1), получим

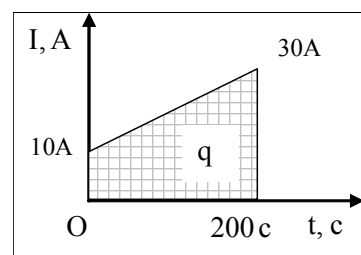
$$m = \frac{\mu}{F \cdot n} q = \frac{0,064}{9,65 \cdot 10^4 \cdot 2} q = 0,0033 \cdot 10^{-4} \cdot q = 3,3 \cdot 10^{-7} \cdot q$$
 (2)

Заряд  $q$  найдем, используя графическое представление изменения тока от времени

$$I(t) = (10 + 0,1t) \text{ А} . \quad \text{При } t = 0, I = 10 \text{ А}.$$

При  $t = 200 \text{ с}$ ,  $I(t = 200) = (10 + 0,1 \cdot 200) = 30 \text{ А}$ .

$$q = \frac{10 + 30}{2} \cdot 200 = 20 \cdot 200 = 4000 \text{ Кл}.$$



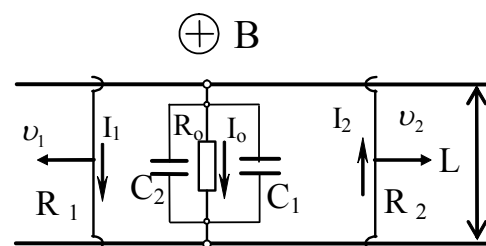
Подставив значение  $q$  в (2), найдем

$$m = 3,3 \cdot 10^{-7} \cdot q = 3,3 \cdot 10^{-7} \cdot 4000 = 13,2 \cdot 10^{-4} = 1,32 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 1,3 \text{ г}.$$

**ЗАДАЧА 10.** (12 баллов)

Ответ:  $q_{\text{БАТ}} = (C_1 + C_2) I_0 R_0 = 9,7 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}$

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



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

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.

Найдем заряд батареи конденсаторов  $q_{\text{бат}}$ .

$$q_{\text{БАТ}} = C_{\text{БАТ}} U = (C_1 + C_2) I_0 R_0 = (3 + 6) \cdot 10^{-3} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 = 9,7 \cdot 10^{-5} \text{ Кл} .$$