



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

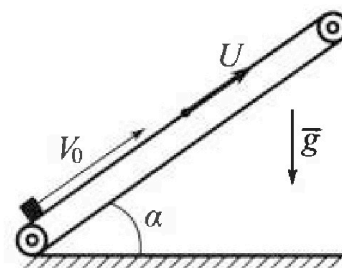
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



- ✓1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за  $T = 2$  с.
- ✓1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.
  - ✓2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью  $V_0$  под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии  $S = 20$  м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?
- Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

- ✓2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  такой, что  $\sin \alpha = 0,8$  (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость  $V_0 = 4$  м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте  $\mu = \frac{1}{3}$ . Движение коробки прямолинейное.



- ✓1) За какое время  $T$  после старта коробка пройдет в первом опыте путь  $S = 1$  м?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 2$  м/с, и сообщают коробке скорость  $V_0 = 4$  м/с.

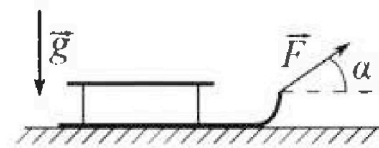
- ✓2) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2$  м/с?

- ✓3) На какой высоте  $H$ , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

- ✓3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости  $V_0$  за одинаковое время.

В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости  $V_0$  действие внешней силы прекращается.



- ✓1) Найдите коэффициент  $\mu$  трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.
- ✓2) Через какое время  $T$  после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения  $g$ .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

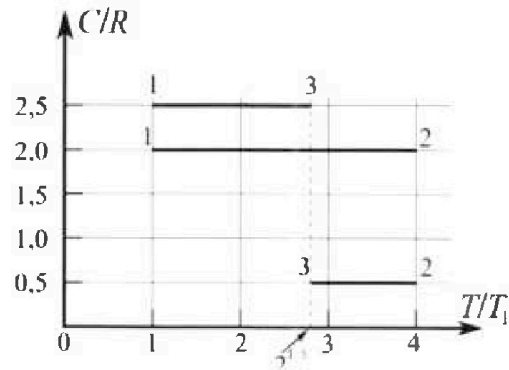
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



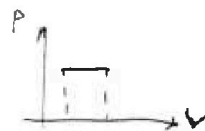
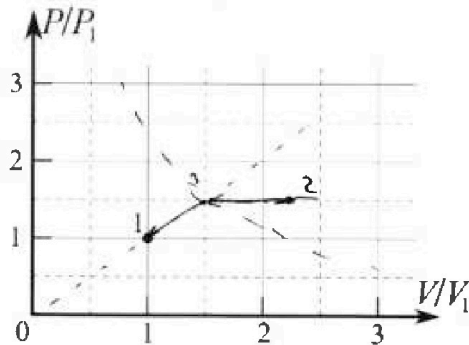
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1  $T_1 = 400$  К, универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).



✓1) Найдите работу  $A_{12}$  газа в процессе 1-2.

✓2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.

✓3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



$$p \Delta V = pV_2 - pV_1 = \\ = \nu RT_2 - \nu RT_1 = \nu R \Delta T$$

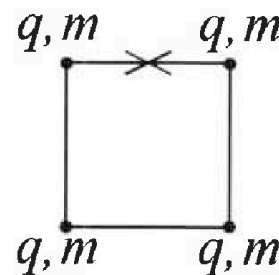
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

✓1) Найдите силу  $T$  натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

✓2) Найдите скорость  $V$  любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

✓3) На каком расстоянии  $d$  от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)?



Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МОТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Дано:

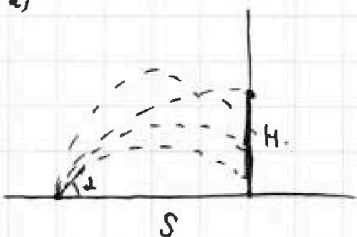
$$\begin{aligned} T &= 2 \text{ c}; \\ g &= 10 \text{ м/с}^2; \\ S &= 20 \text{ м}; \\ V_0 &=? \\ H_{\text{max}} &=? \end{aligned}$$

Решение:

1) Очевидно, что на макс. высоте мячик будет обладать нулевой скоростью  $\Rightarrow V_0 = T \cdot g \Rightarrow$

$$V_0 = 2 \cdot 10 \text{ м/с} = \underline{20 \text{ м/с}}$$

2)



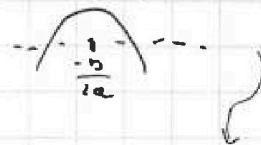
Пускай мы отправим шарик под углом  $\alpha$  к горизонту.

$$\text{Время полета } \tau = \frac{S}{V_0 \cdot \cos \alpha}$$

$$\text{Высота точки удара } H = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot \tau - \frac{g \tau^2}{2}$$

$$H = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot \tau - \frac{g \tau^2}{2}$$

Вершина параболы при  $\tau = \frac{V_0 \cdot \sin \alpha}{g}$



$$H = S \cdot \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}$$

$$H = S \cdot 1 - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cdot 1} =$$

$$= 20 \text{ м} - \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 400 \text{ м}^2}{400 \text{ м}^2/\text{с}^2} = \underline{10 \text{ м}}$$

Ответ: 1)  $V_0 = 20 \text{ м/с}$   
2)  $H_{\text{max}} = 10 \text{ м}$

$$\frac{S}{V_0 \cdot \cos \alpha} = \frac{V_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

$$\frac{S g}{V_0^2} = \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$\frac{2 S g}{V_0^2} = \sin 2 \alpha$$

$$\alpha = \frac{\arcsin\left(\frac{2 S g}{V_0^2}\right)}{2}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

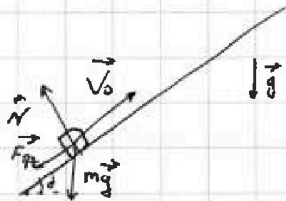
1  2  3  4  5  6  7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Дано:  
 $\sin \alpha = 0,8$   
 $V_0 = 4 \text{ м/с}$   
 $\mu = \frac{1}{3}$   
 $T = ?$   
 $S = 1 \text{ м}$   
 $U = 2 \text{ м/с}$   
 $V_0 = 4 \text{ м/с}$   
 $L = ?$   
 $H = ?$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

Решение:



1) Посчитаем ускорение коробки // ~~по II з. Ньютона~~   
 по II з. Ньютона:

$$m'a = m'g \cdot \cos \alpha \cdot \mu + m'g \cdot \sin \alpha,$$

где  $m$  - масса коробки  
 $a$  - её ускорение.

$$a = g \cdot \cos \alpha \cdot \mu + g \cdot \sin \alpha; \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,6,$$

$$S = V_0 \cdot T - \frac{aT^2}{2}, \quad \text{т.к. } d = 0 \text{ м.}$$

$$\frac{aT^2}{2} - V_0 T + S = 0$$

Т.к.

т.к. + - пролетел вверх и вернулся ( $\mu > \sin \alpha$ )

$$T = \frac{V_0 \pm \sqrt{V_0^2 - 2aS}}{a} = \frac{V_0 - \sqrt{V_0^2 - 2aS}}{a}$$

$$= \frac{V_0 - \sqrt{V_0^2 - 2S \cdot (g \cdot \cos \alpha \cdot \mu + g \cdot \sin \alpha)}}{a}$$

$$= \frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}} - \sqrt{16 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - 2 \cdot 1 \text{ м} \cdot (10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,6 \cdot \frac{1}{3} + 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,8)}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,6 \cdot \frac{1}{3} + 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,8}$$

$$= \frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}} - \sqrt{16 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - 20 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \Rightarrow \varnothing < 0$$

Коробка не доедет до 1 м.

$$V_0 = a \cdot \tau, \quad \text{где } \tau - \text{ время до остановки.}$$

$$\tau = \frac{V_0}{a}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$S_1 = v_0 \cdot \tau - \frac{a\tau^2}{2} = \frac{v_0^2}{a} - \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2a}, \text{ где } S_1 - \text{ тормозной путь.}$$

$$S_2 + S_1 = S, \text{ где } S_2 - \text{ путь после остановки.}$$

$$S_2 = S - S_1$$

$$S_2 = \frac{a't^2}{2}, \text{ где } t - \text{ время движения после остановки}$$

$$m a' = m g \cdot \sin \alpha - m g \cdot \cos \alpha \cdot \mu$$

$$a' = g \cdot \sin \alpha - g \cdot \cos \alpha \cdot \mu$$

$$S - \frac{v_0^2}{2a} = \frac{a't^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2S - \frac{v_0^2}{a}}{a'}} = \sqrt{\frac{2m - \frac{18 \text{ м}^2/\text{с}^2}{10 \text{ м}/\text{с}^2}}{4.6 \text{ м}/\text{с}^2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{0.4 \text{ м}}{4.6 \text{ м}/\text{с}^2}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{4.6}} \text{ с} = \frac{\sqrt{60}}{30} \text{ с} = \frac{\sqrt{15}}{15} \text{ с}$$

$$T = \tau + t = \frac{v_0}{a} + \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{4.6}} = \frac{4}{10} + \frac{\sqrt{15}}{15} \text{ с} = \frac{12 + 2\sqrt{15}}{30} \text{ с}$$

$$= \frac{12 + 10\sqrt{15}}{30} \text{ с} = \frac{6 + 5\sqrt{15}}{15} \text{ с} = \frac{6 + \sqrt{15}}{3} \text{ с}$$

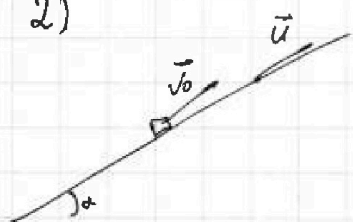
$$S = v_0 \cdot \tau - \frac{a\tau^2}{2}$$

$$\tau = \frac{v_0 - u}{a}$$

$$S = \frac{v_0^2 - v_0 u}{a} - \frac{v_0^2 - 2v_0 u + u^2}{2a}$$

$$S = \frac{v_0^2 - u^2}{2a}$$

2)



В  $\alpha$  время на коробку действует сила трения против напр. движения.

$$m a' = m g \cdot \cos \alpha \cdot \mu + m g \cdot \sin \alpha$$

По формуле тормозного пути:

$$L = \frac{v_0^2 - u^2}{2a} = \frac{16 \text{ м}^2/\text{с}^2 - 4 \text{ м}^2/\text{с}^2}{10 \text{ м}/\text{с}^2} = 9.6 \text{ м}$$

Но коробка может остановиться и снова разогнаться до  $u = 2 \text{ м}/\text{с}$ .

Из предыдущей задачи:  $L = S_1 + S_2$ , где  $S_2$  — путь разгона от  $u = 2 \text{ м}/\text{с}$ .

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Тогда  $L' = S_0 - S_{01}$ , где  $L'$  - другое  $L$

$S_0$  - тормозной путь на высоте.

$S_{01}$  - путь при разгоне обратно до  $u$ .

$$S_0 = L + S_2, \text{ где } S_2 \text{ - путь тормоза пути после } \text{возвращения } u?$$

По дороге вниз  $u$  ускорен увеличивается и становится равным  $a'$  (увеличит напр. сила трения).

$$S_2 = \frac{u^2}{2a'}$$

$$S_0 = L + \frac{u^2}{2a'}$$

$$S_{01} = \frac{u^2}{2a'}$$

$$L' = L$$

Другие пути со скоростью  $u$  не

будет, т.к. дальнее корабля только разгоне т.е. ( $\mu < \frac{g}{g_0} = \frac{1}{3}$ )

3)  $M u$  где  $u$  - скорость вим, где  $S_0 = L + \frac{u^2}{2a'}$

$$S_0 = \frac{H}{a}$$

$$H = \left( L + \frac{u^2}{2a'} \right) \cdot \sin \alpha = \left( 0,6 + \frac{4}{12} \right) \cdot 0,8 =$$

$$= \frac{1}{12} \cdot \frac{8}{10} = \frac{32}{75} \text{ м} \quad \text{или} \quad \frac{1}{15} \cdot \frac{1}{16} = \frac{32}{225} \text{ м}$$

Ответ: 1)  $T = \frac{6 + \sqrt{15}}{15} \text{ с}$

2)  $L = 0,6 \text{ м}$

3)  $H = \frac{32}{75} \text{ м}$

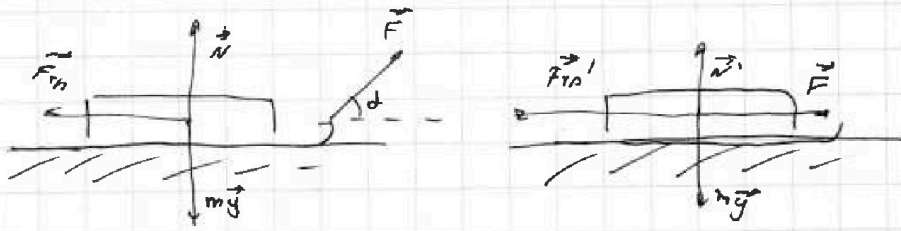
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



- 1) Если шарики разгоняют за одинаковое время, то и ускорение равное:  
Запишем II з. Ньютона:

$$ma = F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = F - F_{\text{тр}}, \text{ где } a - \text{ уск.} \quad F_{\text{тр}} = N \cdot \mu$$

$$F \cdot \cos \alpha - (\cancel{mg} - F \cdot \sin \alpha) \mu = F - \cancel{mg} \mu$$

$$F_{\text{тр}}' = N' \cdot \mu$$

$$N' = mg; \quad N = mg - F \cdot \sin \alpha$$

$$\cancel{F} - \cancel{F} \cdot \cos \alpha = \cancel{F} \cdot \sin \alpha \cdot \mu$$

$$\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = \mu$$

- 2) (куда не улетит шарики)  $\Rightarrow N'$  и  $F_{\text{тр}}'$   
и по II з. Ньютона  
 $ma = \cancel{mg} \mu$ .

$$T = \frac{V_0}{a} = \frac{V_0}{\mu g} = \frac{V_0}{\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot g}$$

Ответ: 1)  $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$

2)  $T = \frac{V_0}{\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot g}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Дано:

$V = 1 \text{ моль}$   
 $i = 3$   
 $T_1 = 400 \text{ К}$   
 $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$   
 $A_{1-2} = ?$   
 $\eta = ?$

Решение:

Запишем I начало термодинамика:

$$\Delta Q = \Delta U + A$$

$$\Delta Q = \frac{i}{2} \nu R \Delta T + A$$

$$C' = \frac{i}{2} \nu R + \frac{A}{\Delta T}$$

$$C = \frac{i}{2} R + \frac{A}{\nu \Delta T}$$

$$C = \frac{3}{2} R + \frac{A}{\nu \Delta T}$$

$$C_{1-2} = 2R$$

$$\frac{1}{2} R = \frac{A_{1-2}}{\nu \Delta T_{1-2}}$$

$$2,1^{\frac{1}{2}} = 2 \cdot \sqrt{2} \approx 2 \cdot 1,41 = 2,82$$

$\Delta Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + A$   
 $\nu \Delta T > 0, \text{ но } A > 0$

$$\Delta T_{1-2} = 1600 \text{ К} - 400 \text{ К} = 1200 \text{ К}$$

$$A_{1-2} = \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{1-2} = \frac{1}{2} 9972 \text{ Дж} = \underline{\underline{4986 \text{ Дж}}}$$

$$2) \quad \eta = \frac{A_{\Sigma}}{\Delta Q_{\Sigma}} = \frac{A_{1-2} + A_{2-3} + A_{3-1}}{\Delta Q_{1-2} + \Delta Q_{2-3} + \Delta Q_{3-1}}$$

Запишем I начало:

$$\Delta Q = \Delta U + A$$

$$A_x = (C_x - \frac{3}{2} R) \cdot \nu \cdot \Delta T_x$$

$$8,31 \cdot 400 = 831 \cdot 4 = 8320 + 1904 = 3324$$

$$\Delta Q_x = A_x + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_x$$

$$A_{1-2} = 4986 \text{ Дж}$$

$$A_{2-3} = +R \nu \cdot T_1 \cdot (4 - 2,82) = 3324 \text{ Дж} \cdot 1,18 = 3922,32 \text{ Дж}$$

$$A_{3-1} = -R \nu \cdot T_1 \cdot (2,82 - 1) = -3324 \cdot 1,82 = -6049,68 \text{ Дж}$$

$$\begin{array}{r} 9972 \overline{) 2} \\ \underline{19944} \\ 19986 \\ \underline{19986} \\ 0 \end{array}$$

$$831 \cdot 12 =$$

$$8310 + 1000 + 62 =$$

$$= 2 \cdot 1200 \cdot 8,31 = 2400 \cdot 8,31 = 19944$$

$$\begin{array}{r} 3324 \\ 26592 \\ \underline{6648} \\ 604968 \end{array}$$

$$3324 \cdot 1,18 =$$

$$\begin{array}{r} 3324 \\ 3324 \\ \underline{26592} \\ 3922,32 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3324 \cdot 8 = 24000 \\ 2400 \\ 150 \\ \underline{32} \\ 28592 \end{array}$$

$$= -6049,68 \text{ Дж}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$\Delta Q_{1-2} = A_{1-2} + \frac{3}{2} V_{R \Delta T_{1-2}} = 4 A_{1-2} \approx 19944 \Phi_x$$

4985

$$\begin{array}{r} 16000 \\ 1600 \\ 320 \\ 24 \\ \hline 19944 \end{array}$$

$$\Delta Q_{2-3} = A_{2-3} + \frac{3}{2} V_{R \Delta T_{2-3}} = 0,5 A_{2-3} =$$

$$= \cancel{4805,6 \Phi_x} - 1961,16$$

$$\Delta Q_{3-1} = A_{3-1} + \frac{3}{2} V_{R \Delta T_{3-1}} = 3,5 A_{3-1} =$$

$$= -15124,2 \Phi_x$$

$$\begin{array}{r} 3922,32 \\ + 844,64 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3922,32 \quad | \quad 2 \\ \hline 1961,16 \\ -12 \\ \hline 12 \\ -12 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$= -15124,2 \Phi_x$$

$$\begin{array}{r} 7844,64 \\ + 1961,16 \\ \hline 9805,80 \end{array}$$

$$A_{\Sigma} = 2858,64 \Phi_x$$

$$Q_{\Sigma} = 2858,64 \Phi_x$$

$$\begin{array}{r} 6049,68 \quad | \quad 2 \\ \hline 3024,84 \\ -100 \\ \hline 100 \\ -100 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3024,84 \\ + 12099,36 \\ \hline 15124,20 \end{array}$$

$$n = \frac{|A_{1-2}| + |A_{2-3}| - |A_{3-1}|}{|A_{1-2}| + |A_{2-3}| + |A_{3-1}|} =$$

$$= \frac{2858,64}{14957,8} \approx \underline{\underline{20\%}}$$

$$\begin{array}{r} 2858,64 \\ + 6049,68 \\ + 6049,68 \\ \hline 14957,80 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4986 \\ 3922,32 \\ \hline 8908,32 \\ - 8908,32 \\ \hline 6049,68 \\ - 6049,68 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 15124,2 \\ - 1961,16 \\ \hline 17085,36 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 19944 \\ - 17085,36 \\ \hline 2858,64 \end{array}$$

$$3,5 \cdot 5 = 10 + 4$$

$$\begin{array}{r} 14957,8 \quad | \quad 2858,64 \\ \hline 5 \end{array}$$

$$2858,64 \cdot 5$$

$$1429320$$

$$\frac{1}{53}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

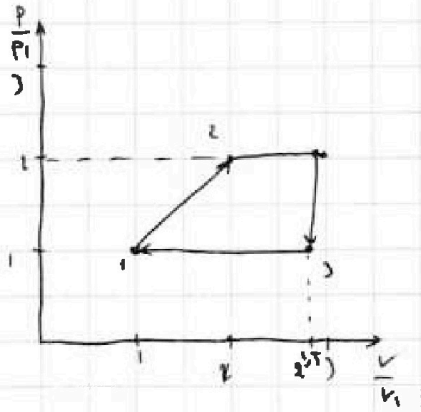
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Изобразим полученный график:



~~$A_2 = 1.5 \cdot 2 = 3$~~   
 ~~$= (2.5 - \frac{3}{2}) \cdot 1.5$~~   
 ~~$P.V.$~~

Ответ: 1)  $A_1 = 4986 \text{ Дж}$

2)  $\eta \approx 20\%$

3) см. рас.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

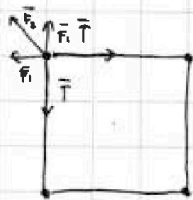
Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Дано:

$q; b;$   
 $T=?$   
 $v=?$   
 $d=?$

Решение:

Запишем рав-во сил, прилож-  
но к верхней левому углу  
по горизонтальной оси:

$$T = F_1 + F_2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}, \text{ где}$$

$F_1$  - сила отталкивания с верхним  
углом

$F_2$  - сила отталкивания с нижним  
углом.

По 3. Кулона:

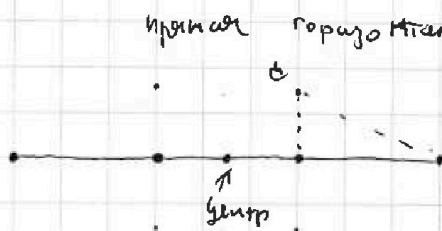
$$F_1 = \frac{kq^2}{b^2}$$

$$F_2 = \frac{kq^2}{2b^2}$$

$$T = kq^2 \left( \frac{1}{b^2} + \frac{\sqrt{2}}{4b^2} \right) = \frac{kq^2}{b} \left( 1 + \frac{\sqrt{2}}{4} \right)$$

2) По т. о движении центра масс. у.п. системы не  
сдвинулся  $\Rightarrow$  центр масс "пятиугольн" в центре квадрата.

Из соображений симметрии система должна была остаться  
симметричной по верт. оси, проходящей через центр квадрата.



прямая горизонтальная (не верт, т.к. тогда нарушилась бы  
симметрия)  $\Rightarrow$  процессе движения)

Или энергетически, потому не могут  
запасать энергию. Запишем  
ЗСЭ у.п. крайнего угла:

$$\frac{d kq^2}{b} + \frac{4 kq^2}{\sqrt{2}b} = \frac{2mV_1^2}{L} + \frac{2mV_2^2}{2} \cdot \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}b} = \frac{mV^2}{2} \cdot \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}b}$$

$$\frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}b} = \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b} = \frac{mV^2}{2}$$

$$kq^2 \left( \frac{6\sqrt{2} + 6 + 3\sqrt{2} + 2\sqrt{2}}{6\sqrt{2}b} \right) = \frac{mV^2}{2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$kq^2 \frac{mv^2 + 6}{6bv^2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$kq^2 \frac{mv^2 + 6}{3bm v^2} = v$$

3) Теперь ещё раз наметим гипотенуз и квадрат:



Как видно, гипотенуз равен сумме катетов  $\frac{b}{2}$  и  $b \sin \alpha$

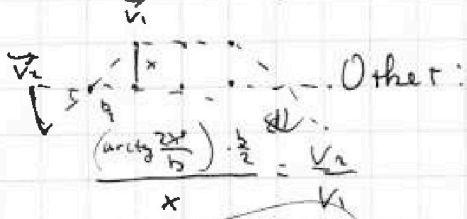
и на  $b \sin \alpha \Rightarrow d = \sqrt{(\frac{b}{2})^2 + b^2} = b \sqrt{\frac{1}{4} + 1} = b \frac{\sqrt{5}}{2}$

1)  $T = \frac{kq^2}{b} (1 + \frac{\sqrt{5}}{4})$

2)  $v = \sqrt{\frac{kq^2(6+mv^2)}{3bm}}$

3)  $d = b \frac{\sqrt{5}}{2}$

Рассм начав  
вспомогат.  $x$



$v_1 = v_2 \cdot \frac{x}{(\cos \alpha) \frac{b}{2}}$

1)  $T = \frac{kq^2}{b} (1 + \frac{\sqrt{5}}{4})$

2)  $v = \sqrt{\frac{kq^2(6+mv^2)}{\sqrt{5}bm (1 + \frac{b}{2} \arctan \frac{2x}{b})}}$

3)  $d = b \frac{\sqrt{5}}{2}$

~~$\frac{8kq^2}{bm} + \frac{2kq^2}{\sqrt{5}bm}$~~

$\frac{8kq^2}{bm} + \frac{2kq^2}{\sqrt{5}bm}$

$\frac{8kq^2 + \frac{4b kq^2}{\sqrt{5}}}{1 + \frac{x}{\frac{b}{2} \arctan \frac{2x}{b}}} = v_2$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

