



# 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.

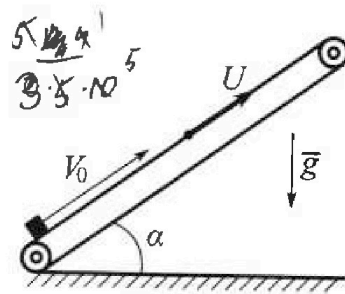
× 2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью  $V_0$  под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии  $S = 20$  м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление в воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

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

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.

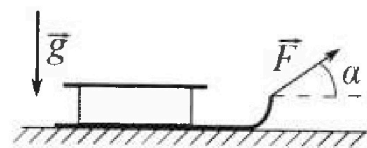
× 2) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2$  м/с?

✓ 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.



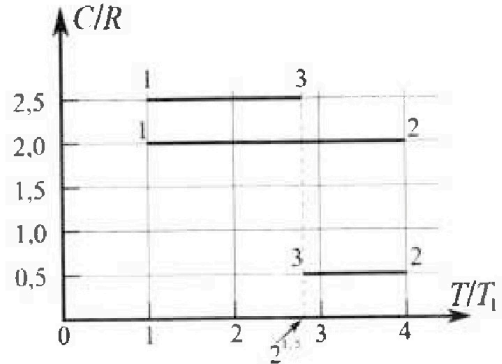
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01



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

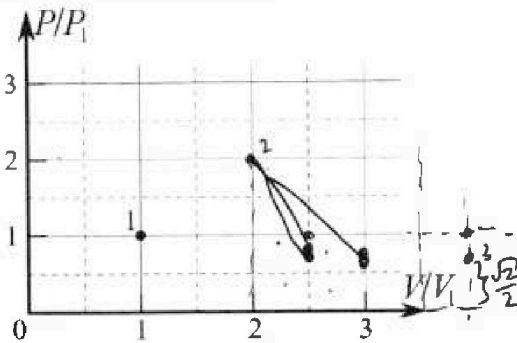
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



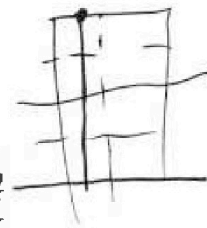
×1) Найдите работу  $A_2$  газа в процессе 1-2.

? ×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.



$$2 \cdot \frac{2 + \sqrt{2}}{2} = 4 + \sqrt{2}$$



$$2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{1}$$

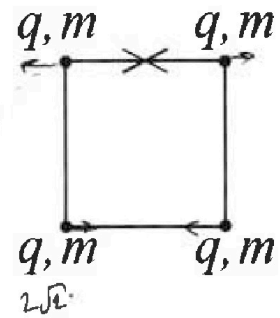
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

×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 вверху (на рисунке)?



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

$$P_3 = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 2\sqrt{2} = 1$$

$$P_2 = \frac{1}{2\sqrt{2}} \cdot \sqrt{2} = \frac{1}{2}$$

$$2\sqrt{2} = 3 \times \frac{2}{3}$$

$$4 - 2\sqrt{2} = 4 - 2 \cdot 1.41 = 1.18$$

$$\frac{1.18 \cdot 2}{20} = 0.118$$

$$3 \cdot 0.15 = 0.45$$

$$2 + 1.5 = 3.5$$

$$4\sqrt{2} = 5.64$$

$$2 \cdot \frac{\sqrt{2} - 1}{\sqrt{2}} = 2 \cdot \frac{1.41 - 1}{1.41} = 1.14$$

$$2(2 - \sqrt{2}) = 2(2 - 1.41) = 1.18$$

$$\frac{1}{4} + \frac{2}{5} = 0.25 + 0.4 = 0.65$$

$$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} + \frac{2}{5} = 1 + 0.4 = 1.4$$

$$0.25 + 0.4 = 0.65$$



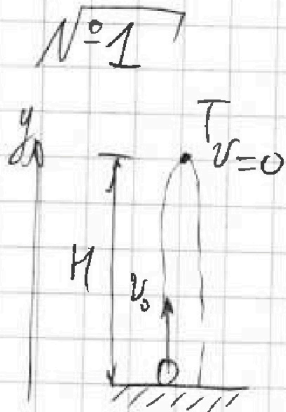
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$v_0 = ?$   
1)  ~~$v = v_0 - gt$~~

$v = v_0 - gt$

$0 = v_0 - gT \Rightarrow v_0 = gT$

в наивысшей точке (на высоте H)  $v_0 = 20 \frac{m}{c}$



~~$v_x = v_0 \cdot \cos \alpha$~~   
 $v_y = v_0 \cdot \sin \alpha - gt$   
 $x = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t$   
 $y = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$

макс S  
максимальная дальность полета

$L_{max} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} = \frac{v_0^2}{g} = \frac{400}{10} = 40m > S$   
 $\alpha = 45^\circ$

$x(t) = S$

$y(t) = h_{max}$

$S = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t \Rightarrow t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$

$h = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$

$h = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$

$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$

$\tan^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$

$h = S \cdot \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$

$h = S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2} (1 + \tan^2 \alpha)$

$h = -\frac{gS^2}{2v_0^2} \tan^2 \alpha + S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2}$





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!

$$h'_{\text{tg}} = -\frac{2gS^2}{2v_0^2} \text{tg} \alpha + S = 0$$

↑  
найдем макс.  $h$

$$\frac{gS}{v_0^2} \text{tg} \alpha = 1$$

$$\text{tg} \alpha = \frac{v_0^2}{gS}$$

$$h_{\text{max}} = -\frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \frac{v_0^4}{g^2S^2} + S \cdot \frac{v_0^2}{gS} - \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

$$h_{\text{max}} = -\frac{v_0^2}{2g} + \frac{v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \Rightarrow h_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

$$h_{\text{max}} = \frac{400}{2 \cdot 10} - \frac{10 \cdot 400}{2 \cdot 400} = 20 - 5 = \underline{\underline{15 \text{ м}}}$$

Ответ: 1)  $v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ; 2)  $h_{\text{max}} = 15 \text{ м}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



$$\sqrt{0.2}$$

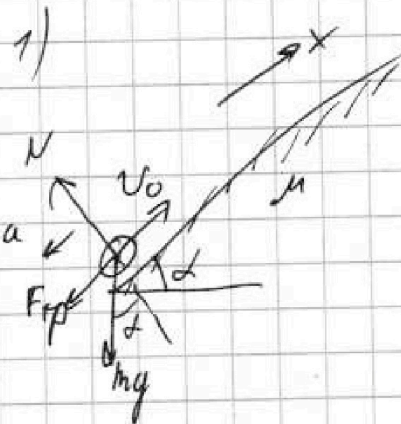
$$\sin \alpha = 0.4$$

$$v_0 = 4 \frac{m}{c}$$

$$\mu = \frac{1}{3}$$

$$S = 7m$$

$$T = ?$$



$$F_{fr} \leq \mu N$$

т.к. скользит

⇓

$$F_{fr} = \mu N$$

$$\text{из II } \Sigma F \Rightarrow N = mg \cdot \cos \alpha$$

на непр. ос от начала м-т

$$\sin \alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{3}{5}$$

$$\text{из II } \Sigma F \Rightarrow$$

$$ma = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$a = \left( \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5} \right) g = g$$

ор.

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

$$T^2 - \frac{2v_0}{a} T + \frac{2S}{a} = 0$$

$$T = \frac{v_0}{a} \pm \sqrt{\frac{v_0^2}{a^2} - \frac{2S}{a}}$$

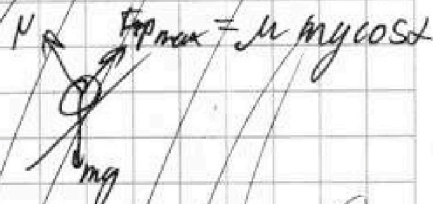
$$= \frac{v_0}{a} \pm \frac{v_0}{a} \sqrt{1 - \frac{2Sa}{v_0^2}}$$

т.к.  $\frac{v_0}{a}$  - меньше, отб.

$$T < \frac{v_0}{a}$$

$$T = \frac{v_0}{g} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2gS}{v_0^2}} \right) = \frac{4}{g} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 7 \cdot g}{16}} \right)$$

проверим будет ли скользить коробка после остановки



$$m a' = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

$$m a' = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = g \left( \frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} \right) = \frac{3}{5} g$$

$$-5x^2 + 4x + 7$$

$$5x^2 + 4x + 7$$

$$16 - 20$$

$$S = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{16}{20} = 0.8$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

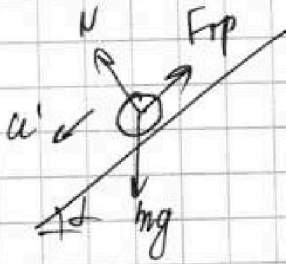
МФТИ

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



Найти какой путь пройдет тело под действием  $S = S_1 + S_2$

$$S_1 = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{4^2}{2 \cdot 10} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ м} < S = 1 \text{ м} \Rightarrow S_2 = 0,2 \text{ м}$$



т.к.  $\mu > \frac{4}{5} \Rightarrow \text{скачок} \Rightarrow F_{тр} = \mu mg \cos \alpha$

$$\tan \alpha = \frac{4}{3} > \frac{1}{3}$$

$$a' = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = g \left( \frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} \right) = \frac{3g}{5}$$

$$S_2 = \frac{a' t_2^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a'}}$$

$t_1$  - вр. вверх (обратное)  $\Rightarrow T = t_1 + t_2$

$$gt_1 = v_0 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{g}$$

$$T = \frac{v_0}{a} + \sqrt{\frac{2S_2}{a'}} = \frac{v_0}{g} + \sqrt{\frac{10S_2}{3g}}$$

$$T = \frac{4}{10} + \sqrt{\frac{10 \cdot 2}{10 \cdot 3 \cdot 10}}$$

$$T = 0,4 + \sqrt{\frac{2}{30}}$$

$$T = 0,4 + \frac{\sqrt{15}}{15} \text{ с}$$

$$T \approx 0,4 + 0,25 \approx 0,65 \text{ с}$$

~~$\sqrt{3} \approx 1,73$~~

$\sqrt{15} \approx 3,9$

~~$\sqrt{5} \approx 2,24$~~

$$\begin{array}{r} 3,9 \\ \times 3,9 \\ \hline 351 \\ 3510 \\ \hline 1521 \end{array}$$

~~$\sqrt{10} \approx 3,16$~~

$$\begin{array}{r} \sqrt{25} \\ \times 2,5 \\ \hline 125 \\ 500 \\ \hline 625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,14 \\ \times 2,14 \\ \hline 214 \\ 428 \\ \hline 456 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 70 \\ \times 0,25 \\ \hline 175 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 214 \\ \times 214 \\ \hline 428 \\ 4280 \\ \hline 4560 \end{array}$$





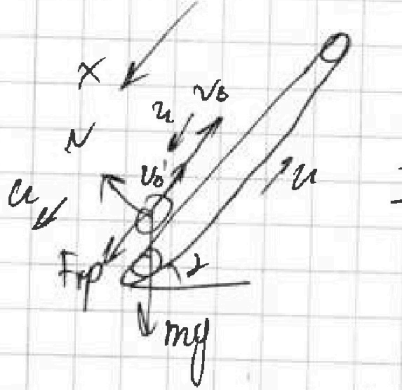
На одной странице можно оформлять только одну задачу.  
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

2)



$F_{тр} = \mu mg \cos \alpha$   
1 к. скальляр

В СО левых  $v_0' = v_0 - u = 2 \frac{m}{s}$

$ma = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$

$a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = g$

Скорость коробки в ЛСО равна  $u$ , когда  $v_0' = 0$

(В СО левых)

$t_{ост} = \frac{v_0'}{a} = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ c}$   
время ост

В СО левых

$L_1 = v_0' t_{ост} - \frac{g a v_0' t_{ост}^2}{2} = v_0' \cdot \frac{v_0'}{a} - \frac{v_0'^2}{2a}$

$L_1 = \frac{v_0'^2}{2a} = \frac{2^2}{2 \cdot 10} = 0,2 \text{ м}$ , т.е. в ЛСО точка старта

еще на  $L_2 = u t_{ост} = \frac{u v_0'}{a} = 2 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ м}$

$L = L_1 + L_2 = 0,6 \text{ м}$



3) В ЛСО  $v = 0$  при  $y = 1$ , что в СО левых  $v' = -u$

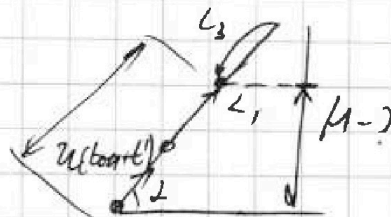
ускорение вниз  $a' = \frac{3}{5}g$  из п.1)  $\Rightarrow$  в СО левых

$-u = -\frac{3}{5}g t' \Rightarrow t' = \frac{5u}{3g} = \frac{5 \cdot 2}{3 \cdot 10} = \frac{1}{3} \approx 0,333 \text{ c}$

$L_3 = \frac{a' t'^2}{2} = \frac{3 \cdot 1}{5 \cdot 2 \cdot 3^3} = \frac{1}{30}$

$x = u(t_{ост} + t') + L_1 - L_3 =$

$= 2 \left( \frac{2^3}{10} + \frac{1}{3} \right) + \frac{2^3}{10} - \frac{1}{30} = \frac{12 + 10 + 6 - 1}{30} = \frac{27}{30} = \frac{9}{10} = 0,9 \text{ м}$







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 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!

$$M = x \cdot \sin \alpha = 0,9 \cdot 0,8 = \underline{0,72 \text{ м}}$$

Ответ: 1) ~~0,6 м~~; 2)  $L = 0,6 \text{ м}$ ; 3)  $M = 0,72 \text{ м}$

$$T = \left(0,4 + \frac{\sqrt{2}}{16}\right) c \approx 0,65 c$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

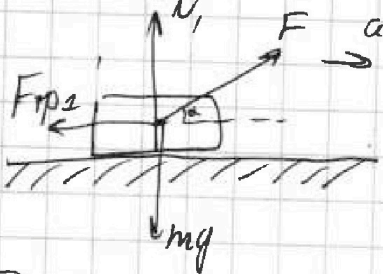
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

№3

①  $t_1$



$F_{sp1} = \mu N_1$   
т.к. скользит

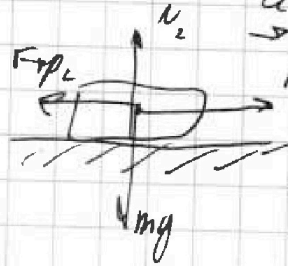
$\Sigma F_{y \parallel zH}: N_1 - mg + F \cdot \sin \alpha = 0$

$N_1 = mg - F \cdot \sin \alpha$

$\Sigma F_{x \parallel zH}$

$m_1 a = F \cdot \cos \alpha - \mu N_1 = F \cdot \cos \alpha - \mu (mg - F \cdot \sin \alpha)$

②  $t_2$



$F_{sp2} = \mu N_2 = \mu mg$   
т.к. скользит

$\Sigma F_{y \parallel zH}$

$ma = F - \mu mg$

$t_1 = t_2 = t_0$

$v_0$  - одинак

$\Downarrow$   
 $a$  - одинак

$\Downarrow$   
 $S$  - одинак

пусть разделим

$\Sigma F_{y \perp zH}$  - одинак катит. ступени  $\Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} - 0 = F \cdot \cos \alpha \cdot S - \mu (mg - F \cdot \sin \alpha) \cdot S$

$\Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} - 0 = F \cdot S - \mu mg \cdot S$

$\Downarrow$   
 $F \cdot \cos \alpha \cdot S - \mu mg S + F \cdot \sin \alpha \cdot S = F \cdot S - \mu mg S$

$\cos \alpha + \sin \alpha = 1$

$\sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 1 - \sin \alpha \Rightarrow x - \sin^2 \alpha = x - \sin^2 \alpha - 2 \sin \alpha$   
в кб. возр.

просто подставляем

↑

$\alpha = 90^\circ$

$\sin \alpha = 1$

↑

$2 \sin^2 \alpha = 2 \sin \alpha$

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!

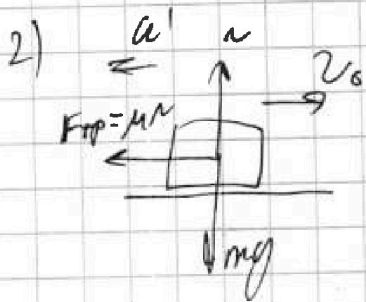
Уг. об. изм. кин. энергии

$$\textcircled{1} \frac{mV_0^2}{2} - 0 = -mgs + FS \quad \text{т.к. } \alpha = 90^\circ \text{ (работа } F \text{ и } mg)$$

$$\textcircled{2} \frac{mV_0^2}{2} - 0 = FS - \mu mgs$$

$$\textcircled{1} - \textcircled{2} \Rightarrow 0 = -mgs + FS - FS + \mu mgs$$

$$\mu = 1$$



из II зк

$$N = mg \Rightarrow \mu N = \mu mg \Rightarrow \alpha' = \mu g$$

$$T = \frac{v_0}{\alpha'} \Rightarrow T = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0}{g}$$

Ответ: 1)  $\mu = 1$ ; 2)  $T = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0}{g}$ .





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!

№ 4

$V = 1 \text{ мА}$

из уравнения

$$1) Q_{12} = \mathcal{K}_{12} \Delta T_{12} = V \cdot 2R \cdot 3T_1 = \underline{6VRT_1}$$

$$\Delta U_{12} = U_2 - U_1 = \frac{3}{2}(4VRT_1 - VRT_1) = \frac{9}{2}VRT_1$$

из I нач. термодинамики  $\Rightarrow Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$

$$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = \frac{3}{2}VRT_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 = \underline{4986 \text{ Дж}}$$

8,31  
600  
498600

$$2) Q_{23} = \mathcal{K}_{23} \Delta T_{23} = -V \cdot \frac{1}{2}R \cdot (4 - 2^{1,5})T_1 = -\frac{1}{2} \cdot 2^{1,5}R(2^{0,5} - 1)T_1 = \underline{-2^{0,5}(2^{0,5} - 1)VRT_1}$$

$$\Delta U_{32} = \frac{3}{2}(2^{1,5}VRT_1 - 2^2VRT_1) = -\frac{3}{2} \cdot 2^{1,5}VRT_1(2^{0,5} - 1)$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = -2^{0,5}(2^{0,5} - 1)VRT_1 + 3 \cdot 2^{0,5}(2^{0,5} - 1)VRT_1 = \underline{+2 \cdot 2^{0,5}(2^{0,5} - 1)VRT_1}$$

$$Q_{31} = \mathcal{K}_{31} \Delta T_{31} = -V \cdot \frac{5}{2}R(2^{1,5} - 1)T_1$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2}(VRT_1 - 2^{1,5}VRT_1) = -\frac{3}{2}VRT_1(2^{1,5} - 1)$$

$$A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31} = -\frac{5}{2}VRT_1(2^{1,5} - 1) + \frac{3}{2}VRT_1(2^{1,5} - 1) = \underline{-VRT_1(2^{1,5} - 1)}$$

$$A_{\Sigma} = A_{12} + A_{23} + A_{31} = \frac{3}{2}VRT_1 + 2 \cdot 2^{0,5}(2^{0,5} - 1)VRT_1 - VRT_1(2^{1,5} - 1) =$$

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!

$$= \sqrt{RT_1} (1,5 + 4 - 2^{1,5} - 2^{1,5} + 1) = \sqrt{RT_1} (6,5 - 4\sqrt{2})$$

$$Q_{\Sigma} = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = 6\sqrt{RT_1} - 2^{0,5}(2^{0,5}-1)\sqrt{RT_1} - \frac{5}{2}(2^{1,5}-1)\sqrt{RT_1} =$$

$$= \sqrt{RT_1} (6 - 2 + 2^{0,5} - 5 \cdot 2^{0,5} + 2,5) = \sqrt{RT_1} (6,5 - 4 \cdot 2^{0,5})$$

~~$$= \sqrt{RT_1} (6,5 - 4\sqrt{2})$$~~

$$\Leftrightarrow (6,5 - 4\sqrt{2})\sqrt{RT_1}$$

~~$$\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_{\Sigma}} = \frac{3\sqrt{RT_1}}{2(4\sqrt{2}-6,5)\sqrt{RT_1}} = -\frac{3}{2\sqrt{2}}$$~~

~~$$\eta = \frac{Q_{\Sigma}}{A_{\Sigma}} = \frac{-2(4\sqrt{2}-6,5)\sqrt{RT_1}}{3\sqrt{RT_1}} =$$~~

~~$$= \frac{-1,42}{3} \approx -0,473$$~~

$$4 - 2\sqrt{2} = 1,98$$

$$\sqrt{2} \approx 1,41$$

$$\begin{array}{r} \times 1,41 \\ 4 \\ \hline 5,64 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} -6,5 \\ 5,64 \\ \hline 0,86 \\ 2 \\ \hline 1,72 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1720 \overline{) 300} \\ 7500 \overline{) 0,573} \\ \underline{19200} \\ 2700 \\ \underline{2000} \end{array}$$

~~$$\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_{\Sigma}}$$~~

~~$$\eta = \frac{Q_{\Sigma}}{A_{\Sigma}}$$~~

3)  $p_1 V_1 = \sqrt{RT_1}$

$$p_2 V_2 = \sqrt{R} \cdot 4T_1$$

$$p_3 V_3 = \sqrt{R} \cdot 2\sqrt{2} T_1 \approx 2,82$$

$$p = \sqrt{RT_1} \cdot \frac{1}{V}$$

~~$A_{12} = \frac{3}{2}\sqrt{RT_1}$~~   $|A|$ -коэф. площади погр. графика

~~$$A_{12} = \frac{3}{2}\sqrt{RT_1}$$~~

$$A_{23} = 2\sqrt{2}(\sqrt{2}-1)\sqrt{RT_1} \approx 1,18\sqrt{RT_1}$$

$$A_{31} = -(2\sqrt{2}-1)\sqrt{RT_1} \approx -0,82\sqrt{RT_1}$$



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!

~~$\Delta W_{12} = \frac{3}{2} p_1 v_1 - p_1 v_2 = \frac{3}{2} p_1 v_1 (2^{0.5} - 1)$~~ 
  
 ~~$\Delta W_{12} = \frac{3}{2} (p_1 v_1 - p_1 v_2)$~~

2)  $\eta = \frac{A_{полз} - Q_2}{A_{зуп}}$

$A_{зуп} = (A_{12} + A_{23} + A_{31}) = \frac{3}{2} V R T_1 + 2^{1.5} (2^{0.5} - 1) V R T_1 + V R T_1 (2^{1.5} - 1) =$   
 $= V R T_1 (1.5 + 4 - 2\sqrt{2} + 2\sqrt{2} - 1) = 4.5 V R T_1$

$\eta = \frac{6.5 - 4\sqrt{2}}{4.5} = \frac{0.86}{4.5} \approx 0.19 = 19\%$

$4\sqrt{2} \approx 5.64$

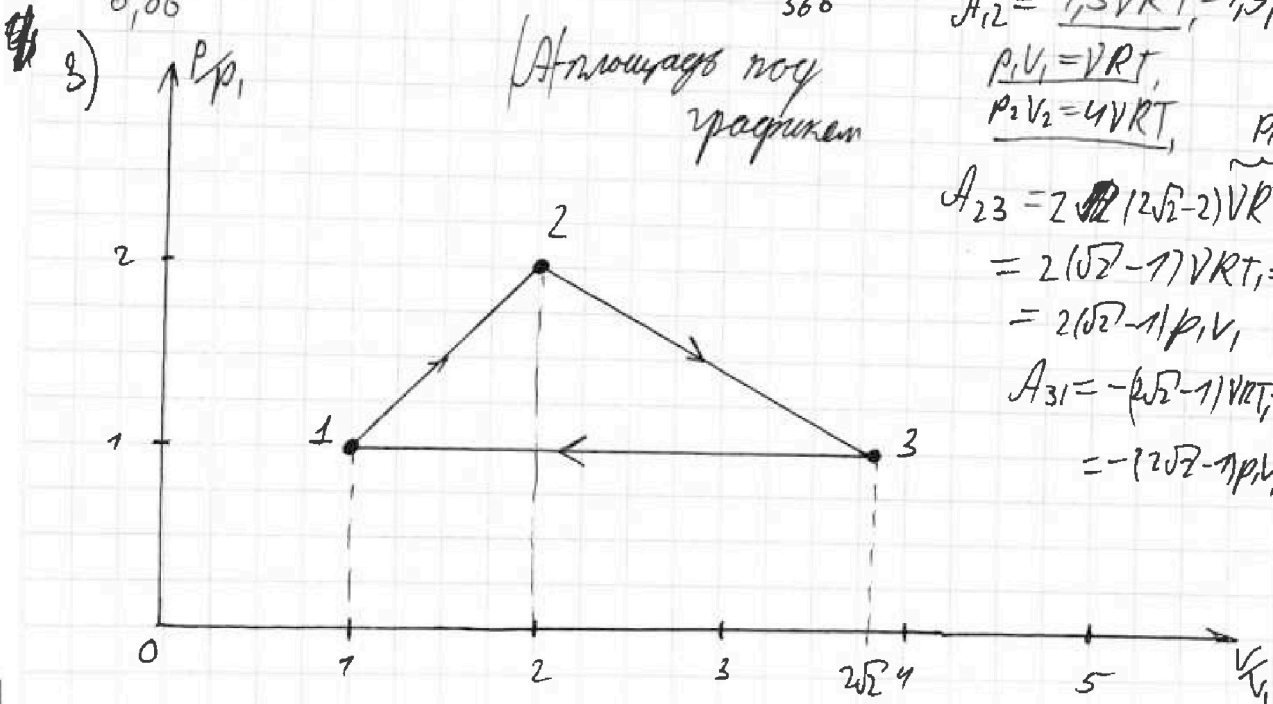
$$\begin{array}{r} -6.50 \\ 5.64 \\ \hline 0.86 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 866 \overline{) 450} \\ 450 \phantom{0} \\ \hline 0.19 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 440 \\ \times 1.5 \\ \hline 660 \\ 440 \\ \hline 4650 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 450 \\ \times 9 \\ \hline 3150 \\ 450 \\ \hline 4050 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 450 \\ \times 9 \\ \hline 4050 \end{array}$$







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!

Ответ: 1)  $A_{12} = \frac{3}{2} \nu RT_1 = 4986 \text{ Дж}$ ; 2)  $\eta = 79\%$ ; 3) см рис.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

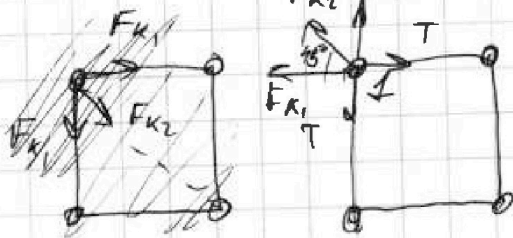
МФТИ

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

№5

T-определить из условия.

1)



$$F_{k1} = k \cdot \frac{q^2}{8^2}$$

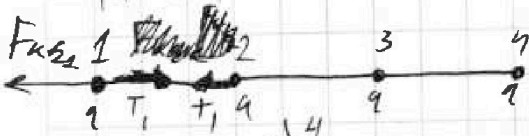
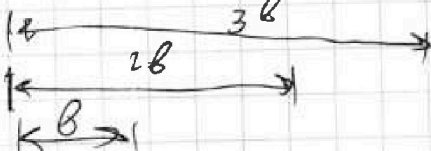
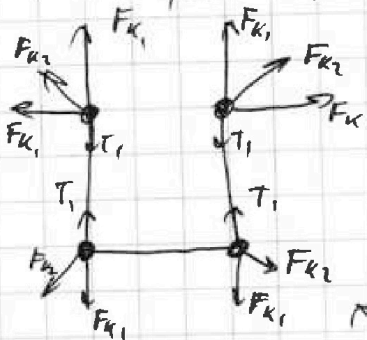
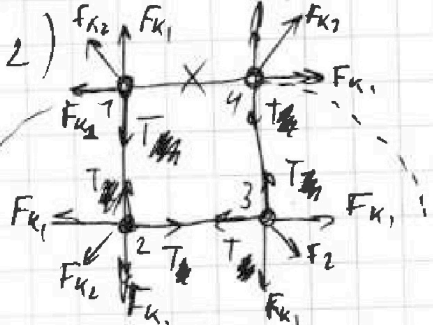
$$F_{k2} = k \cdot \frac{q^2}{(\sqrt{2}8)^2} = k \cdot \frac{q^2}{2 \cdot 8^2}$$

из равн. условий  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow T = F_{k1} + F_{k2} \cdot \cos 45^\circ = k \cdot \frac{q^2}{8^2} + k \cdot \frac{q^2}{2 \cdot 8^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$= k \cdot \frac{q^2}{4 \cdot 8^2} (4 + \sqrt{2})$$

$$T = \frac{kq^2}{48} (4 + \sqrt{2})$$



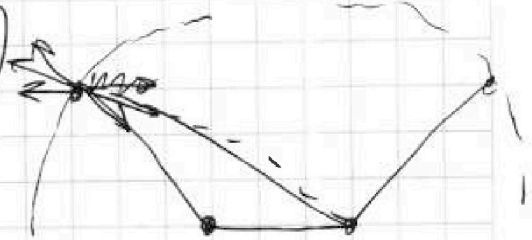
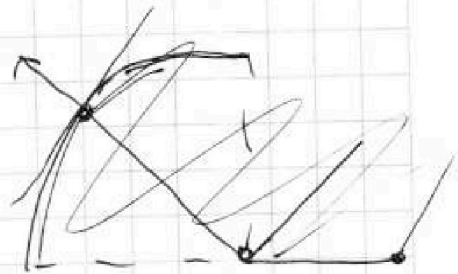
$$\textcircled{1} F_{k2} = k \frac{q^2}{8^2} + k \frac{q^2}{4 \cdot 8^2} + k \frac{q^2}{9 \cdot 8^2} = \frac{kq^2}{48^2} (4 + 1 + \frac{4}{9})$$

~~$$F_{k2} = k \frac{q^2}{64}$$~~

из того же условия  $\Rightarrow A = \Delta E_k$

ура 11

~~$$\frac{kq^2}{48^2}$$~~



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 checked="" 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!

Из ЗСД для шарика 1:

$$0 + \frac{kq^2}{8} + \frac{kq^2}{8} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}b} = \frac{mV^2}{2} + \frac{kq^2}{8} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b}$$

$$\frac{mV^2}{2} = \frac{kq^2}{8} \left( 1 + \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) = \frac{kq^2}{8} \frac{6\sqrt{2} + 6 - 3\sqrt{2} - 2\sqrt{2}}{6\sqrt{2}} = \frac{kq^2}{8} \frac{6 + \sqrt{2}}{6\sqrt{2}}$$

$$V^2 = \frac{2}{m} \cdot \frac{kq^2}{8} \frac{6 + \sqrt{2}}{6\sqrt{2}} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{kq^2}{m8} \left( \frac{6 + \sqrt{2}}{3\sqrt{2}} \right)}$$

- 3) Т.к. движение верхних шариков происходит симметрично  $\Rightarrow$  центр из 2 нижних шариков находится в равновесии  $\Rightarrow$  т.к.  $V_0 = 0 \Rightarrow$  они не смешиваются  $\Rightarrow$

$$d = \sqrt{2}b$$



Ответ: 1)  $T = \frac{kq^2}{48} (4 + \sqrt{2})$ ; 2)  $V = \sqrt{\frac{kq^2}{m8} \left( \frac{6 + \sqrt{2}}{3\sqrt{2}} \right)}$ ; 3)  $d = \sqrt{2}b$