

Олимпиада «Физтех» по физике,

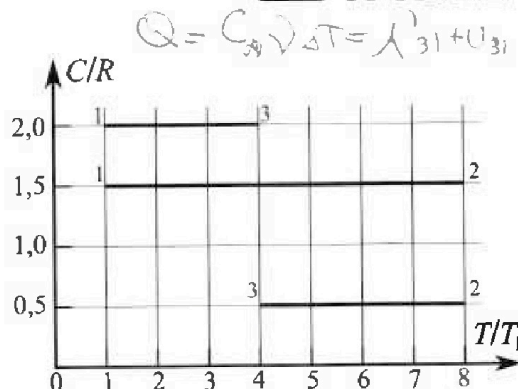
февраль 2023

Вариант 10-02

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) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна $T_1 = 200$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).



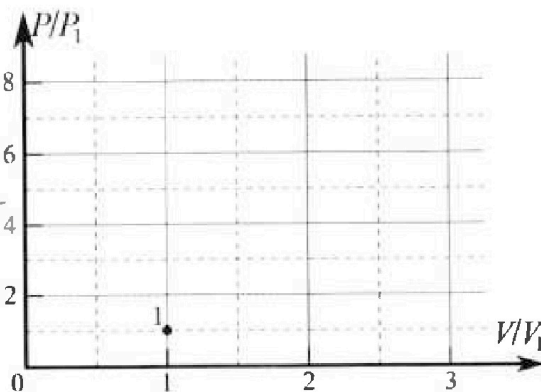
- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объем в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.

$$\frac{2\sqrt{2}a^2T}{\epsilon_0(\sqrt{2}+1)}$$

$$\frac{(\sqrt{2}-1)\epsilon_0}{\sqrt{2}(\sqrt{2}+1)} = \frac{\sqrt{2}-1}{4-\sqrt{2}4}$$

$$\epsilon = \frac{m\sqrt{2}}{2}$$

$$D = 4$$



$$P = \frac{2RT}{V}$$

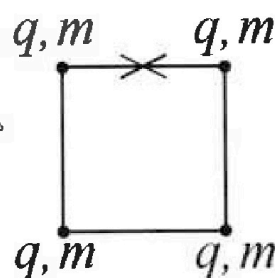
$$P = \frac{2RT}{V}$$

$$P_1 = \frac{2RT_1}{V_1}$$

$$\frac{P}{P_1} = \frac{2RT}{V} \cdot \frac{V_1}{2RT_1} = \frac{T}{T_1} \cdot \frac{V_1}{V}$$

5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарика находятся в вершинах квадрата со стороной a (см. рис.). Сила натяжения каждой нити T .

- 1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.
- 2) Найдите кинетическую энергию K любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарика 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)?



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

$$\frac{\sqrt{2}(\sqrt{2}+1)-5}{4+\sqrt{2}-5^2} = \frac{\sqrt{2}-1}{2} > 0$$

$$\frac{Gmm}{R^2}$$

$$H = \frac{Gmm}{R}$$

$$\frac{2\sqrt{2}+1}{2} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{2\sqrt{2}+1}{2} = \frac{1}{4}$$



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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



1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета $L = 20$ м.

1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью V_0 к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна $H = 3,6$ м.

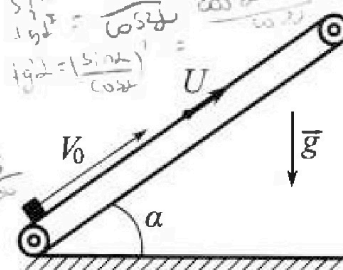
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Уск. орение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости, перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$.

Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь S пройдет коробка в первом опыте к моменту времени $T = 1$ с?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 1$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 6$ м/с (см. рис.).

2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же кинетической энергии K на одинаковых участках пути.

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

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения кинетической энергии K действие внешней силы прекращается.



1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Handwritten calculations for problem 3:

$$K = \frac{mv^2}{2}$$

$$F \cos \alpha = \mu mg$$

$$F \sin \alpha = \mu mg$$

$$F = \frac{\mu mg}{\sin \alpha}$$

$$K = \frac{mv^2}{2} = \frac{m \mu^2 g^2 L}{2 \sin^2 \alpha}$$

$$L = \frac{2K \sin^2 \alpha}{m \mu^2 g^2}$$

Handwritten calculations for problem 3:

$$K = \frac{mv^2}{2}$$

$$F = \mu mg$$

$$K = \frac{mv^2}{2} = \mu mg L$$

$$L = \frac{K}{\mu mg}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

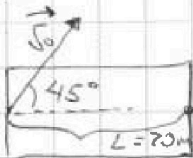
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МОТИ

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

$\sqrt{2}=1$ (начало реш-я)

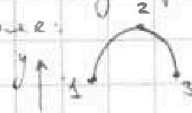


y - вверх
x - вправо

1) $g_x = 0$, $v_{0x} = \text{const} = v_0 \cos 45^\circ$

$L = v_{0x} t_{05} = v_0 \cos 45^\circ t_{05} \Rightarrow t_{05} = \frac{L}{v_0 \cos 45^\circ} = \frac{20}{v_0 \frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{40}{v_0 \sqrt{2}}$ (1)

по параболе: $y = v_{0y} t - \frac{g t^2}{2}$



$v_{0y} = v_0 \sin 45^\circ = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$

$v_{2y} = 0$

В к-во: $y_{пр} = y_{б-я}$: $v_y = v_{0y} - g t = \frac{v_0}{\sqrt{2}} - g t$

$v_y(t_2) = \frac{v_0}{\sqrt{2}} - g t_2 = 0$

Время, в кот тело нах. в вер-е параболы

$\frac{v_0}{\sqrt{2}} = g t_2$

$\frac{v_0}{\sqrt{2} g} = t_2 \Rightarrow t_{05} = 2 t_2 = \frac{2 v_0}{\sqrt{2} g} = \frac{\sqrt{2} v_0}{g} \rightarrow \text{в } (1)$

$L = \frac{v_0}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{2} v_0}{g} = \frac{v_0^2}{g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{g L} = \sqrt{200} = \sqrt{4 \cdot 50} = 2 \sqrt{50} \approx 14.14 \text{ м/с}$

2) - стенка, при кот. происходит H

$S = v_{0x} t_{05} = v_0 \cos \alpha t_{05} \Rightarrow t_{05} = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$ (1)

$y(t) = v_{0y} t - \frac{g t^2}{2} \Rightarrow v_0 \sin \alpha t_{05} - \frac{g t_{05}^2}{2} = H$ (2)

$y(t_{05}) = H$

$\frac{2 v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = 2 H$

$t_{05}^2 = \frac{2 v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$

(1) в (2): $v_0 \sin \alpha \cdot \frac{S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} =$

$= S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$

$S = \text{const}$

H - макс. высота. Найдём α , при кот. она макс, с помощью производной:

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!

$$S = 1 \quad (\text{нормировка по } \sin \alpha)$$

$$\left(S + gL - \frac{gS^2}{2\sqrt{0}^2 \cos^2 \alpha} \right) = (gL)^2 S - \frac{-2\sqrt{0}^2 (\cos^2 \alpha)^2 \cdot gS^2}{4\sqrt{0}^4 \cos^4 \alpha} =$$

$$= \frac{S}{\cos^2 \alpha} - \frac{2\sqrt{0}^2 gS^2 \cdot 2 \cos \alpha \sin \alpha}{4\sqrt{0}^4 \cos^4 \alpha} =$$

$$= \frac{S}{\cos^2 \alpha} - \frac{\sin \alpha gS^2}{\sqrt{0}^2 \cos^3 \alpha}$$

$$f'(\alpha) = 0: \quad \frac{S}{\cos^2 \alpha} = \frac{\sin \alpha gS^2}{\sqrt{0}^2 \cos^3 \alpha}$$

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{\sin \alpha g}{\sqrt{0}^2 \cos^3 \alpha} \quad \cos \alpha \neq 0$$

$$1 = \frac{\sin \alpha g}{\sqrt{0}^2 \cos \alpha} = \frac{g + gL}{\sqrt{0}^2}$$

$$\sqrt{0}^2 = g + gL$$

$$gL = \frac{g}{g} = L = 20$$

тогда $\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1$ - ок. м.р.м. то $g \cdot L \cdot \cos^2 \alpha$

$$1 + \frac{gL^2}{401} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\frac{401}{1} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\frac{401}{401} = \cos^2 \alpha$$

~~тогда $\cos^2 \alpha = \frac{401}{401} = 1$ - ок. м.р.м. то $g \cdot L \cdot \cos^2 \alpha$~~

$$\sqrt{0} \sin \alpha \cdot \frac{S}{\sqrt{0} \cos \alpha} - \frac{gS^2}{2\sqrt{0}^2 \cos^2 \alpha} = S + gL - \frac{gS^2}{2\sqrt{0}^2} \cdot \frac{401}{1}$$

$$20S - \frac{gS^2 \cdot 401}{2\sqrt{0}^2} = H$$

$$20S - \frac{g \cdot S^2 \cdot 401}{2 \cdot gL} = 20S - \frac{401S^2}{2L} = H \quad | \cdot 2L$$

$$40SL - 401S^2 - 2LH = 0 \quad | \cdot 401$$

$$\frac{40}{401}SL - S^2 - \frac{2LH}{401} = 0 \quad | \cdot (-1)$$

$$S^2 - \frac{40}{401}SL + \frac{2LH}{401} = 0$$

$$401 \approx 400$$

$$S^2 - 0,1SL + \frac{2LH}{200} = 0$$

$$\frac{200}{200} \cdot \frac{2LH}{200} = \frac{2LH}{100}$$

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!

№1 (окончание решения)

$$S^2 - S \cdot \frac{L}{10} + \frac{LH}{200} = 0$$

$$S^2 - S \cdot 2 + \frac{4 \cdot 2}{200} = 0$$

$$S^2 - 2S + \frac{8}{25} = 0$$

$$D = 4 - 4 \cdot \frac{8}{25} = 4 \cdot \left(1 - \frac{8}{25}\right) = 4 \cdot \frac{16}{25} = \frac{4 \cdot 16}{25} \Rightarrow \sqrt{D} = \frac{2 \cdot 4}{5} = \frac{8}{5}$$

$$S = \frac{2 \pm \frac{8}{5}}{2}$$

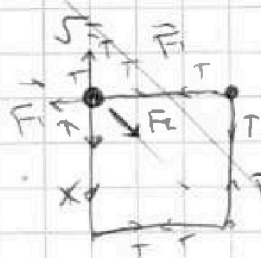
$$S = \frac{2 + \frac{8}{5}}{2} = \frac{\frac{18}{5}}{2} = 1,8 \text{ м}$$

$$S = \frac{2 - \frac{8}{5}}{2} = \frac{\frac{2}{5}}{2} = \frac{1}{5} \text{ м} = 0,2 \text{ м}$$

ответ: 1) $\sqrt{200} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) $S = 1,8 \text{ м}$ или $S = 0,2 \text{ м}$

Оставшаяся часть этого листа - черновик



$$F = \epsilon_0 \frac{q^2}{R^2}$$

$$F = \frac{Gmm}{r^2}$$

$$\text{or } F_2 \cos 45^\circ + F_1 = T$$

$$F_1 = \frac{\epsilon_0 q^2}{a^2}$$

$$F_2 = \frac{\epsilon_0 q^2}{(\sqrt{2}a)^2} = \frac{\epsilon_0 q^2}{2a^2}$$

$$F_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\epsilon_0 q^2}{2\sqrt{2}a^2} + \frac{\epsilon_0 q^2}{a^2}$$

$$\epsilon = \frac{1}{2\sqrt{2} + 1} = \frac{2\sqrt{2} + 1}{2\sqrt{2}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

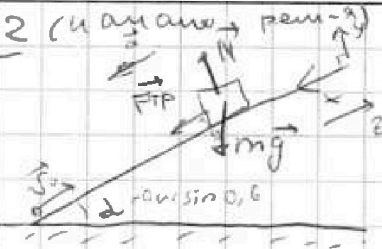
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МОТИ.

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

2) $\sqrt{s} = 2$ (и $a_{\text{нач}} = \text{рем} - g$)



Ох: $ma = F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = F_{\text{тр}} + \frac{3}{5}mg$
 Оу: $N = mg \cos \alpha = \frac{4}{5}mg$
 $F_{\text{тр}} = \mu N = \frac{2}{5}mg$

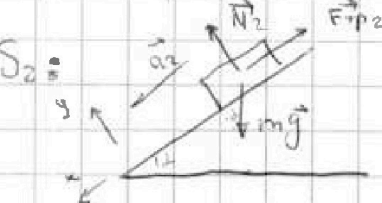
$\Rightarrow ma = \frac{4\mu mg}{5} + \frac{3mg}{5}$
 $a = g \left(\frac{4}{5}\mu + \frac{3}{5} \right) = g \left(\frac{4}{5} \cdot \frac{1}{2} + \frac{3}{5} \right) = g \left(\frac{2}{5} + \frac{3}{5} \right) = g$
 $a = g$

$\sqrt{s} = \sqrt{s_2} = \sqrt{s_0} - at = \sqrt{s_0} - gt$
 тело останавливается в момент t_1 : $0 = \sqrt{s_0} - gt_1$
 $\sqrt{s_0} = gt_1$
 $t_1 = \frac{\sqrt{s_0}}{g} = \frac{6}{10} \text{ c} < T$

г. путь тела = путь до обр. + путь после смены напр-я г.

$S_0 = S_1 + S_2$
 $S_1 = \frac{v_0^2 - 0}{2a} = \frac{s_0}{2g}$

обратно (после смены напр.) тело движ. г. $T - t_1 = 0,4 \text{ c}$



Ох: $ma_2 = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}2} = \frac{3}{5}mg - F_{\text{тр}2}$
 Оу: $N_2 = mg \cos \alpha = \frac{4}{5}mg$
 $F_{\text{тр}2} = \mu N_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{4mg}{5} = \frac{2mg}{5}$
 $ma_2 = \frac{3}{5}mg - \frac{2}{5}mg = \frac{mg}{5}$
 $a_2 = \frac{g}{5}$

$S_2 = \frac{a_2 (T - t_1)^2}{2} = \frac{g (T - t_1)^2}{10}$
 $T - t_1 = \frac{1}{g} \left(\frac{v_0}{2} - \frac{v_0}{2} \right) = \frac{Tg - \sqrt{s_0}}{g} \Rightarrow (T - t_1)^2 = \frac{(Tg - \sqrt{s_0})^2}{g^2}$
 $S_2 = \frac{g}{10} \cdot \frac{(Tg - \sqrt{s_0})^2}{g^2} = \frac{(Tg - \sqrt{s_0})^2}{10g}$
 $S_0 = S_1 + S_2 = \frac{s_0}{2g} + \frac{(Tg - \sqrt{s_0})^2}{10g} = \frac{6^2}{20} + \frac{(10 - 6)^2}{100} =$
 $= \frac{36}{20} + \frac{16}{100} = \frac{180}{100} + \frac{16}{100} = \frac{196}{100} = 1,96 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

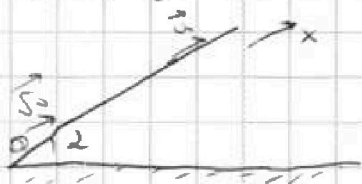
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

5.2 (окончание продолжение реш-я)

2)



$$\vec{v}_3 = \vec{v} + \vec{u}$$

$$0x: \vec{v}_3 = \vec{v} + \vec{u}$$

нам нужно найти точку проекции

на ось x , т.к. тело дв. вдавливает (эта модуль этой проекции и будет модулем скорости)

$$v_3 = v + u$$

нам интересен момент, когда $v_3 = 0$:

$$u = v + u \Rightarrow v = 0 \text{ т.е. момент остановки тела}$$

Обозначим t_1 (независимо от n)

CO "центра т." (время при перелете в CO соотр)



$$a \text{ и } a_0 \text{ равно } n \cdot 1 \quad a = g$$

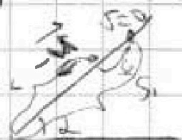
$$v_x(t) = v_0 - ut - at = v_0 - ut - g \quad (*)$$

$$v_x(t_0) - v_x(t_1) = 0$$

$$\Rightarrow v_0 - u - g t_1 = 0$$

$$v_0 - u = g t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0 - u}{g} = \frac{6 - 1}{10} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ с}$$

$$3) \quad v_3 = 0 \Rightarrow \vec{v} = -\vec{u}$$



ост. относ. центра + транспорта

произойдет на расстоянии S_1 от н. старта

$$S_1 = \frac{(v_0 - u)^2 - 0}{2g} = \frac{(v_0 - u)^2}{2g}$$

уск-е в CO "центра т." будет таким же, как в $n \cdot 1$ при спуске (она считается по тем же формулам)
т.е. $\frac{g}{5}$

$$S_2 = \frac{u^2 - 0}{2g} = \frac{5u^2}{2g}$$

$$L_{\text{иск}} = S_1 - S_2 = \frac{(v_0 - u)^2}{2g} - \frac{5u^2}{2g} = \frac{(v_0 - u)^2 - 5u^2}{2g} = \frac{(6 - 1)^2 - 5 \cdot 1^2}{20} = \frac{25 - 5}{20} = \frac{20}{20} = 1 \text{ м}$$

Ответ: 1) $S_{\text{об}} = 1,96 \text{ м}$ 2) $t_1 = 0,5 \text{ с}$ 3) $L = 1 \text{ м}$

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!

§3 (часть 1)

1) случай 1:



$$K = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow \text{const}$$

В сч 1 и 2 кинем. соотношением го
одинак скорости

(I)

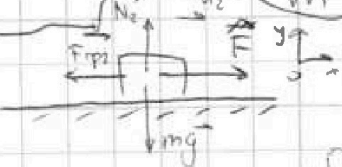
ОУ: $N_1 + F \sin \alpha = mg \Rightarrow N_1 = mg - F \sin \alpha$

ОХ: $ma_1 = F \cos \alpha - F_{fp1}$
 $F_{fp1} = \mu N_1 = \mu mg - \mu F \sin \alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow ma_1 = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha$

$a_1 = \frac{F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha}{m}$

сч 2:



ОУ: $N_2 = mg \Rightarrow F_{fp2} = \mu N_2 = \mu mg$

ОХ: $ma_2 = F - F_{fp2} = F - \mu mg$

$a_2 = \frac{F - \mu mg}{m}$

по условию $S_1 = S_2$ (пути = перемещения в го гостях $E_k = K$ равны по гостям)
время го $E_k = K$ в каждом сч

$S_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2}$
 $S_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2}$

$\Rightarrow a_1 t_1^2 = a_2 t_2^2$ (1)

гостя равны в каждом сч. (из гостя $a_i = \text{const}$) $\Rightarrow$

$\Rightarrow S_1 = a_1 t_1$

$S_2 = a_2 t_2$

к в моменты гостя $E_k = K$ в каждом сч

Уг (I) $S_1 = S_2 \Rightarrow a_1 t_1 = a_2 t_2 \rightarrow B D$

$a_1 t_1 \cdot t_1 = a_2 t_2 \cdot t_2 \Rightarrow t_1 = t_2 \rightarrow B D$

$a_1 t_1^2 = a_2 t_2^2 \Rightarrow a_1 = a_2$ (2)

поэтому в (2) получ. ур-е для a_1 и a_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
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

Задача 3 (продолжение решения)

$$\frac{F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha}{m} = \frac{F - \mu mg}{m} \quad (1)$$

$$F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = F - \mu mg$$

$$F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha = F \quad (F \neq 0 \text{ (иначе тело бы не пошло)})$$

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

$$\mu \sin \alpha = 1 - \cos \alpha$$

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

2) ^{моральное} ^{он} ^{скорости} $S (= S_1 = S_2)$ ^{до 0:}

0y: $N_3 = mg \Rightarrow F_{\text{тр}3} = N_3 \mu = \mu mg$

0x: $a_3 = m = F_{\text{тр}3}$

$$\Rightarrow m a_3 = \mu mg$$

$$a_3 = \mu g$$

$$S = \frac{\sqrt{2} - \sqrt{0}}{2 a_3} = \frac{\sqrt{2}}{2 \mu g} = \frac{\sqrt{2} \sin \alpha}{2 g (1 - \cos \alpha)}$$

находим $\sqrt{2}$: $K = \frac{m \sqrt{2}}{2} \Rightarrow$

$$2K = m \sqrt{2} \Rightarrow \sqrt{2} = \frac{2K}{m}$$

$$\Rightarrow S = \frac{2K \sin \alpha}{2mg(1 - \cos \alpha)} = \frac{K \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}$$

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

2) $S = \frac{K \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}$

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!

524 (продолжение решения)

$$2-3: Q_{23} = C_{v,23} \Delta T_{23} = \frac{R\gamma}{2} (T_3 - T_2) = \frac{R\gamma}{2} (4T_1 - 8T_1) =$$

$$= \frac{R\gamma}{2} (-4T_1) = -2\gamma RT_1$$

$$\Delta U_{23} = U_3 - U_2 = \frac{3}{2} \gamma R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \gamma R (-4T_1) = -6\gamma RT_1$$

$$Q_{23} = A'_{23} + \Delta U_{23}$$

$$-2\gamma RT_1 = A'_{23} - 6\gamma RT_1$$

$$4\gamma RT_1 = A'_{23}$$

$$A'_{23} = 4\gamma RT_1$$

$$\eta = \frac{A'_{\Sigma}}{Q_{подг}} \cdot 100\%$$

$$A'_{\Sigma} = A'_2 + A'_{23} + A'_{31} = 0 + 4\gamma RT_1 - 1,5\gamma RT_1 = 2,5\gamma RT_1 = \frac{5\gamma RT_1}{2}$$

$$Q_{12} = \frac{2\gamma RT_1}{2} > 0$$

$$Q_{23} = -2\gamma RT_1 < 0$$

$$Q_{31} = -6\gamma RT_1 < 0$$

$\Rightarrow$ тепло газ получает только на участке 1-2 $\Rightarrow Q_{подг} = Q_{12} = \frac{2\gamma RT_1}{2}$

$$\Rightarrow \eta = \left(\frac{5\gamma RT_1}{2} : \frac{2\gamma RT_1}{2} \right) \cdot 100\% = \left(\frac{5\gamma RT_1}{2} \cdot \frac{2}{2\gamma RT_1} \right) \cdot 100\% = \frac{5}{2} \cdot 100\%$$

т.е. η чуть меньше 25%

$$3) pV = \gamma RT \Rightarrow p = \frac{\gamma RT}{V} \quad (1)$$

$$p_1 = \frac{\gamma RT_1}{V_1} \quad (2)$$

$$(1) : (2): \frac{p}{p_1} = \frac{\gamma RT}{V} \cdot \frac{V_1}{\gamma RT_1} = \frac{T}{T_1} \cdot \frac{V_1}{V} \Rightarrow \frac{p}{p_1} \left(\frac{V}{V_1} \right) =$$

- изотерма

$$\text{в м. (2): } \frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{V_1}{V_2}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = 8 \cdot \frac{V_1}{V_2} \quad \text{8-й процесс} \quad \frac{p_2}{p_1} = 8 \cdot \frac{1}{\frac{V_2}{V_1}}$$



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!

Задача 4 (начало реш-я)

1) $A_{31} = -A'_{31}$, где A'_{31} - работа газа в процессе 3-1

1-й закон ТДТ: $Q_{31} = A'_{31} + \Delta U_{31}$ ①
теплота от нагревателя работа газа изменение внутренней энергии

$$Q_{31} = C_{p3} \int_{T_3}^{T_1} \frac{dT}{T} = 4T_1 + T_1 = 5T_1 \quad \text{из графика}$$

$$Q_{31} = 2R \int_{T_3}^{T_1} \frac{dT}{T} = 2R \ln \frac{T_1}{T_3} \quad \text{из графика}$$

$$\Delta U_{31} = U_1 - U_3 = \frac{i}{2} \nu R T_1 - \frac{i}{2} \nu R T_3 = \frac{i}{2} \nu R (T_1 - T_3) =$$

$$= \frac{i}{2} \nu R (-4T_1 + T_1) = -\frac{i}{2} \nu R \cdot 3T_1 \quad \left\{ \Rightarrow \Delta U_{31} = -\frac{3}{2} \nu R \cdot 3T_1 = \right.$$

$$i=3 \text{ м.к. газ одноатомный} \quad \left. = -\frac{9}{2} \nu R T_1 = -4,5 \nu R T_1 \right. \quad \text{③}$$

② и ③ в ①: $-6 \nu R T_1 = A'_{31} - 4,5 \nu R T_1$
 $A'_{31} = -1,5 \nu R T_1$

$$\Rightarrow A_{31} = -A'_{31} = -(-1,5 \nu R T_1) = +\frac{3}{2} \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 200 =$$

$$= +300 \cdot 8,31 = +2493 \text{ Дж}$$

A'_{31} - суммарная

2) $\eta = \frac{Q_{12}}{Q_{12} + |\Delta U_{12}|} \cdot 100\%$

участок 3-1 уже был рассмотрен, 1-2 и 2-3 рассмотрим аналогично

1-2: $Q_{12} = C_{p2} \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = \frac{3R}{2} \ln \frac{T_2}{T_1} = \frac{3R}{2} \ln 8 = \frac{3R}{2} \cdot 2,079 =$

$$\Delta U_{12} = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} \nu R T_2 - \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} \nu R (8T_1 - T_1) =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R \cdot 7T_1 = \frac{21 \nu R T_1}{2}$$

$$A'_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = 0$$



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 (окончание решения)

$R_{21} = 2R_2 = 8RT$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

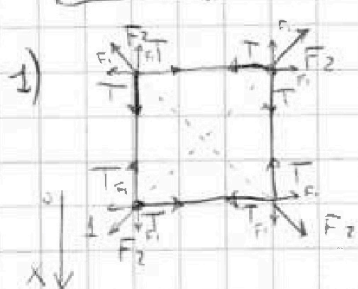
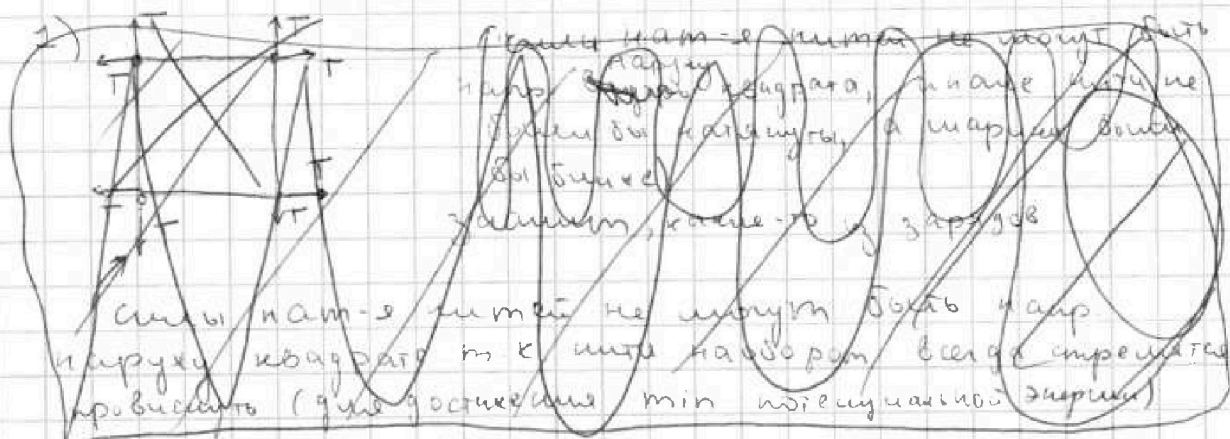
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

№5 (начало реш-я)



заметим

F_2 - сила от нити шарика, нить по диагонали

F_1 - сила от нити, нить на кончик одного ребра =

заметим УР точки 1 в проекции на ось X:

$$F_1 + F_2 \cos 45^\circ = T$$

$$F_1 = \epsilon_0 \frac{q^2}{a^2}$$

$$F_2 = \epsilon_0 \frac{q^2}{(\sqrt{2}a)^2} = \epsilon_0 \frac{q^2}{2a^2}$$

т.к. угол нити = 45°

из т. Пифагора
угол заштриховать

$$\Rightarrow T = \epsilon_0 \frac{q^2}{a^2} + \epsilon_0 \frac{q^2}{2a^2} = \epsilon_0 \frac{q^2}{a^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right) = \epsilon_0 \frac{q^2}{a^2} \left(\frac{2\sqrt{2} + 1}{2\sqrt{2}} \right) = \frac{\epsilon_0 q^2 (2\sqrt{2} + 1)}{2\sqrt{2} a^2}$$

$$2\sqrt{2} a^2 T = \epsilon_0 q^2 (2\sqrt{2} + 1)$$

$$|q| = \sqrt{\frac{2\sqrt{2} a^2 T}{\epsilon_0 (2\sqrt{2} + 1)}} = a \sqrt{\frac{2\sqrt{2} T}{\epsilon_0 (2\sqrt{2} + 1)}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

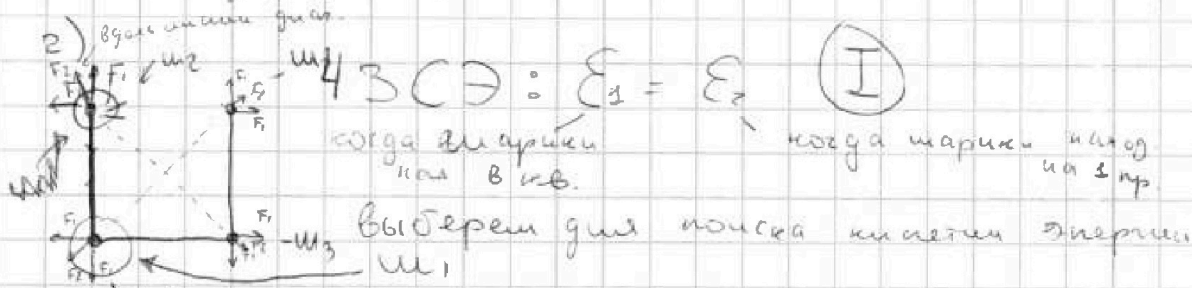
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МОТИ

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

Р5 (продолжение реш-я)

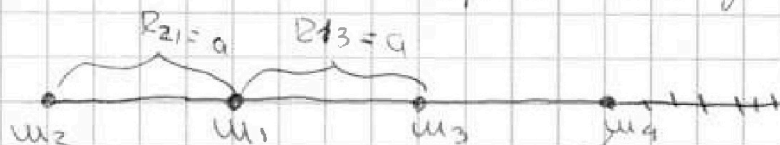


$$E_1: E_1 = \frac{\epsilon_0 q^2}{a} + \frac{\epsilon_0 q^2}{a} + \frac{\epsilon_0 q^2}{\sqrt{2}a} = \epsilon_{\text{взаимод с шариками 2, 3, 4}}$$

$$= \frac{\epsilon_0 q^2}{a} \left(1 + 1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{\epsilon_0 q^2}{a} \left(\frac{2\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{\epsilon_0 q^2 (2\sqrt{2}+1)}{\sqrt{2}a} \quad (1)$$

$$E_2: E_2 = K + E_{21} + E_{23} + E_{24}$$

энергии взаимод. со 2, 3, 4 ш. со 1 ш.



$$E_2 = \frac{\epsilon_0 q^2}{a} + \frac{\epsilon_0 q^2}{a} + \frac{\epsilon_0 q^2}{2a} + K = \frac{\epsilon_0 q^2}{a} \left(2 + \frac{1}{2} \right) = \frac{5\epsilon_0 q^2}{2a} \quad (2)$$

$$(1) \text{ и } (2) \text{ в } (I): \frac{\epsilon_0 q^2 (2\sqrt{2}+1)}{\sqrt{2}a} = \frac{5\epsilon_0 q^2}{2a} + K$$

$$K = \frac{\epsilon_0 q^2 (2\sqrt{2}+1)}{\sqrt{2}a} - \frac{5\epsilon_0 q^2}{2a} = \frac{\epsilon_0 q^2}{a} \left(\frac{2\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}} - \frac{5}{2} \right) =$$

$$= \frac{\epsilon_0 q^2}{a} \left(\frac{(2\sqrt{2}+1)\sqrt{2}}{2} - \frac{5}{2} \right) = \frac{\epsilon_0 q^2}{2a} (4 + \sqrt{2} - 5) = \frac{\epsilon_0 q^2 (\sqrt{2}-1)}{2a}$$

$$= \frac{\sqrt{2}(\sqrt{2}-1)}{2a} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\epsilon_0 q^2 a^2 T}{\epsilon_0 (2\sqrt{2}+1)} = \frac{(\sqrt{2}-1)\sqrt{2}aT}{2\sqrt{2}+1} = \frac{(2-\sqrt{2})aT}{2\sqrt{2}+1}$$

ответ: 1) $|q| = a \sqrt{\frac{2\sqrt{2}T}{\epsilon_0(2\sqrt{2}+1)}}$ 2) $K = \frac{(2-\sqrt{2})aT}{2\sqrt{2}+1}$