0 780689 250001

78-06-89-25
(134.2)

1755

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант Билет №06 (7-9 классы)

Место проведения Санкт-Петербург
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Покори Воробьёвы горы!
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Леонтьева Василия Алексевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«1» апреля 2023 года

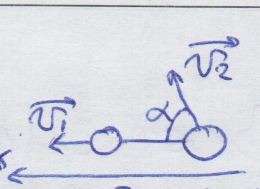
Подпись участника

Леонтьев

78-06-89-25 (134.2)

спр. 1

1. Вопрос:



$v_1 = 1{,}2\ \frac{м}{с}$

$\alpha = 60^\circ$

$v_2 = ?$

Т.к. стержень жёсткий, расстояние между шайбами постоянно

⇓

Проекции скоростей на ось x направленную вдоль стержня, равны (Это называется кинематической связью):

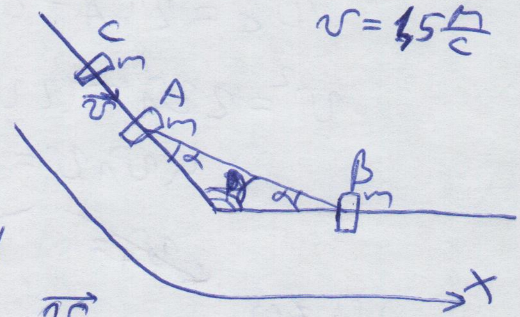
$v_{1x} = v_{2x}$

$v_1 = v_2 \cdot \cos\alpha$

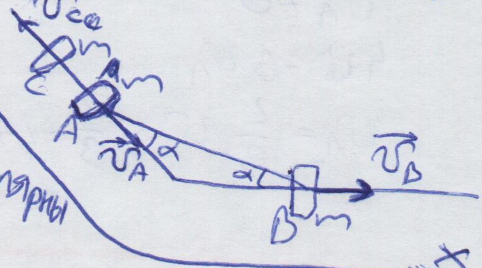
$v_2 = \frac{v_1}{\cos\alpha} \approx \frac{1{,}2}{0{,}5} \approx \boxed{2{,}4\ \frac{м}{с}}$ +

Задача:

На систему из 3 муфт и стержня силы действуют только со стороны направляющих и перпендикулярно им.



Все силы, действующие на ~~систему~~ муфты перпендикулярны их перемещениям



⇓

Их работа равна нулю

Также на систему не действуют диссипативные силы

⇓

Можно записать ЗСМЭ:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_A^2}{2} + \frac{mv_B^2}{2} + \frac{mv_C^2}{2}$$

Т.к. стержень жёсткий:

$v_A \cdot \cos\alpha = v_B \cdot \cos\alpha$

	1	2	3	4	5	Σ
Б	5	5	1	4	15	62
З	20	20	0	6	46	

стр. 2

Все силы действуют на систему перпендикулярно оси ox

⇓

Импульс вдоль оси ox сохраняется

$m v = m v_A + m v_B - m v_C$

$$\begin{cases} v^2 = v_A^2 + v_B^2 + v_C^2 \\ v = v_A + v_B - v_C \\ v_A = v_B \end{cases}$$

$$\begin{cases} v^2 = 2 v_A^2 + v_C^2 \\ v = 2 v_A - v_C \end{cases}$$

$v_C = 2 v_A - v$

$v^2 = 2 v_A^2 + (2 v_A - v)^2 = 2 v_A^2 + 4 v_A^2 - 4 v_A v + v^2$

$4 v_A v = 6 v_A^2$

$\cancel{v_A^2}$

$v_A \neq 0$

$4v = 6 v_A$

$v_A = \frac{2}{3} v \approx \frac{2}{3} \cdot 1{,}5 \approx \boxed{1 \frac{м}{с}}$

$v_A = 0$

Невозможно

+

стр. 3

2. Вопрос:

За $0°C$ берётся температура замерзания воды, за $100°C$ – ~~тем~~ – температура кипения воды. Остальная шкала ~~равномерно делится~~ делится равномерно.

Задача:

$m = 0{,}1$ кг

$t_1 = 8°C$

$t_2 = 31°C$

$t_5 = 0°C$

$t_3 = ?$

$t_4 = ?$

$M_{max} = ?$

Лёд и вода могут находиться в равновесии только при $0°C$

⇓

Начальная температура содержимого термосов $t_0 = 0°C$

Температура кипятка $t_к = 100°C$

УТБ:

Для I термоса:

$$\cancel{cm(t_1 - t_к) + cm_в(t_1 - t_0) +}$$

$$cm(t_1 - t_к) + c(m_в + m_л)(t_1 - t_0) + \lambda m_л = 0 \quad (1)$$

где $m_в$, $m_л$ – массы воды и льда в термосе в начале, c – уд. теплоёмкость воды, λ – уд. теплота плавления льда.

Для II термоса:

$$c\cdot 2m(t_2 - t_к) + c(m_в + m_л)(t_2 - t_0) + \lambda m_л = 0 \quad (2)$$

Приравняв (1) и (2) получаем:

$$m(t_1 - t_к) + (m_в + m_л)(t_1 - t_0) = 2m(t_2 - t_к) + (m_в + m_л)(t_2 - t_0)$$

$$\Rightarrow \quad m_в + m_л = m\cdot\frac{2t_2 - t_1 - t_к}{t_1 - t_2}$$

стр-4

УТБ для III термоса:

$$c\cdot 3m(t_3-t_k)+c(m_л+m_б)(t_3-t_0)+\lambda m_л=0 \quad (3)$$

для IV термоса:

$$c\cdot 4m(t_4-t_k)+c(m_л+m_б)(t_4-t_0)+\lambda m_л=0 \quad (4)$$

~~(3)=(1)~~ Приравняв (1) и (3):

$$3m(t_3-t_k)+(m_л+m_б)(t_3-t_0)=$$
$$=m(t_1-t_k)+(m_л+m_б)(t_1-t_0)$$

$$3\cancel{m}t_3-\cancel{3}^{2}\cancel{m}t_k+\cancel{m}\cdot\frac{2t_2-t_1-t_k}{t_1-t_2}t_3=$$
$$=\cancel{m}t_1-\cancel{mt_k}+\cancel{m}\cdot\frac{2t_2-t_1-t_k}{t_1-t_2}t_1$$

$$t_3=\frac{t_1+\frac{2t_2-t_1-t_k}{t_1-t_2}t_1+2t_k}{3+\frac{2t_2-t_1-t_k}{t_1-t_2}}\approx\boxed{44{,}8^\circ C}$$

Приравняв (1) и (4):

$$4m(t_4-t_k)+(m_л+m_б)(t_4-t_0)=$$
$$=m(t_1-t_k)+(m_л+m_б)(t_1-t_0)$$

$$4t_4-\cancel{4}^{3}t_k+\frac{2t_2-t_1-t_k}{t_1-t_2}t_4=$$
$$=t_1-\cancel{t_k}+\frac{2t_2-t_1-t_k}{t_1-t_2}t_1$$

$$t_4=\frac{t_1+\frac{2t_2-t_1-t_k}{t_1-t_2}t_1+3t_k}{4+\frac{2t_2-t_1-t_k}{t_1-t_2}}\approx\boxed{54^\circ C}$$

78-06-89-25
(134.2)

стр. 5

При максимально возможной массе кипятка в V термосе лёд растает, но вода не нагреется.

УТБ:

$$c M_{max}(t_5 - t_k) + \lambda m_1 = 0 \quad (5)$$

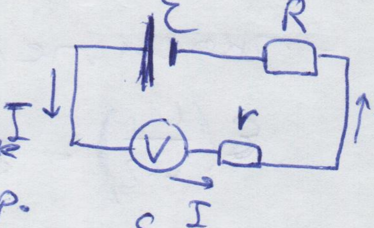
Приравняв с (4):

$$M_{max}(t_5 - t_k) = m(t_1 - t_k) + m \cdot \frac{2t_2 - t_1 - t_k}{t_1 - t_2}(t_1 - t_0)$$

$$M_{max} = m \cdot \frac{t_1 - t_k + \frac{2t_2 - t_1 - t_k}{t_1 - t_2}(t_1 - t_0)}{t_5 - t_k} \approx \boxed{76\ г}$$

4. Вопрос:

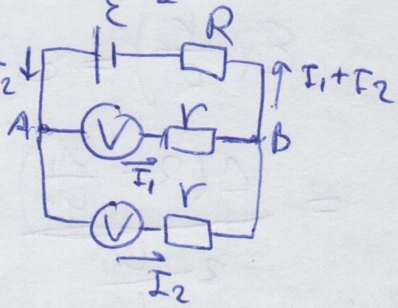
~~$\mathcal{E} = I(r$~~



I R - внут. сопротивление источника, r - внут. сопр. вольтметра.

Закон Ома для I случая:

$$\mathcal{E} = I(R + r) \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$



Показания в I случае:

$$U_1 = Ir = \frac{r}{R + r}\mathcal{E}$$

~~Закон Ома для II случая~~

$$I_1 r = U_{AB} = I_2 r \Rightarrow I_1 = I_2$$

Общее сопротивление ~~схемы~~ цепи во II случае:

$$R_0 = R + \frac{rr}{r + r} = R + \frac{r}{2}$$

Закон Ома для II случая:

$$\mathcal{E} = 2I_1\left(R + \frac{r}{2}\right) \Rightarrow I_1 = \frac{\mathcal{E}}{2R + r}$$

стр. 6

Показания во II случае:

$$U_2 = I_1 r = \frac{r}{2R+r}\mathcal{E}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\frac{r}{R+r}}{\frac{r}{2R+r}} = \frac{2R+r}{R+r} = \frac{2+\frac{r}{R}}{1+\frac{r}{R}}$$

$$2+\frac{r}{R} = \frac{U_1}{U_2} + \frac{U_1}{U_2}\cdot\frac{r}{R}$$

$$2-\frac{U_1}{U_2} = \left(\frac{U_1}{U_2}-1\right)\frac{r}{R}$$

$$\frac{r}{R} = \frac{2-\frac{U_1}{U_2}}{\frac{U_1}{U_2}-1} \approx \boxed{50}$$

Относительная погрешность – ε.

$$\varepsilon\left(\frac{U_1}{U_2}\right) = \varepsilon(U_1)+\varepsilon(U_2) = \frac{\Delta U_1}{U_1}+\frac{\Delta U_2}{U_2}$$

$$\varepsilon\left(\frac{r}{R}\right) = \varepsilon\left(2-\frac{U_1}{U_2}\right)+\varepsilon\left(\frac{U_1}{U_2}-1\right) =$$

$$= \frac{\Delta\left(2-\frac{U_1}{U_2}\right)}{2-\frac{U_1}{U_2}} + \frac{\Delta\left(\frac{U_1}{U_2}-1\right)}{\frac{U_1}{U_2}-1} = \frac{\Delta\left(\frac{U_1}{U_2}\right)}{2-\frac{U_1}{U_2}} + \frac{\Delta\left(\frac{U_1}{U_2}\right)}{\frac{U_1}{U_2}-1} =$$

$$= \frac{\varepsilon\left(\frac{U_1}{U_2}\right)\cdot\frac{U_1}{U_2}}{2-\frac{U_1}{U_2}} + \frac{\varepsilon\left(\frac{U_1}{U_2}\right)\cdot\frac{U_1}{U_2}}{\frac{U_1}{U_2}-1} = \frac{\left(\frac{\Delta U_1}{U_1}+\frac{\Delta U_2}{U_2}\right)\frac{U_1}{U_2}}{2-\frac{U_1}{U_2}} +$$

$$+ \frac{\left(\frac{\Delta U_1}{U_1}+\frac{\Delta U_2}{U_2}\right)\cdot\frac{U_1}{U_2}}{\frac{U_1}{U_2}-1} \approx \quad (\Delta U_1 = \Delta U_2 = 0{,}002\,В)$$

стр. 7

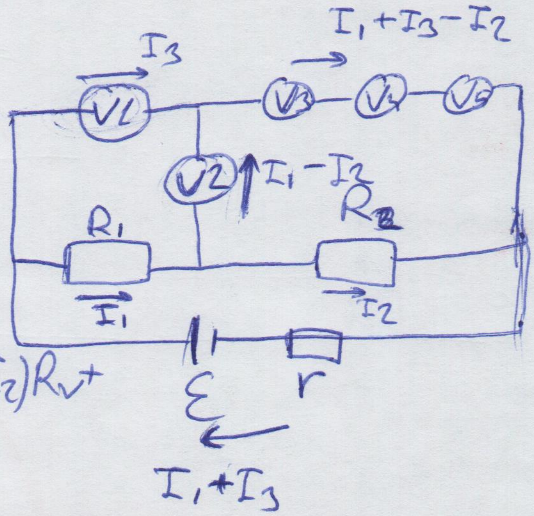
$\approx 0{,}173$

$\Delta\left(\frac{r}{R}\right) = \varepsilon\left(\frac{r}{R}\right)\cdot\frac{r}{R} \approx 0{,}173\cdot 50{,}20 \approx 8$

$\boxed{\frac{r}{R} \approx 50 \pm 8}$

Задача:

$\varepsilon = I_1 R_1 + I_2 R_2 +$
$+ (I_1 + I_3) r$



$\varepsilon = I_3 R_V + 3(I_1 + I_3 - I_2) R_V +$
$+ (I_1 + I_3) r$

$\varepsilon = I_3 R_V - (I_1 - I_2) R_V +$
$+ I_2 R_2 + (I_1 + I_3) r$

R_V – сопротивление вольтметра

$$\begin{cases} \varepsilon = I_1(R_1 + r) + I_2 R_2 + I_3 r & (1) \\ \varepsilon = I_1(3R_V + r) - I_2\cdot 3R_V + I_3(4R_V + r) & (2) \\ \varepsilon = I_1(-R_V + r) + I_2(R_V + R_2) + I_3(R_V + r) & (3) \end{cases}$$

(1) $\Rightarrow$

$I_3 = \frac{\varepsilon}{r} - \frac{R_1 + r}{r} I_1 - \frac{R_2}{r} I_2$

$\varepsilon = I_1(3R_V + r) - I_2\cdot 3R_V + \left(\frac{\varepsilon}{r} - \frac{R_1 + r}{r} I_1 - \frac{R_2}{r} I_2\right)\cdot(4R_V + r) =$

$= 3I_1 R_V + I_1 r - 3I_2 R_V + \frac{4R_V}{r}\varepsilon + \varepsilon - \frac{4R_V(R_1 + r)}{r} I_1 -$
$- I_1 R_1 - I_1 r -$

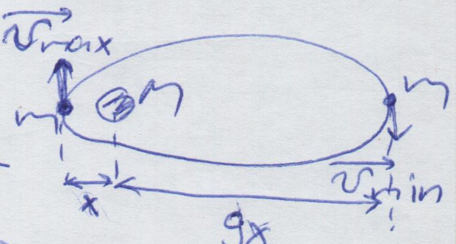
?

стр. 8

3. Вопрос:

Т. к. на комету не действуют диссипативные силы, её мех. энергия сохраняется.

У неё максимальная скорость при максимальной кин. энергии, т. е. при мин. потенциальной энергии вз.-действия с Солнцем, т. е. при мин. расстоянии до Солнца. И наоборот – ~~на~~ мин. скорость при макс. удалении от Солнца.



$\cancel{\Delta W_k = A_{гр}}$

$\cancel{\frac{m}{2}(v_{max}^2 - v_{min}^2) = \frac{GmM}{}}$

$\cancel{= \frac{GmM}{x} - \frac{GmM}{9x} = \frac{8}{9}\frac{GmM}{x}}$

~~Можно приближённо считать, что $W_п = mgr$, где m – мас~~

$$\Delta W_k = A_{гр}$$

$$\frac{m}{2}(v_{max}^2 - v_{min}^2) = \frac{GmM}{x} - \frac{GmM}{9x} =$$

$$= \frac{8}{9}\frac{GmM}{x}$$

$\boxed{v_{max} \text{ зависит от } x.}$

$\mp$

Черновик

$\frac{0,002}{11,538} \cdot 2,0196$

$\frac{20196}{11538} \cdot 0,002 \approx$

$\approx 1,75 \cdot 0,002 \approx$

$\approx 0,0035$

$\varepsilon(\frac{r}{R})$:

$\frac{0,0035}{0,0196} + \frac{0,0035}{0,9804}$

$\frac{35}{196} + \frac{35}{9804}$

$0,170 + 0,00035 =$

$= 0,173$

$173 \times 502 = 346 + 865 = 86846$

$20196 : 11538 = 1,75$; $20196 - 11538 = 86580$; $86580 - 80766 = 58140$

$1158 \times 7 = 80766$

$55000 + 2500 = 57500$

$1,75 \cdot 2 = 3,5$

$196 \times 9 = 1764$

$196 \times 8 = 1568$

$35 : 196 = 0,170$; $350 - 196 = 1540$; $1540 - 1372 = 1680$

$196 \times 7 = 1372$

$9804 \times 3 = 29412$

$35000 : 9804 = 3,5$; $35000 - 29412 = 5588$

Черновик

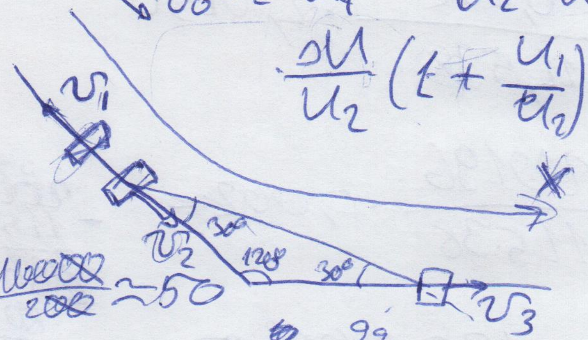
$\frac{\alpha_1}{u_2} \cdot \frac{\Delta U}{\alpha_1} + \frac{\Delta U}{u_2} \cdot \frac{u_1}{u_2^2}$

$\frac{\Delta U}{U_2}\left(1 + \frac{U_1}{U_2}\right)$

$t_1 - t_к + 2(t_1 - t_0)$

$\frac{3t_1 - t_к}{-t_к} = \frac{t_к - 3t_1}{t_к} =$

$= \frac{100-24}{100} = 0{,}76$



$\frac{10000}{200} \approx 50$

$-\frac{99}{23}$ 76

$\frac{\cancel{m} v_0^2}{\cancel{2}} = \frac{\cancel{m} v_1^2}{\cancel{2}} + \frac{\cancel{m} v_2^2}{\cancel{2}} + \frac{\cancel{m} v_3^2}{\cancel{2}}$

$v_2 \cdot \cancel{\cos\alpha} = v_3 \cdot \cancel{\cos\alpha}$

$\frac{11{,}765}{11{,}538}$

$11765 - 11538 = 227$

$227 \,|\, 11538$, $0{,}0$

-22700, 11538

$9804 \,|\, 196$

-980 → $50{,}20$

0400

-392

80

$m(t_1 - t_к) + x(t_1 - t_0) = 2m(t_2 - t_к) +$

$(1000-4)\cdot 5 = 1000 - 20 = 986$

$+ x(t_2 - t_0)$

$x(t_1 - \cancel{t_0} - \cancel{(t_2 - t_0)}) = \cancel{2m(t_2 - t_к)} -$

$-t_2 + t_0$

$\frac{0{,}9804}{0{,}0196}$ $\frac{9804}{196}$

$108 - 62 = 46$

$m(2t_2 - 2t_к - t_1 + t_к)$

$62 - 8 - 100$

$= -46$

8 31 100

$\frac{\Delta U_1}{U_2}$

$3t_1 = 24$

$\frac{46}{31-8}$ $\frac{46}{23} = 2$ $31 - 8 = 29 - 6 = 23$

$\frac{t_1 + 2t_1 + 2t_к}{3+2}$

$\frac{24+2000}{5}$

$\frac{224}{5} = \frac{220}{5} +$

$+ 0{,}8 = 44{,}8$

$1{,}0000 - 0{,}0196 = 0{,}9804$

$\frac{3t_1}{}$

$8 \cdot 4$ $\frac{t_1 + 2t_1 + 3t_к}{4+2}$

$22 - 2 - 5$

$= 44{,}8 \times 11538$

103842

$\frac{24 + 3000}{6} = 4 + 50$

$22700 \,|\, 11538$

-11538 → 196

-111620

-103842

77780

$\frac{U_1}{U_2} \approx 1{,}0196$