

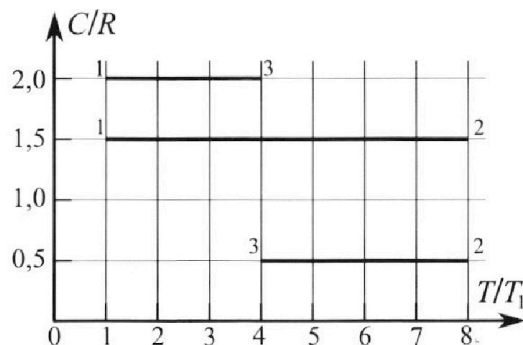
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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



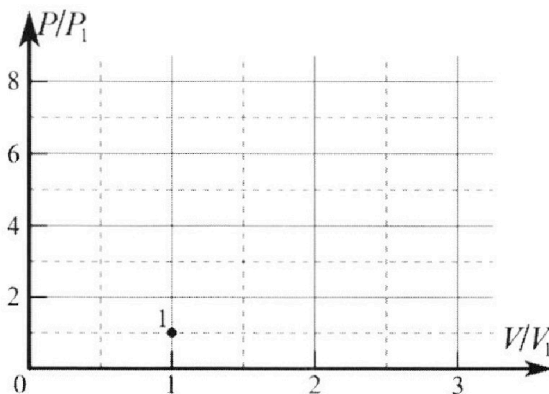
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (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 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.



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

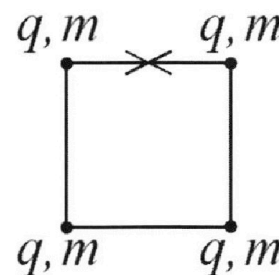
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

2) Найдите кинетическую энергию K 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)?

Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





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.

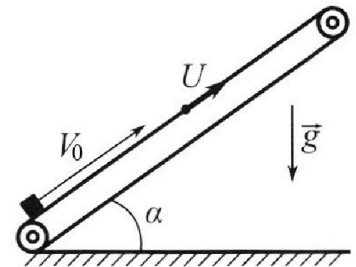
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение 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.).

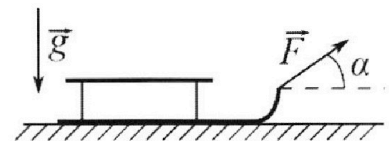
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.

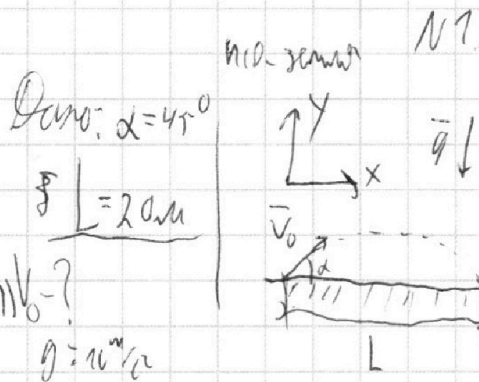
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

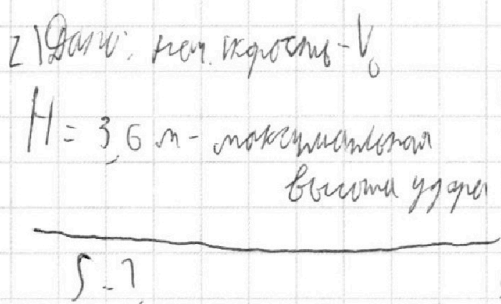
МФТИ

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



уравнение параболического движения:
 $\vec{v} = \vec{v}_0 \text{ at} + \frac{\vec{a} \text{ at}^2}{2}$
 $0x: L = v_0 \cos \alpha \text{ at} \Leftrightarrow \text{at} = \frac{L}{v_0 \cos \alpha} \quad (1)$
 $0y: 0 = v_0 \sin \alpha \text{ at} - \frac{g \text{ at}^2}{2} \Leftrightarrow \frac{g \text{ at}^2}{2} = v_0 \sin \alpha \text{ at}$
 $\Leftrightarrow \frac{g \text{ at}}{2} = v_0 \sin \alpha \Rightarrow$

(1) $\Rightarrow \frac{g L}{2 v_0 \cos \alpha} = v_0 \sin \alpha \Leftrightarrow v_0^2 = \frac{g L}{\sin 2\alpha} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{g L}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 20}{\sin 90^\circ}} = \frac{10 \sqrt{2}}{\sqrt{1}} = 10 \sqrt{2} \text{ м/с}$



$\vec{v} = \vec{v}_0 \text{ at} + \frac{\vec{a} \text{ at}^2}{2}$
 $0x: v_0 \cos \beta \text{ at} = s \quad (2)$
 $0y: h = v_0 \sin \beta \text{ at} - \frac{g \text{ at}^2}{2} \quad (3)$

h - высота удара при некотором β -угле между \vec{v}_0 и \vec{v}
 $(2) \Leftrightarrow \text{at} = \frac{s}{v_0 \cos \beta} \quad (3); (2): h = v_0 \sin \beta \frac{s}{v_0 \cos \beta} - \frac{g \left(\frac{s}{v_0 \cos \beta} \right)^2}{2}$
 $\Leftrightarrow h = s \tan \beta - \frac{g s^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} \Leftrightarrow [\sin^2 \beta + \cos^2 \beta = 1 \Leftrightarrow \tan^2 \beta + 1 = \frac{1}{\cos^2 \beta} \Leftrightarrow \cos^2 \beta = \frac{1}{\tan^2 \beta + 1}] \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow h = s \tan \beta - \frac{g s^2 (\tan^2 \beta + 1)}{2 v_0^2} \Leftrightarrow h = s \tan \beta - \frac{g s^2 \tan^2 \beta}{2 v_0^2} - \frac{g s^2}{2 v_0^2} = -\frac{g s^2 \tan^2 \beta}{2 v_0^2} + s \tan \beta - \frac{g s^2}{2 v_0^2}$

h максимальная, если $\tan \beta = \frac{s}{\frac{g s^2}{v_0^2}} = \frac{v_0^2}{g s}$

т.е. $H = -\frac{g s^2 \frac{v_0^4}{g^2 s^2}}{2 v_0^2} + s \frac{v_0^2}{g s} - \frac{g s^2}{2 v_0^2} = -\frac{v_0^2}{2 g} + \frac{v_0^2}{g} - \frac{g s^2}{2 v_0^2} = \frac{v_0^2}{2 g} - \frac{g s^2}{2 v_0^2}$

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!

$$7.01. H = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gR^2}{2v_0^2} \Leftrightarrow \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - H \Leftrightarrow S^2 = \frac{v_0^4}{g^2} - \frac{2Hv_0^2}{g} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow S = v_0 \sqrt{\frac{v_0^2}{g^2} - \frac{2H}{g}} = 10\sqrt{2} \frac{m}{c} \sqrt{\frac{200 \frac{m^2}{c^2}}{100 \frac{m^2}{c^2}} - \frac{2 \cdot 3,6m}{10 \frac{m}{c^2}}} = 10\sqrt{2} \frac{m}{c} \sqrt{2 \cdot c^2 - 4,72c^2} =$$

$$= 10\sqrt{2} \sqrt{1,28} m = 10\sqrt{2} \cdot 0,1 \sqrt{128} m = \sqrt{2} \cdot \sqrt{128} m = \sqrt{256} m = 2^4 m = 16m$$

Ответ: $v_0 = 10\sqrt{2} \frac{m}{c}$; $S = 16m$

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!

Дано, $\sin \alpha = 0,6$

$v_0 = 6 \text{ м/с}$; $m = 0,5$

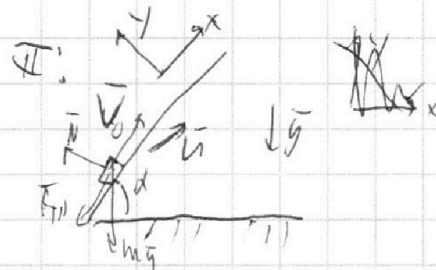
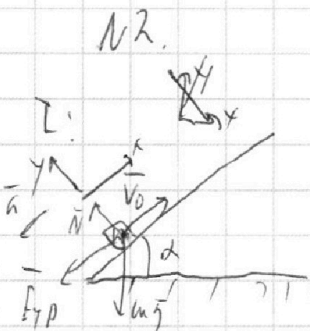
1) $T = ?$; $S = ?$

2) $U = ?$; $v_0 = 6 \text{ м/с}$

$v_k = U$; $T = ?$

3) $v_k = 0$; $L = ?$

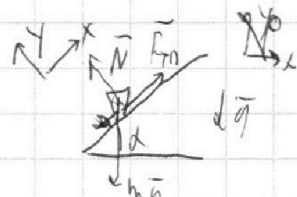
$g = 10 \text{ м/с}^2$



Известно: $\sin \alpha = 0,6 \Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{36}{25}} = \frac{4}{5} = 0,8$

\neq покажемся короткую на невыровненной линии.

условие равновесия: $m\vec{g} + \vec{F}_{TP} + \vec{N} = \vec{0}$



$0x: F_{TP} - mg \sin \alpha = 0 \quad (1)$

$0y: N = mg \cos \alpha \Rightarrow$

3-й закон Ньютона: $F_{TP} \leq \mu N \Rightarrow F_{TP} \leq \mu mg \cos \alpha$

(1): $\mu mg \cos \alpha \geq mg \sin \alpha \Rightarrow \mu \geq \tan \alpha \Rightarrow \mu \geq \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = 0,75 \geq \frac{0,6}{\sqrt{1-0,36}} \approx 0,75 \geq \frac{0,6}{\sqrt{0,64}}$

$0,75 \geq \frac{0,6}{0,8} = 0,75 \geq 0,75$ (!!) т.е. равновесие действительно имеет место (для данного значения коэффициента трения)

т.е. $F_{TP} = \mu mg \cos \alpha$ в любой момент времени.

I: 2-й закон Ньютона: $m\vec{g} + \vec{F}_{TP} + \vec{N} = m\vec{a}$

$0x: F_{TP} + mg \sin \alpha = ma \quad (2)$

$0y: N = mg \cos \alpha \Rightarrow F_{TP} = \mu mg \cos \alpha$

(2): $mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = a m \Rightarrow a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$ упр-е движения: $s\vec{v} = \vec{a} t$

через $T = t_1$: $0x: v_{kv} - v_0 = -a t$

\vec{F}_{TP} направлена по направлению хода \vec{v} т.е. $0x$ осью; упр $v=0$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

$$x \quad V=0 \quad 0 - V_0 = -a_1 \Delta t_1 \Rightarrow V_0 = a_1 \Delta t_1 \Rightarrow \Delta t_1 = \frac{V_0}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{6 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2 (0,4 + 0,6)} = 0,6 \text{ с} < T = 1 \text{ с} \quad \text{т.е. } \Delta t_1 = 0,6 \text{ с}$$

$$= \frac{6 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2 (0,4 + 0,6)} = \frac{6 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 0,6 \text{ с} < T = 1 \text{ с} \quad \text{т.е. } \Delta t_1 = 0,6 \text{ с}$$

вектор \vec{V} $\uparrow \uparrow OX$, вектор \vec{F}_{TP} $\uparrow \uparrow OX$ тогда, ОУ: $F_{TP} - mg \sin \alpha = -ma_2$ т.

$$\Rightarrow \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha = -ma_2 \Rightarrow a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$S = S_1 + S_2 = V_0 \Delta t_1 + \frac{a_1 \Delta t_1^2}{2} + \frac{a_2 \Delta t_2^2}{2} = V_0 - \frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \Delta t_1^2}{2} + \frac{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) (T - \Delta t_1)^2}{2}$$

$$= 6 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,6 \text{ с} - \frac{10 \text{ м/с}^2 (0,6 + 0,4) \cdot (0,6 \text{ с})^2}{2} + \frac{10 \text{ м/с}^2 (0,6 - 0,4) (0,4 \text{ с})^2}{2} = 0$$

$$= 3,6 \text{ м} - \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,36 \text{ с}^2}{2} + \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,2 \cdot 0,16 \text{ с}^2}{2} = 3,6 \text{ м} - 1,8 \text{ м} + 0,16 \text{ м} =$$

$$= 1,96 \text{ м} + 0,16 \text{ м} = 2,12 \text{ м}$$

2) во второй раз, когда $V=U=1 \text{ м/с}$ $V > U \Rightarrow \vec{F}_{TP}$ $\uparrow \uparrow OX$ \vec{a} $\uparrow \uparrow OX$

$$\text{т.е. ОУ: } F_{TP} + mg \sin \alpha = ma \Rightarrow \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = ma \Rightarrow a = a_1 = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$\Delta V = \vec{a} \Delta t_2 \quad \text{ОУ: } U - V_0 = -a \Delta t_2 \Rightarrow \Delta t_2 = \frac{V_0 - U}{a} = \frac{6 \text{ м/с} - 1 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2 (0,4 + 0,6)} =$$

$$= 0,5 \text{ с}$$

во второй раз \vec{F}_{TP} $\uparrow \uparrow OX$, поэтому, $F_{TP} - mg \sin \alpha = -ma_2$, $a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = a_2$

$$\text{т.е. } x \quad V=0 \quad \Delta V = \vec{a} \Delta t \quad \text{ОУ: } -U = -a_2 \Delta t_3 \Rightarrow \Delta t_3 = \frac{U}{a_2} \text{ время от } V=U \text{ до } V=0$$

$$\Rightarrow \Delta t_3 = \frac{U}{a_2} = \frac{U}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} = \frac{1 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,4} = \frac{1}{4} \text{ с} = 0,25 \text{ с}$$

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!

$$L = \int_3^L \int_4^L = v_0 T_1 - \frac{a_1 T_1^2}{2} - \frac{a_2 t_3^2}{2} = 6 \frac{m}{c} \cdot 0,5 c - \frac{10 \frac{m}{c^2} (0,5 c + 0,6) \cdot (0,5 c)^2}{2} - \frac{10 \frac{m}{c^2} (0,6 + 0,845) \cdot (0,5 c)^2}{2} =$$

$$= 3 m - \frac{10 \frac{m}{c^2} \cdot 0,25 c^2}{2} - \frac{10 \frac{m}{c^2} \cdot 0,25 c^2}{2} = 3 m - 1,25 m - 1,25 m = 3 m - 2,5 m = 0,5 m$$

заменим, что получим v момент домы после u еще раз, когда $\vec{v} \perp \vec{u}$

$$a \vec{v} = \ddot{a} t_4 \text{ от } 0,4 c: - u - u = a_2 \cdot t_4 \Rightarrow t_4 = \frac{2u}{a} = \frac{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2}}{9(1,144) \cdot 1(1,144)} = \frac{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2}}{10,3776 \frac{m}{c^2}} = 0,192 c$$

$$= 1 c$$

заменим T_1 момент домы еще раз вместе $T_1(t) = T_1 + t_4 =$

$$= 0,5 c + 1 c = 1,5 c$$

Ответ: $S = 1,96 m$; $T_1 = 0,5 c$ или $T_1 = 1,5 c$; $L = 2,5 m$

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!



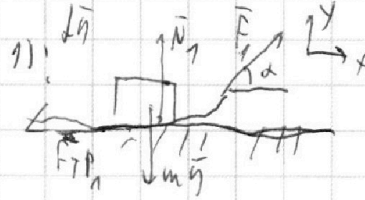
№3.

Дано: $K; S_1 = S_2$

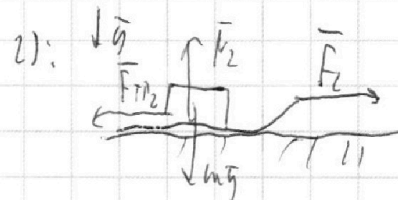
$\alpha; F_1 = F_2$

g, m
 $\mu = ?$

f (коэффициент трения?)



1) в (0-зона)



2) в (0-зона)

3-й закон Ньютона:

$$\vec{F}_1 + \vec{N}_1 + m\vec{g} + \vec{F}_{тр1} = m\vec{a}$$

$$\text{OY: } N_1 + F_1 \sin \alpha - mg = 0 \Rightarrow N_1 = mg - F_1 \sin \alpha$$

3-й закон Ньютона: $F_{тр1} = \mu N$

$$F_{тр1} = \mu N_1 = \mu (mg - F_1 \sin \alpha) =$$

$$= \mu (mg - F \sin \alpha)$$

$$(F = F_1 = F_2)$$

6-й закон Ньютона: f - коэффициент трения F_k ; $F_k = \mu A$

$$1): K = \vec{R}_1 \cdot \vec{S}_1 = R_{1x} S_1 = R_1 S_1 \quad 2): K = \vec{R}_2 \cdot \vec{S}_2 = R_{2x} S_2$$

$$(F = F_1 = F_2)$$

$$R_{1x} = F_1 \cos \alpha - F_{тр1} = F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) = F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu mg$$

$$R_{2x} = F_2 - F_{тр2} = F - \mu mg$$

$$K = R_{1x} S_1$$

$$K = R_{2x} S_2$$

$$\Rightarrow R_{1x} = R_{2x} \Rightarrow F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu mg = F - \mu mg$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

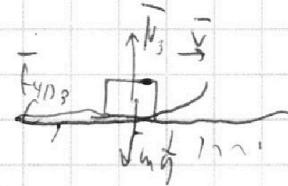
МФТИ

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

\neq ~~мгновенности~~ _(3 случая) $\sigma F_{1c} = A_R \Leftrightarrow -K = \bar{R}_{3A} \cdot S \cos \alpha, -K = \cancel{R_x} R_y S \cos \alpha$
 $\Leftrightarrow -K = -F_{1D3} S$

Из условия равновесия $\Sigma y: N_3 = mg \Rightarrow F_{1D3} = mg$

У.в. $-K = -mg S \cos \alpha, S = \frac{K}{mg \cos \alpha} = \frac{K}{\frac{(1-\cos \alpha)}{\sin \alpha} mg} = \frac{K \sin \alpha}{mg(1-\cos \alpha)}$



Ответ: $\mu = \frac{1-\cos \alpha}{\sin \alpha}; S = \frac{K \sin \alpha}{mg(1-\cos \alpha)}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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



№ 4.

Дано: 1 кубик $(\frac{C}{R} T_1)$
 $C = C_V$
 $J = 1 \text{ ммкс}$

воз-ограничен, уг,
 $T_1 = 200 \text{ К}; R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$

A_{21} найти?
 η - ? ; $\frac{P_2}{P_1} (\frac{V_2}{V_1})$ - ?

воз-огр. \Rightarrow (упр-е Клапейрона-Менделеева): $pV = \nu RT$
 \pm закон сохранения энергии: $\Delta U = A + Q$

1-2: $C_{V2} = 3,5R$ ~~$\Delta U = \frac{\nu}{2} \nu RT \Rightarrow$~~
 $\frac{T_2}{T_1} = 8 \Rightarrow T_2 = 8T_1$ $\Rightarrow \Delta U = \frac{\nu}{2} \nu R \Delta T$

$C_{V2} = \frac{Q_{21}}{\nu \Delta T_2} \Rightarrow Q_{21} = \nu T_2 C_{V2} = (8T_1 \cdot T_1) \nu (3,5R) = 7T_1 \nu C_{V2}$
 ~~$Q_{21} = Q_H$~~

$\Delta U = A + Q \Rightarrow \frac{\nu}{2} \nu R \Delta T_2 = A_{21} + 7T_1 \nu C_{V2}$

$\Rightarrow \frac{\nu}{2} \nu R 7T_1 = A_{21} + 7T_1 \nu \cdot 3,5R \Rightarrow A_{21} = \frac{\nu}{2} \nu R T_1 (\frac{1}{2} \cdot 7 - 7 \cdot 3,5) =$
 $= \nu R T_1 (\frac{3,5}{2} \cdot 7 - \frac{3}{2} \cdot 7) = 0$

т.е. $A_{21} = 0; Q_{21} = 7T_1 \nu \cdot 3,5R$ (закон Q_H) $\Rightarrow \frac{3}{2} \cdot 200 \text{ К} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} = 831 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} \cdot 4$

2-3: $C_{V3} = 4,5R; T_2 = 8T_1; T_3 = 4T_1$

$Q_{23} = \nu C_{V3} \Delta T_3 = 4,5R \nu (T_3 - T_2) = 4,5R \nu (-4T_1) = -4,5R \nu 4T_1 = -2 \nu R T_1$
 $\leftarrow \begin{matrix} \uparrow \\ 0 \end{matrix}$
 Q_{23} не равно Q_H

$\Delta U = A + Q \Rightarrow \frac{\nu}{2} \nu R (-4T_1) = A_{23} - 2 \nu R T_1 \Rightarrow A_{23} = \nu R T_1 (\frac{1}{2} \cdot 4 + 2) = \nu R T_1 (2 - 2) = 0$

т.е. $A_{23} = \nu R T_1 (2 - 2) = 0; Q_{23} = -2 \nu R T_1; A_{23} = \nu R T_1 (2 - 2) = \nu R T_1 (-4)$

$\approx 1 \text{ ммкс} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 200 \text{ К} (2 - 2) = 0; 1662 (1 - 4) \text{ Дж} = -6648 \text{ Дж}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



1-1: $Q_{31} = 2R$

$Q_{31} = \int C_{V,31} n T_{31} = \int 2R \cdot (-3T_1) = -6 \int R T_1 < 0 \Rightarrow Q_{31}$ - не работа Q_H

$U = A + Q \Rightarrow Q_{31} = A_{31} + Q_{31} \Rightarrow A_{31} = \frac{1}{2} \int R n T - Q_{31} = \frac{1}{2} \int R (-3T_1) + 6 \int R T_1 =$
 $= \int R T_1 (6 - \frac{3}{2})$

4.0. $A_{31} = \int R T_1 (6 - \frac{3}{2})$; Q_{31} - не Q_H | $A_{31} = \int R T_1 (6 - \frac{3}{2}) = 2000 \cdot 200 \cdot 8,31 \frac{Jm}{K \cdot m^3} \cdot$

~~$\eta = \frac{A}{Q_H}$~~

$(6 - \frac{3 \cdot 3}{2}) =$

$= 7662 \frac{Jm}{m^3} (6 - \frac{9}{2}) = 7662 \frac{Jm}{m^3} \cdot \frac{3}{2} = 831 \cdot 3 \frac{Jm}{m^3} = 2493 \frac{Jm}{m^3}$

$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{-A^k}{Q_H} = \frac{-(A_{21} + A_{31} + A_{12})}{Q_{31}} = \frac{-(0 + -4 \int R T_1 + \frac{3}{2} \int R T_1)}{\frac{21}{2} \int R T_1} =$

$= \frac{4 \int R T_1 - \frac{3}{2} \int R T_1}{\frac{21}{2} \int R T_1} = \frac{4 - \frac{3}{2}}{\frac{21}{2}} = \frac{8 - 3}{21} = \frac{5}{21}$

~~$\eta_{max} \rightarrow 0$~~

$\oint A = p dV$

1-2: $\oint A = 0 \Rightarrow p dV = 0 \Rightarrow dV = 0$

$pV = \int R T \Rightarrow \begin{cases} p_1 V_1 = \int R T_1 \\ p_2 V_2 = \int R T_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = 8 \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = 7$

2-3: ~~$\oint A = \int R dU = \oint Q + \oint A \approx \oint A = \int n \cdot \delta Q = \frac{1}{2} \int R dT - \frac{1}{2} \int R dT = \int R dT (\frac{1}{2} - \frac{1}{2})$~~

$p dV = \int R (\frac{1}{2} - \frac{1}{2}) dT$

$pV = \int R T \Rightarrow p dV + V dp = \int R dT \Rightarrow p dV = (\frac{1}{2} - \frac{1}{2}) (p dV + V dp) \Rightarrow p dV = p dV + V dp \Rightarrow V dp = 0 \Rightarrow dp = 0$

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!

Ч.ч. 1-3 *изобар.*

$$\begin{cases} p_2 V_2 = \nu R T_2 \\ p_3 V_3 = \nu R T_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p_2 V_2 = \nu R T_2 \\ p_2 V_3 = \nu R T_3 \end{cases} \Rightarrow \frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2} = \frac{2T_1}{8T_1} = \frac{1}{4}$$

$V_2 = V_1 \Rightarrow \frac{V_3}{V_1} = \frac{1}{4}$; $p_3 = p_2 = 8p_1 \Rightarrow \frac{p_3}{p_1} = 8$

3-1, $\delta A = p dV$

$\delta H = \delta A + \delta Q \Rightarrow \delta A = \delta H - \delta Q = \frac{3}{2} \nu R dT - \nu C_{v,31} dT = \nu R dT (\frac{3}{2} - \frac{5}{2}) =$

$= \nu R dT (-1) = -\frac{\nu R}{2} dT$

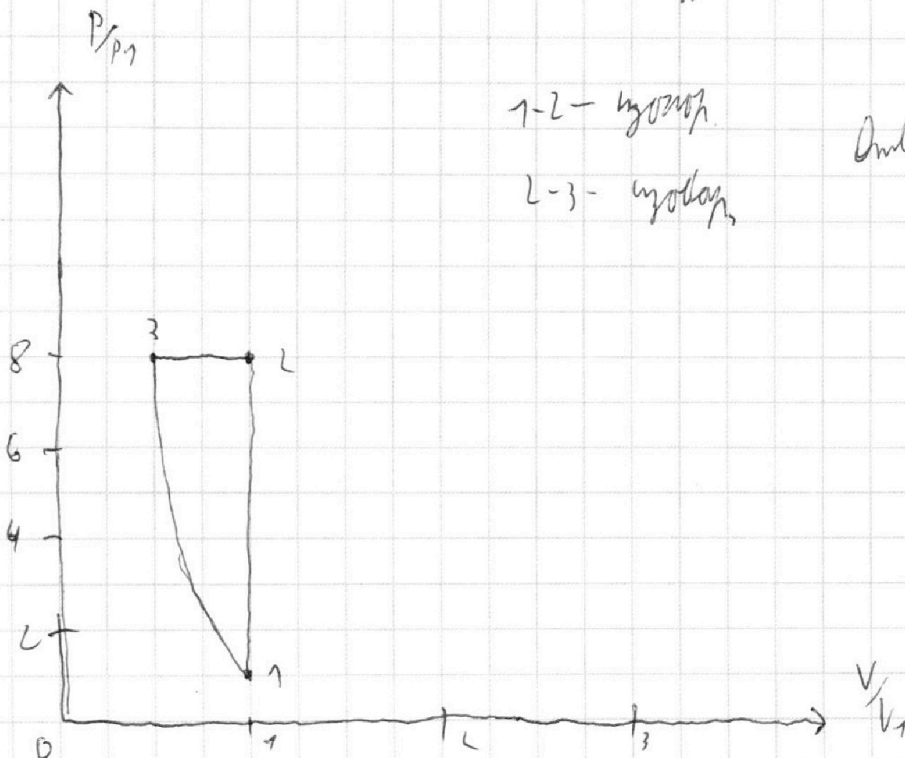
$p dV = \delta A = -\frac{\nu R}{2} dT$

$pV = \nu R T \Rightarrow \nu R dT = p dV + V dp$

$\Rightarrow p dV = -\frac{\nu R}{2} \frac{p dV + V dp}{\nu R} \Rightarrow$

$\Rightarrow p dV = -\frac{1}{2} (p dV + V dp) \Rightarrow \frac{3}{2} p dV = -\frac{V dp}{2}$

$\Rightarrow \frac{dp}{p} = -3 \frac{dV}{V} \Rightarrow \int_{p_3}^{p_1} \frac{dp}{p} = -3 \int_{V_3}^{V_1} \frac{dV}{V} \Rightarrow \ln \frac{p_1}{p_3} = -3 \ln \frac{V_1}{V_3} \Rightarrow \frac{p_1}{p_3} = \left(\frac{V_1}{V_3}\right)^3 = 8$



1-2 - изобар.

2-3 - изобар.

Ответ: $A_{31} = 2493 \text{ Дж}$

$\eta = \frac{5}{21}$

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!



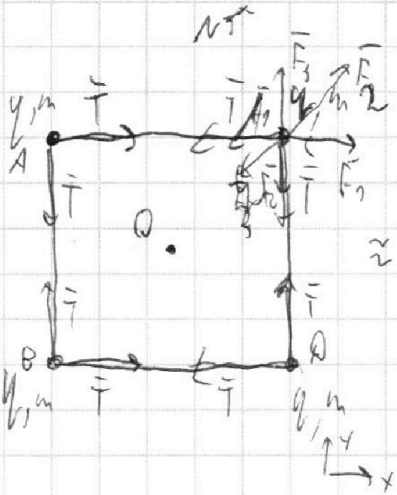
Дано:

a, T, ϵ_0

$|q| = ?$

$k = ?$

$d = ?$



$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{1}{\epsilon_0 \epsilon} \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad \text{[мксв]} \quad \text{[воздухе]} \quad \text{и}$$

$$\approx \frac{q_1 q_2}{\epsilon_0 a^2}$$

и правый верхний угол.

ДЗ-4 Изомоси:

$$\vec{F}_3 + \vec{F}_1 - \vec{F}_2 + \vec{T}_1 + \vec{T}_2 = \vec{0}$$

$$\text{изомоси} \Rightarrow F_1 = F_3 =$$

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

$$F_L = \frac{q^2}{\epsilon_0 (2a)^2} = \frac{q^2}{\epsilon_0 4a^2}$$

$$\text{ОХ: } F_1 + F_L \sqrt{2} = T \Leftrightarrow \frac{q^2}{\epsilon_0 a^2} + \frac{q^2}{\epsilon_0 2\sqrt{2}a^2} = T \Leftrightarrow$$

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

$$= a \sqrt{\frac{T \epsilon_0}{1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}}}$$

~~и т. д. симметрия центра масс: центр масс не в центре~~

3) (7; $\Delta E_k + \Delta E_n = 0 \Rightarrow$ [крит. энергии импульсов $1/2 q^2$; 2а) равновесие

иной симметрии) $\Rightarrow 2 E_k + L E_k + (E_{n1} - E_{n2}) = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow 2 E_{k1} + L E_{k2} + \left(3 \frac{2q^2}{\epsilon_0 a} + 2 \frac{2q^2}{\epsilon_0 2a} + \frac{2q^2}{\epsilon_0 2a} - 4 \frac{2q^2}{\epsilon_0 a} + 2 \frac{2q^2}{\epsilon_0 a \sqrt{2}} \right) = 0 \Rightarrow$$

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!



⇒ [когда все в точке, ~~то~~ матрица L² диагональной вправо, матрица T₁₂ - брань; но T₁₂ диагональ центральная ось: $\frac{2 \ln r_{L_1} + \ln r_{L_2}}{4m} = 0 \Rightarrow v_{L_2} = -v_{L_1} \Rightarrow$

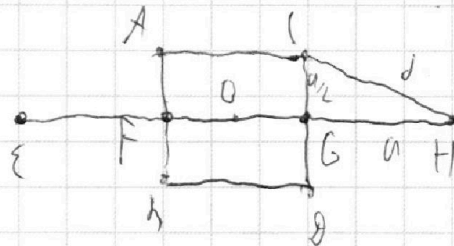
$$\Rightarrow v_{L_2} = v_{L_1} \text{ на поверхности} \Rightarrow [E_{K1} = E_{K2}] \Rightarrow 4E_K + \frac{qL}{\epsilon_0 a} \left(1 + 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{4}{\sqrt{2}} \right) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4E_K = \frac{qL}{\epsilon_0 a} \left(8 + \frac{4}{\sqrt{2}} - 8 - \frac{2}{3} \right) \Rightarrow 4E_K = \frac{qL}{\epsilon_0 a} \left(\frac{4}{\sqrt{2}} - \frac{2}{3} \right) \Rightarrow 4E_K = \frac{T\epsilon_0 a^2}{\epsilon_0 a \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right)} \left(\frac{4}{\sqrt{2}} - \frac{2}{3} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4E_K = \frac{T a}{1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}} \left(\frac{4}{\sqrt{2}} - \frac{2}{3} \right) \Rightarrow E_K = \frac{T a}{1 + \frac{1}{4\sqrt{2}}} \left(\frac{4}{\sqrt{2}} - \frac{1}{3} \right) \Rightarrow K = \frac{T a \left(\frac{4}{\sqrt{2}} - \frac{1}{3} \right)}{1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}} \Rightarrow$$

$$= \frac{T a \left(4 - \frac{1}{3\sqrt{2}} \right)}{\sqrt{2} + \frac{1}{2}} = \frac{T a \left(2 - \frac{\sqrt{2}}{3} \right)}{2\sqrt{2} + 1}$$

но q - заряды центральных осей: $Q_1 = \text{const}$



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

$$\text{Аналогично: } |q| = a \sqrt{\frac{T\epsilon_0}{1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}}} = a \sqrt{\frac{T\epsilon_0 L d}{L\sqrt{2} + 1}} = a \sqrt{\frac{T\epsilon_0 \cdot 4}{4 + \sqrt{2}}}$$

$$K = \frac{T a \left(2 - \frac{\sqrt{2}}{3} \right)}{2\sqrt{2} + 1} = \frac{T a \left(2\sqrt{2} - \frac{2}{3} \right)}{4 + \sqrt{2}}$$

$$d = a \frac{\sqrt{5}}{2}$$