



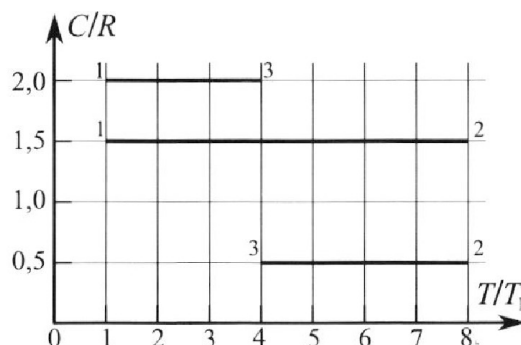
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

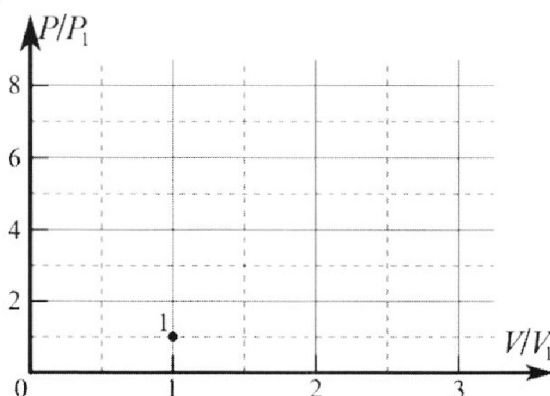
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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).

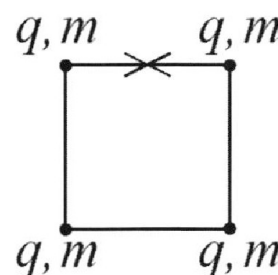


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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

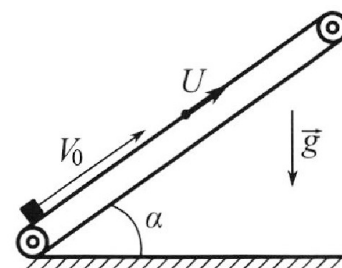
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

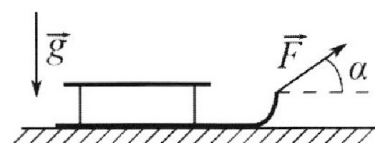
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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!

Дано: $\alpha = 45^\circ$
 $L = 20 \text{ м}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $v_0 = ?$

Уравнение движения:
 $\vec{r} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$
 $OX: L = v_0 \cos \alpha \cdot t \Rightarrow t = \frac{L}{v_0 \cos \alpha}$
 $OY: 0 = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2} \Rightarrow \frac{g t^2}{2} = v_0 \sin \alpha \cdot t$
 $\Rightarrow \frac{g t}{2} = v_0 \sin \alpha \Rightarrow$
 $\Rightarrow \frac{g L}{2 v_0 \cos \alpha} = v_0 \sin \alpha, v_0^2 = \frac{g L}{\sin 2\alpha} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{g L}{\sin 90^\circ}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 20}{1}} = 10 \sqrt{2} \text{ м/с}$

Дано: нач. скорость v_0
 $H = 3.6 \text{ м}$ - максимальная высота удара
 $S = 1$

Уравнение движения:
 $\vec{r} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$
 $OX: v_0 \cos \beta \cdot t = S$
 $OY: h = v_0 \sin \beta \cdot t - \frac{g t^2}{2}$
 $t = \frac{S}{v_0 \cos \beta}$
 $(3); (2): h = v_0 \sin \beta \cdot \frac{S}{v_0 \cos \beta} - \frac{g \left(\frac{S}{v_0 \cos \beta} \right)^2}{2}$
 $\Rightarrow h = S \tan \beta - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} \Rightarrow [\sin^2 \beta + \cos^2 \beta = 1 \Rightarrow \tan^2 \beta + 1 = \frac{1}{\cos^2 \beta} \Rightarrow \cos^2 \beta = \frac{1}{\tan^2 \beta + 1}]$
 $\Rightarrow h = S \tan \beta - \frac{g S^2 (\tan^2 \beta + 1)}{2 v_0^2} \Rightarrow h = S \tan \beta - \frac{g S^2 \tan^2 \beta}{2 v_0^2} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} = -\frac{g S^2 \tan^2 \beta}{2 v_0^2} + S \tan \beta - \frac{g S^2}{2 v_0^2}$
 $h_{\text{максимальная}} \text{ при } \tan \beta = \frac{S}{\frac{g S^2}{v_0^2}} = \frac{v_0^2}{g S}$
 $\text{т.е. } H = -\frac{g S^2 \frac{v_0^4}{g^2 S^2}}{2 v_0^2} + S \frac{v_0^2}{g S} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} = -\frac{v_0^2}{2 g} + \frac{v_0^2}{g} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} = \frac{v_0^2}{2 g} - \frac{g S^2}{2 v_0^2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

$$\text{т.е. } H = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2V_0^2} \Leftrightarrow \frac{gS^2}{2V_0^2} = \frac{V_0^2}{2g} - H \Leftrightarrow S^2 = \frac{V_0^4}{g^2} - \frac{2H V_0^2}{g} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow S = V_0 \sqrt{\frac{V_0^2}{g^2} - \frac{2H}{g}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} \sqrt{\frac{200 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} - \frac{2 \cdot 3,6 \text{ м}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} \sqrt{2 \cdot 2 - 0,72} =$$

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

$$\text{Ответ: } V_0 = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} ; S = 16 \text{ м}$$

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

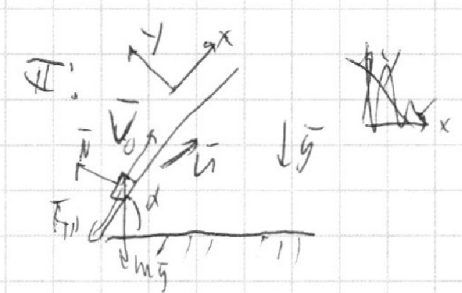
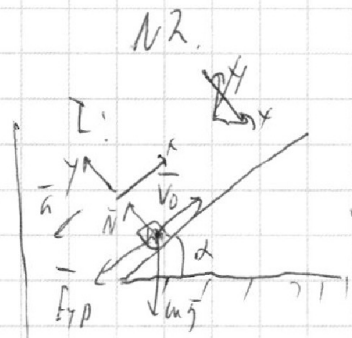
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

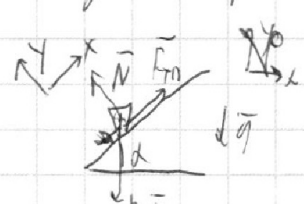
Дано: $\sin \alpha = 0,6$
 $v_0 = 6 \text{ м/с}$; $\mu = 0,5$
 1) $T = ?$; $S = ?$
 2) $U = ?$; $v_0 = 6 \text{ м/с}$
 $v_k = U$; $T = ?$
 3) $v_k = 0$; $L = ?$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$



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

$\times$ показываем коробку на неровной линии.

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



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

$$Oy: N = mg \cos \alpha \Rightarrow$$

3-4 блок наклонный: $F_{TP} \leq \mu N \Rightarrow F_{TP} \leq \mu mg \cos \alpha$

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

$0,75 \geq \frac{0,6}{0,8} = 0,75 \geq 0,6$ (7!) т.е. равновесие должно быть ~~возможно~~ (для данного μ и α)

т.е. $F_{TP} = \mu mg \cos \alpha$ в каком направлении?

I: 3-4 блок наклонный: $m\vec{g} + \vec{F}_{TP} + \vec{N} = m\vec{a}$ $Ox: F_{TP} + mg \sin \alpha = ma \quad (2)$

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

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

через $T = \tau$: $Ox: v_{kv} - v_0 = -a \tau$

$\vec{F}_{TP}$ направлена по направлению пути
 $\vec{v}$ и Ox совпадают; 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
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$x: V=0 \quad 0-V_0 = -a \Delta t_1 \approx V_0 = a \Delta t_1 \Rightarrow \Delta t_1 = \frac{V_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{6 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2 (0,4 + 0,6)} =$$

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

вм $\vec{F}_{TP} \uparrow \uparrow O\vec{x}$, то $\vec{F}_{TP} \uparrow \uparrow O\vec{x}$ тогда: ОУ: $F_{TP} - mg \sin \alpha = -ma_2$ т.

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

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

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

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

$$= 1,8 \text{ м} + 0,16 \text{ м} = 1,96 \text{ м}$$

2) до момента, когда $V=U: 2 \text{ м/с}$ $V > U \Rightarrow \vec{F}_{TP} \uparrow \uparrow O\vec{x}$ $\vec{a} \uparrow \uparrow O\vec{x}$

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

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

$$= 0,4 \text{ с}$$

во время $\vec{F}_{TP} \uparrow \uparrow O\vec{x}$, поэтому: $F_{TP} - mg \sin \alpha = -ma_2$, $a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = a_2$

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

$$\Rightarrow \Delta t_3 = \frac{U}{a_2} = \frac{U}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} = \frac{2 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,4} = \frac{1}{2} \text{ с} = 0,5 \text{ с}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2
✗3
□4
□

5

6

7
□

МФТИ

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

$$L = \int_{\text{top}} \int_{\text{bottom}} V_0 T_1 - \frac{a_1 T_1^2}{2} - \frac{a_2 T_2^2}{2} = 0.01 \cdot 0.01 \cdot 0.01 - \frac{10^{-12} (0.01 \cdot 0.01 + 0.01 \cdot 0.01)^2}{2} - \frac{10^{-12} (0.01 \cdot 0.01 + 0.01 \cdot 0.01)^2}{2} =$$

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

zameenan, mo nage V ovom domu polet u enji poz, enja $\bar{V} \bar{I} \bar{I}$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} \omega^2 \right) = \omega \frac{d\omega}{dt} = \omega \cdot \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi\omega}{T} = \frac{2\pi \cdot 1.41}{2.0} = 4.4 \text{ rad/s}^2$$

$$= 1 \text{ L}$$

znomen by T_1 nomen dom eni ogy znomen $T_1(2) = T_1 + t_1 t_2 =$

$$= 0,5(1 + 1) = 1,5$$

Problem: $S = 1,96 \text{ m}$; $T_1 = 0,5^\circ\text{C}$ und $T_2 = 1,5^\circ\text{C}$; $L = 2,5 \text{ m}$

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

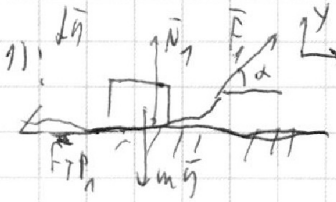
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

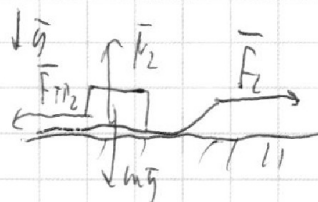
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

Дано: $K; S_1 = S_2$
 $\alpha; F_1 = F_2$
 g, m
 $\mu = ?$
 $f_{тр} = ?$

1) $\downarrow \vec{g}$

 $N(1) - \text{земли}$

2) $\downarrow \vec{g}$

 $N(2) - \text{земли}$

3-4 $\text{Условия равновесия:}$

3-4 $\text{Условия равновесия:}$

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

$$\vec{F}_2 + \vec{N}_2 + m\vec{g} + \vec{F}_{тр2} = m\vec{a}$$

Уг: $N_1 + F_1 \sin \alpha - mg = 0 \Rightarrow N_1 = mg - F_1 \sin \alpha$
 Уг: $N_2 = mg$

3-4 $\text{Условия равновесия: } F_{тр} = \mu N$

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

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

($F = F_1 = F_2$)

~~8. отмена измерения~~ f - от измерения F_k : $\Delta F_k \neq \Delta f$

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

($F = F_1 = F_2$)

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

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

$K = R_{1x} S_1$
 $K = R_{2x} S_1$

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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



№ 4.

Дано: 1 график $\left(\frac{C}{R} \left(\frac{T}{T_1}\right)\right)$
 $\rho = \rho_0$
 $\rho = 1 \text{ мм}$

выз - однородная, из

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

A_{21} найти - ?

η - ? ; $\frac{P}{P_1} \left(\frac{V}{V_1}\right)$ - ?

выз - из. $\Rightarrow$ (из - Клапейрон - Менделеев): $pV = \nu RT$

$\pm$ закон сохранения энергии: $U = A + Q$

1-2: $C_{V2} = 3,5 R$

$\frac{T_2}{T_1} = 8 \Rightarrow T_2 = 8 T_1$

$U = \frac{\nu}{2} RT \Rightarrow$

$\Rightarrow U_2 = \frac{\nu}{2} \nu R T_2$

$C_{V2} = \frac{Q_{21}}{\nu T_2 \cdot \nu} \Rightarrow$

$Q_{21} = \nu T_2 C_{V2} = (8 T_1 - T_1) \nu (3,5 T_1 \nu C_{V2})$

$Q_{21} = Q_H$

$U = A + Q \Rightarrow \frac{\nu}{2} \nu R T_2 = A_{21} + Q_{21} \Rightarrow$

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

$= \nu R T_1 \left(\frac{1}{2} - 49\right) = 0$

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

2-3: $C_{V3} = 0,5 R$ $T_2 = 8 T_1$; $T_3 = 4 T_1$

$Q_{23} = Q_{23} \nu T_3 \nu = 0,5 R \nu (T_3 - T_2) = 0,5 R \nu (-4 T_1) = -0,5 R \nu 4 T_1 = -2 \nu R T_1$

Q_{23} не равно Q_H

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

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

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

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: $Q_{31} = 2R$

$Q_{31} = \int C_{31} \Delta T_{31} = \int 2R \cdot (1-3T_1) = -6 \int R T_1 < 0 \Rightarrow Q_{31} - \text{не равно } Q_{41}$

$U = A + Q \Rightarrow Q_{31} = A_{31} + Q_{31} \Rightarrow A_{31} = \frac{1}{2} \int R_0 T - Q_{31} = \frac{1}{2} \int R (-3T_1) + 6 \int R T_1 =$
 $= \int R T_1 (6 - \frac{3}{2})$

т.е. $A_{31} = \int R T_1 (6 - \frac{3}{2})$; $Q_{31} - \text{не } Q_{41}$ $A_{31} = \int R T_1 (6 - \frac{3}{2}) = 2000 \cdot 200 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$

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

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

$= 1662 \text{ Дж} (6 - \frac{9}{2}) = 1662 \text{ Дж} \cdot \frac{3}{2} = 831 \cdot 3 \text{ Дж} = 2493 \text{ Дж}$

$\eta = \frac{A^{\uparrow}}{Q_H} = \frac{-A^{\downarrow}}{Q_H} = \frac{-(A_{31} + A_{41} + A_{11})}{Q_{41}} = \frac{-(0 + -4 \int R T_1 + \frac{3}{2} \int R T_1)}{\frac{21}{2} \int R T_1} =$

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

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

$\oint A = p dV$

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

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

$\Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = 8 \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = 1$

2-3: ~~$\oint A = \int R dU = \oint Q + \oint A \Rightarrow \oint A = \int R dQ = \frac{1}{2} \int R dT - \frac{1}{2} \int R dT = \frac{1}{2} \int R dT (\frac{1}{2} - \frac{1}{2})$~~

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

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

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!

1.0. 1-3 - изотерма.

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_2 = \nu R T_2 \\ p_3 V_3 = \nu R T_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_2 = \nu R T_2 \\ p_3 V_3 = \nu R T_3 \end{cases} \Rightarrow \frac{V_3}{V_1} = \frac{T_3}{T_1} = \frac{1}{8} \Rightarrow \frac{V_3}{V_1} = \frac{1}{8}$$

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

$$1-2, \delta A = p dV$$

$$\delta H = \delta A + \delta Q \Rightarrow \delta A = \delta H - \delta Q = \frac{3}{2} \nu R dT - \nu C_{V,1} dT = \nu R dT \left(\frac{3}{2} - 1 \right) = \nu R dT \left(-\frac{1}{2} \right) = -\frac{\nu R}{2} dT$$

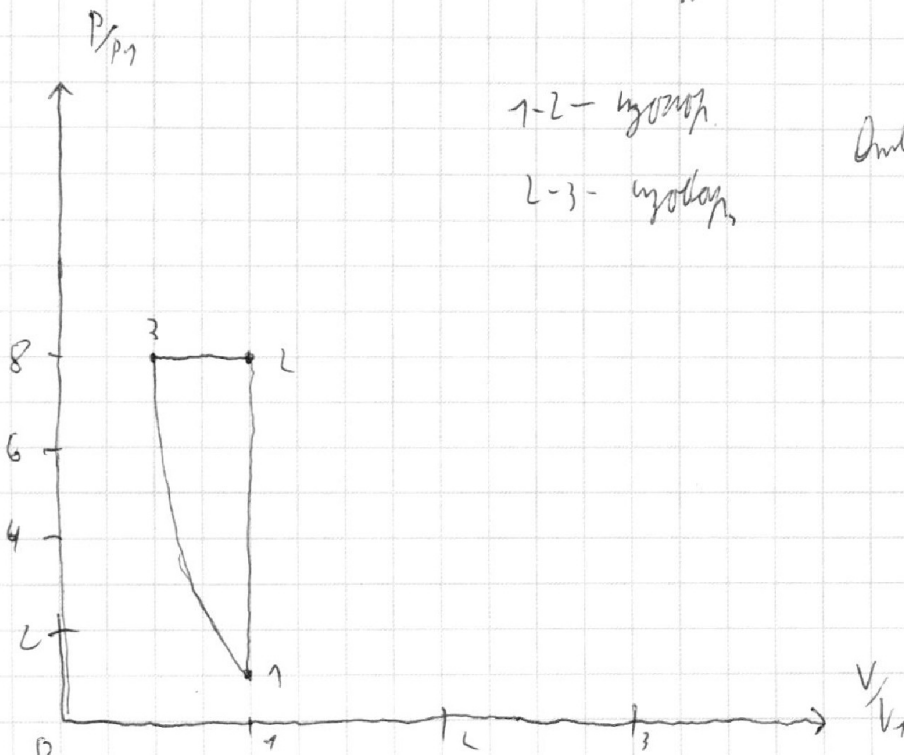
$$\delta A = -\frac{\nu R}{2} dT$$

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

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

$$\Rightarrow p dV = -\frac{\nu R}{2} dT \Rightarrow p dV = -\frac{\nu R}{2} \frac{p dV + V dp}{p} \Rightarrow \frac{2}{3} p dV = -V dp \Rightarrow \frac{dp}{p} = -\frac{2}{3} \frac{dV}{V}$$

$$\Rightarrow \frac{dp}{p} = -\frac{2}{3} \frac{dV}{V} \Rightarrow \int_{p_1}^{p_3} \frac{dp}{p} = -\frac{2}{3} \int_{V_1}^{V_3} \frac{dV}{V} \Rightarrow \ln \frac{p_3}{p_1} = -\frac{2}{3} \ln \frac{V_3}{V_1} \Rightarrow \ln \frac{p_3}{p_1} = -\frac{2}{3} \ln \frac{1}{8} \Rightarrow \ln \frac{p_3}{p_1} = \frac{2}{3} \ln 8 \Rightarrow \frac{p_3}{p_1} = 8$$



1-2 - изотерма

2-3 - изохора

$$\text{Answer: } A_{31} = 2493 \text{ Дж}$$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



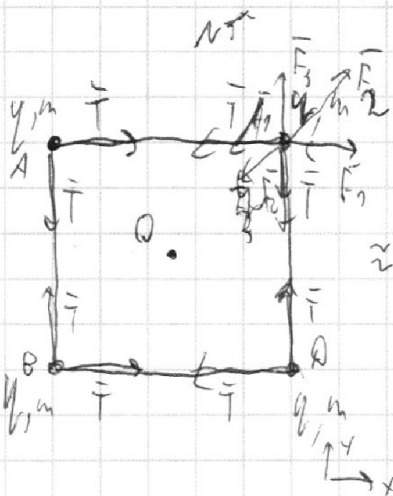
Дано:

a, T, ϵ_0

$|q| = ?$

$K = ?$

$d = ?$



$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad \text{[мНв]} \quad \text{[вольтметр]}$$

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

и правый верхний заряд.

Решение:

$$\vec{F}_3 + \vec{F}_1 + \vec{F}_4 + \vec{F}_2 = \vec{0}$$

$$\text{взаимно } F_1 = F_3 = \frac{q^2}{\epsilon_0 a^2}$$

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

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

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

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

~~и т.д. в общем случае не так: не так не так~~

3) (7: $\Delta E_k + \Delta E_n = 0$ (т.е. [крит. энергии излучения и т.д.] равна 0)

или симметрично) $\Rightarrow 2 F_k + 2 F_k + (F_n - F_n) = 0$

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

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!

т) [корпус в центре, ~~то~~ на расстоянии L] максимальная скорость, на которой может двигаться; но т.к. движение гармоническое: $\frac{2\pi \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{1}{T}}{4\pi} = 0 \Rightarrow V_2 = -V_1 =$

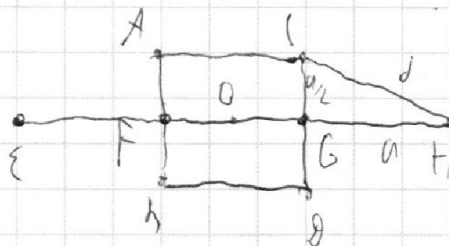
$$\Rightarrow V_L = V_1 \text{ bei } \text{maximal} \Rightarrow [K_1 = K_L] \Rightarrow 4 E_K + \frac{q^2}{\epsilon_0 a} \left(6 + 2 + \frac{2}{3} + 8 + \frac{4}{V_L} \right) = 0$$

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

$$\Rightarrow 4 E_k = \frac{T a}{1 + \frac{1}{2v_2}} \left(\frac{4}{v_2} - \frac{2}{3} \right) \Rightarrow E_k = \frac{T a}{1 + \frac{1}{4v_2}} \left(\frac{4}{v_2} - \frac{1}{6} \right) \Rightarrow K = \frac{T a \left(\frac{4}{v_2} - \frac{1}{6} \right)}{1 + \frac{1}{2v_2}} \quad a =$$

$$= \frac{T_a \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)}{\sqrt{2} + \frac{1}{2}} = \frac{T_a \left(2 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right)}{2\sqrt{2} + 1}$$

20 f. 0 genommen $Q_v = \text{const}$



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

Problem: $|q| = a \sqrt{\frac{T \epsilon_0}{1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}}}} = a \sqrt{\frac{T \epsilon_0 \cdot 2\sqrt{2}}{2\sqrt{2} + 1}} = a \sqrt{\frac{T \epsilon_0 \cdot 4}{4 + \sqrt{2}}}}$

$$K = \frac{T_a(2 - \frac{\sqrt{2}}{3})}{2\sqrt{2} + 1} = \frac{T_a(2\sqrt{2} - \frac{2}{3})}{4 + \sqrt{2}}$$

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