

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр

111510

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА  
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету

Физика

(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника

Козы-ал Кендик Меренович

Город, № школы (образовательного учреждения)

г. Козы, ГАООПТБ „Государственный лицей Республики Тыва“, 11 класс

Регистрационный номер

Ш М 2047

Вариант задания

30

Дата проведения

“ 11 ” марта 20 17 г.

Подпись участника

Козы-ал



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Sigma$
8	8	8	8	8	8	10	10	3	6	74

Шифр 111510

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

Вариант № 30

### Задача 1.

Дано:  
 $t = 30 \text{ c}$ ;  
 $s = 30 \text{ м}$ ;  
 $n = 7$   
 $a = ?$

Решение:

Запишем кинематические уравнения:

$$v_n = v + at, \Rightarrow at \quad v(n-1) = at \Rightarrow v = \frac{at}{n-1} \Rightarrow$$

$$s = vt + \frac{1}{2}at^2$$

$$\Rightarrow s = t \cdot \frac{at}{n-1} + \frac{1}{2}at^2 \quad (n=7) = \frac{at^2}{6} + \frac{1}{2}at^2 = \frac{4at^2}{6} = \frac{2at^2}{3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{3s}{2t^2} = a = \frac{3 \cdot 30}{2 \cdot 30^2} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ м/с}^2$$

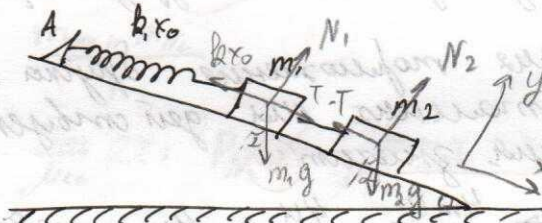
Ответ:  $a = 0,5 \text{ м/с}^2$

### Задача 2.

Дано:  
 $m_1, m_2, \alpha$   
 $T = ?$   
 $a = ?$

Решение:

Система в покое.



Бруски 1 и 2 покоятся, значит сумма сил равна нулю:

$$\vec{kx_0} + \vec{N_1} + m_1 \vec{g} + \vec{T} = 0 \quad (\text{II закон Ньютона})$$

$$-\vec{T} + \vec{N_2} + m_2 \vec{g} = 0 \quad (\text{II закон Ньютона})$$

Запишем уравнения II закона Ньютона в проекциях:

$$-kx_0 + T + m_1 g \sin \alpha = 0 \quad (1)$$

$$N_1 = m_1 g \cos \alpha$$

$$-T + m_2 g \sin \alpha = 0 \quad (2) \Rightarrow T = m_2 g \sin \alpha$$

$$N_2 = m_2 g \cos \alpha$$

(1) + (2):

$$-kx_0 + T + m_1 g \sin \alpha - T + m_2 g \sin \alpha = 0$$

$$kx_0 = (m_1 + m_2) g \sin \alpha$$

После переименования и II закон Ньютона для бруска 1 примет вид:

$$m_1 a = kx_0 - m_1 g \sin \alpha, \quad \vec{a} \text{ направлен против оси } x \text{ (см. рисунок)}$$

$$a = \frac{1}{m_1} ((m_1 + m_2) g \sin \alpha - m_1 g \sin \alpha) = \frac{1}{m_1} (m_2 g \sin \alpha) = \frac{m_2}{m_1} g \sin \alpha$$

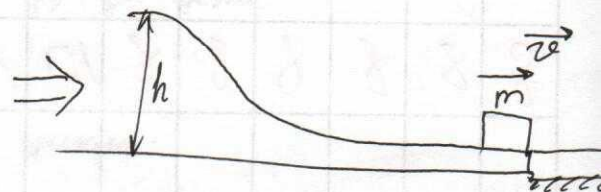
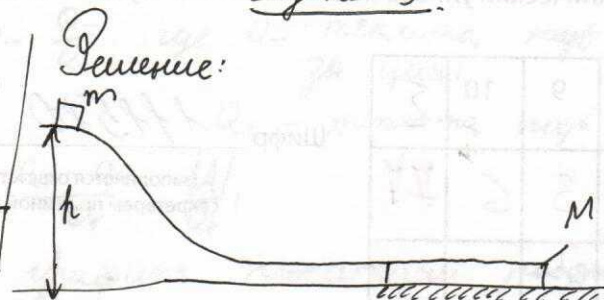


Ответ:  $T = m_2 g \sin \alpha$ ;  $a = \frac{m_2}{m_1} g \sin \alpha$ ,  $\vec{a}$  направлен против оси X (см. рисунок 3).

Задача 3.

Дано:  
 $m, h = 5 \text{ м};$   
 $M = 4 \text{ м};$   
 $\mu = 0,4$   
 $\tau = ?$

Решение:



Брусок на верш имеет потенциальную энергию  $E_{\text{пот}} = mgh$ , которая полностью перейдет в кинетическую по закону сохранения энергии:

$$E_{\text{пот}} = E_{\text{кин}} \Rightarrow mgh = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v = \sqrt{2gh}.$$

Далее брусок тратит свою кинетическую энергию на то, чтобы совершить работу против сил трения и на то, чтобы сообщить кинетическую энергию доске:

$$\frac{1}{2} m v^2 = A_{\text{тр}} + \frac{1}{2} M u^2 \quad (*)$$

Брусок останавливается, поскольку его тормозит сила трения, а доска уже не увеличивает свою скорость за счет трения. Сила трения постоянна и равна  $F_{\text{тр}} = \mu mg$ .

Затем из закон Ньютона для доски в другой форме

$$\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \vec{F} \Rightarrow \Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t. \quad \text{За всё время торможения бруска на доску горизонтальная сила действует только сила трения, значит}$$

$$M \Delta v = F_{\text{тр}} \cdot \tau \Rightarrow \tau = \frac{Mu}{F_{\text{тр}}} = \frac{Mu}{\mu mg} \Rightarrow \frac{4mu}{\mu mg} = \frac{4u}{\mu g} \Rightarrow 4u = \mu g \tau \Rightarrow u = \frac{\mu g \tau}{4}$$

Необходимо найти  $A_{\text{тр}}$ .

$$A_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \cdot S = \mu mg S;$$

$$S = v\tau - \frac{1}{2} a_{\text{отн}} \tau^2;$$

$$0 = v - a_{\text{отн}} \tau \Rightarrow v = a_{\text{отн}} \tau \Rightarrow S = a_{\text{отн}} \tau^2 - \frac{1}{2} a_{\text{отн}} \tau^2 = \frac{1}{2} a_{\text{отн}} \tau^2.$$

$a_{\text{отн}}$  - ускорение бруска в системе отсчета доски.

$$a_{\text{отн}} = a_{\text{бр}} - a_{\text{дос}},$$

$a_{\text{бр}}$  - ускорение бруска от-но земли,  
 $a_{\text{дос}}$  - ускорение доски от-но земли

$$\left. \begin{array}{l} m a_{\text{бр}} = \mu mg, \\ M a_{\text{дос}} = \mu mg; \end{array} \right\} a_{\text{бр}} - a_{\text{дос}} = \mu g - \frac{\mu mg}{M} = \mu g - \frac{\mu mg}{4m} = \frac{3}{4} \mu g.$$

Здесь не учтено, что доска тоже движется.  
 Пусть  $a_{\text{бр}} = a_{\text{дос}} + a_{\text{отн}}$   
 Тогда для бруска  
 Тогда для доски



$$A_p = \mu mg S = \mu mg \cdot \frac{1}{2} \tau^2 = \frac{3}{4} \mu g = \frac{3}{8} \mu^2 mg \tau^2$$

(\*):

$$\frac{1}{2} m v^2 = \frac{3}{8} \mu^2 mg \tau^2 + \frac{1}{2} \cdot 4m \cdot \frac{1}{16} \mu^2 g^2 \tau^2 \quad | : m$$

$$\frac{1}{2} \cdot 2gh = \frac{3}{8} \mu^2 g \tau^2 + 2m \cdot \frac{1}{16} \mu^2 g^2 \tau^2$$

$$gh (\mu g \tau)^2 \left( \frac{3}{8} + \frac{1}{8} \right) = (\mu g \tau)^2 \frac{1}{2}$$

$$h = \mu^2 g \tau^2 \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{2h}{\mu^2 g} = \tau^2 \Rightarrow \tau = \sqrt{\frac{2h}{g \mu^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5}{10 \cdot 0,4^2}} = \frac{1}{0,4} = \frac{10}{4} = 2,25$$

Омбери:  $\tau = \sqrt{\frac{2h}{g \mu^2}} = 2,25 \text{ секунды}$

Задача 11.

Дано:

$$P_{He} = 0,6 \text{ атм}$$

$n_{He} = ?$

Решение:

Из уравнения Менделеева-Клапейрона:

$$P = \frac{P \mu}{RT} \Rightarrow P_{He} = \frac{P_{He} \mu_{He}}{RT}$$

$$\Rightarrow P_{He} = \frac{P_{He} \mu_{He}}{RT}; \quad P_{N_2} = \frac{P_{N_2} \mu_{N_2}}{RT}$$

$$\mu_{N_2} \neq T = P_{N_2}$$

$$P_{He+N_2} = \frac{m_{He} + m_{N_2}}{V}$$

$$P_{He} V = \frac{m_{He}}{\mu_{He}} RT$$

$$P_{N_2} V = \frac{m_{N_2}}{\mu_{N_2}} RT \Rightarrow$$

$$m_{He} = \frac{P_{He} V \mu_{He}}{RT}$$

$$m_{N_2} = \frac{P_{N_2} V \mu_{N_2}}{RT}$$

$$\Rightarrow P_{He+N_2} = \frac{P_{He} V \mu_{He} + P_{N_2} V \mu_{N_2}}{V RT} = \frac{P_{He} \mu_{He} + P_{N_2} \mu_{N_2}}{RT}$$



### Задача 5.

Решение:

$\eta = 1 - \frac{Q_-}{Q_+}$ , где  $Q_-$  — теплота, отданная холодильнику за цикл,  
 $Q_+$  — теплота, переданная газу за цикл.

$$\eta = \frac{Q_+ - Q_-}{Q_+} = \frac{|A|}{Q_+}$$

Из графика посчитаем работу цикла:

$$A = \frac{1}{2} 2V_0 \cdot p_0 = p_0 V_0$$

Теплоте подводит 6 порций  $\frac{1}{2}$  1-2.

$$Q_{12} = Q_+ = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{1}{2} \cdot (p_0 + 2p_0) \cdot 2V_0 = \frac{3}{2} (2p_0 \cdot 3V_0 - p_0 V_0) + 3p_0 V_0 = \frac{3}{2} \cdot 5p_0 V_0 + 3p_0 V_0 = \frac{9}{2} p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{2p_0 V_0}{9p_0 V_0} = \frac{2}{9} \approx 22\%$$

Ответ:  $\eta \approx 22\%$

### Задача 6.

Решение:

$$\varphi = k \frac{Q}{R} \Rightarrow Q = \frac{\varphi R}{k}$$

$$\sigma = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{4\pi r^2}$$

$$\varphi = k \frac{Q}{R} \Rightarrow Q = \frac{\varphi R}{k} \Rightarrow \sigma = \frac{Q}{4\pi r^2} = \frac{\varphi R}{k \cdot 4\pi r^2} = \frac{\varepsilon_0 \varphi}{R}$$

$$= \frac{\varphi}{4\pi k R} = \frac{10}{4 \cdot 3.14 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 10 \cdot 10^{-2}} = \frac{100}{36.3 \cdot 10^9} \approx$$

$$\approx 0,5 \text{ мкВ/м}^2$$

Ответ:  $\sigma \approx 0,5 \text{ мкВ/м}^2$

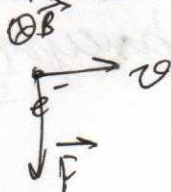
$$3,55 \cdot 10^{-10} \frac{\text{В} \cdot \text{м}}{\text{м}^2}$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр 111510  
(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 30

Дано:



Задача 7.

II закон Ньютона:

$$m_e a = F_{\text{Лоренца}}$$

$$m_e a = q v B$$

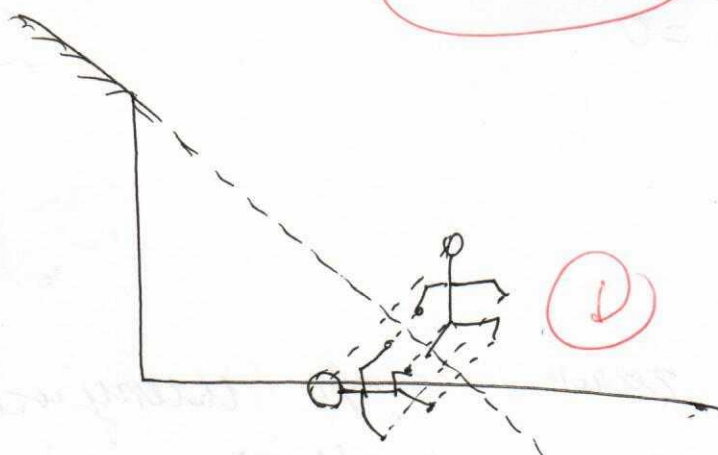
$$m_e a : q v B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \frac{q v B}{m_e} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 4 \cdot 10^7 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-31}} =$$

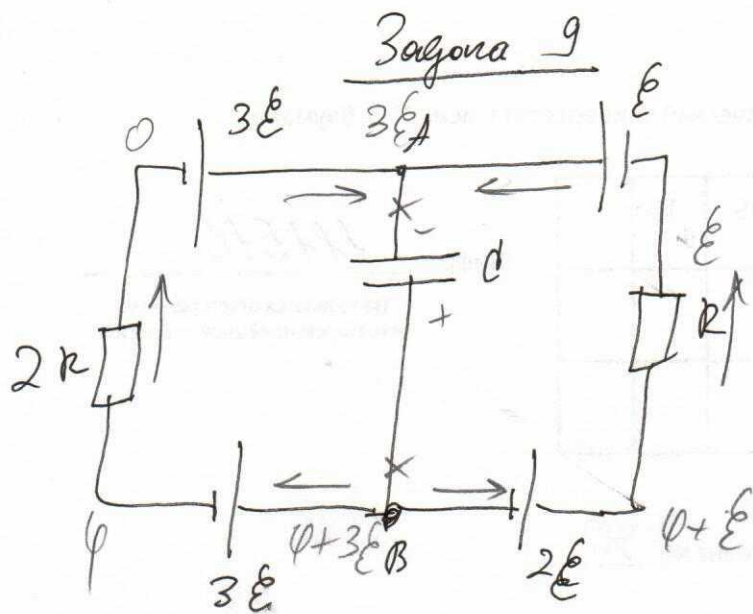
$$= 0,8 \cdot 10^{16} = 8 \cdot 10^{15} \text{ м/с}^2.$$

Ответ:  $a = 8 \cdot 10^{15} \text{ м/с}^2$ .

Задача 8







Выберем направления токов так, как на рисунке;

$$\frac{\varphi}{2R} + \frac{\varphi}{R} = 0$$

По II правилу Кирхгофа:

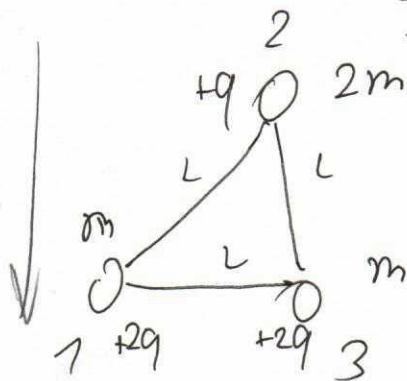
$$\frac{\varphi - 0}{2R} + \frac{\varphi + \varepsilon - \varepsilon}{R} = 0$$

$$\frac{\varphi}{2R} + \frac{\varphi}{R} = 0 \Rightarrow \varphi = 0$$

$$U_C = 3\varepsilon + \varphi - 3\varepsilon = \varphi = 0 \Rightarrow E_C = 0.$$

Ответ:  $E_C = 0$ ?

Задача 10



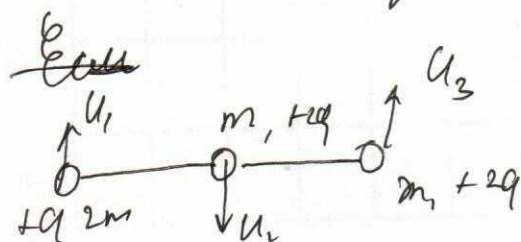
Запишем закон сохранения энергии

$$0 = m u_1 + 2m u_2 + m u_3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow u_1 + 2u_2 + u_3 = 0.$$

Максимальная скорость второго шарика в этот момент.

когда шарики на одной прямой. Тогда  
этого момента также  $m$  : установив-  
шееся равновесие:



(0,5)

ЗЗЗ+ Закон сохр. энергии:

$$\frac{k \cdot 2q^2}{L} + k \cdot \frac{2q^2}{L} + \frac{4q^2}{L} = \frac{k \cdot 2q^2}{L} + k \cdot \frac{4q^2}{L} + \frac{k \cdot 2q^2}{2L}$$

$$+ \frac{1}{2} m u_2^2 + \frac{1}{2} \cdot 2m u_1^2 + \frac{1}{2} m u_3^2.$$

$u_2 = ?$