

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

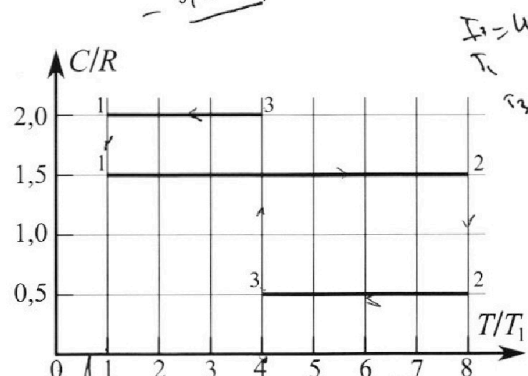
Вариант 10-02

Во всех задачах в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

$$\begin{array}{r} 831 \\ \times 3 \\ \hline 2493 \end{array}$$

5,500

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 $T_1 = 200$ K, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·K).



1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.

~~Handwritten scribbles~~

$$\begin{aligned} p_1 V_1 &= \nu R T_1 \\ p_2 V_1 &= \nu R T_2 \end{aligned}$$

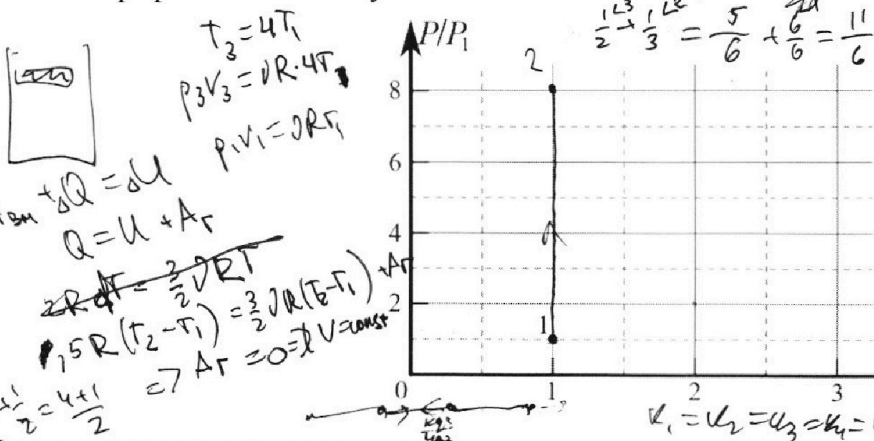
$$T_2 = \frac{p_2 V_1}{\nu R}$$

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.

Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



$$\begin{aligned} dA &= \frac{1}{2} \kappa q \cdot dl \\ A &= \kappa q \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{p_2}{p_1} &= \frac{T_2}{T_1} = 8 \\ p_2 &= \frac{\nu R T_2}{V_1} = 8 p_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sqrt{2}} &= \frac{\sqrt{2}}{2} \\ 3 + 1,5 &= 4,5 \end{aligned}$$

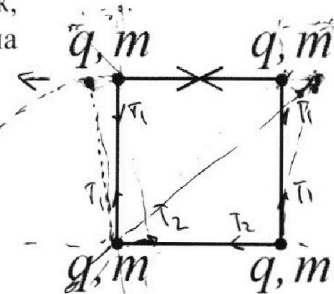
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной a (см. рис.). Сила натяжения каждой нити T .

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.



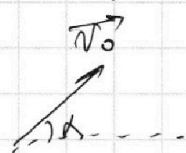
$$\begin{aligned} -40 \text{ Дж} - 115 \text{ Дж} &= 3 \text{ Дж} \\ \frac{40}{2} &= 20 \\ \frac{3}{2} \kappa N T &= \frac{3}{2} \nu R T \\ 24 + 65 &= 26 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_3 V_3 &= \nu R T_3 = \nu R \cdot 4 T_1 \\ \frac{p_3 V_3}{p_1 V_1} &= 4 \\ \frac{p_3 V_3}{p_1 V_1} &= 4 \end{aligned}$$

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!

№ 1.



1) Запишем ур-я на коор-тах:

$$L = v_0 \cos \alpha t$$

$$0 = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

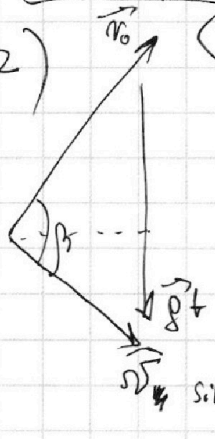
$$\frac{gt}{2} = v_0 \sin \alpha \quad (t \neq 0)$$

$$t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \Rightarrow L = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow v_0^2 = \frac{Lg}{\sin 2\alpha} = Lg \quad (\text{т.к. } \alpha = 45^\circ)$$

$$v_0 = \sqrt{Lg} = \sqrt{20 \cdot 10} = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$$

2)



Заметим, что:

$$S_{\text{средн. линия скоростей}} = \frac{1}{2} v_0 v \sin \beta = \frac{1}{2} g t \cdot \frac{L_x}{t}$$

время высота

По 3.с.з.:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh \Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 - 2gh}$$

$$v_0 \sin \beta \cdot v_0 \sqrt{v_0^2 - 2gh} = g \cdot \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{L_x}$$

$$v_0^2 - 2gh = \frac{v_0^2 \sin^2 2\alpha}{\sin^2 \beta}$$

$$2gh = v_0^2 - \frac{v_0^2 \sin^2 2\alpha}{\sin^2 \beta} \Rightarrow h = \frac{1}{2g} \left(v_0^2 - \frac{v_0^2 \sin^2 2\alpha}{\sin^2 \beta} \right)$$

Заметим, что всё, кроме $\sin \beta$ — это константа, $\Rightarrow$

$\Rightarrow h_{\text{max}}$ при $\frac{v_0^2 \sin^2 2\alpha}{\sin^2 \beta} - \text{мин.} \Rightarrow \sin^2 \beta - \text{мин.} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \sin^2 \beta = 1, \quad \beta = 90^\circ.$$



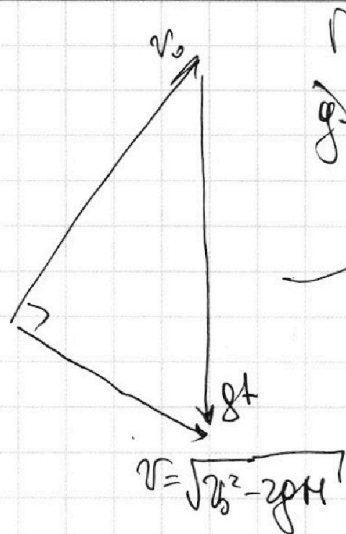
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



~~По теор. Пирр.:
 $g t = \sqrt{v_0^2 - 2gH} = \sqrt{2v_0^2 - 2gH}$~~

~~$t = \frac{\sqrt{2v_0^2 - 2gH}}{g}$~~

№1 - ПРОДОЛЖЕНИЕ.

Тогда:

~~$\frac{1}{2} v_0 v \sin \beta = \frac{1}{2} g t \frac{L_x}{v}$~~

$v_0 \sqrt{v_0^2 - 2gH} = g L_x$

$L_x = \frac{v_0 \sqrt{v_0^2 - 2gH}}{g}$

$L_x = \frac{10\sqrt{2} \cdot \sqrt{200 - 2 \cdot 10 \cdot 3,6}}{10}$

$L_x = \frac{\sqrt{400 - 4 \cdot 36}}{1} = \sqrt{20^2 - 12^2} = \sqrt{(20-12)(20+12)} = \sqrt{8 \cdot 32} = 16(m)$

Ответ: 1) $v_0 = \sqrt{L g T} = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$

2) $L_x = \frac{v_0 \sqrt{v_0^2 - 2gH}}{g} = 16(m)$

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!

№2 - продолжение.

$$S = \frac{v_0^2}{2(\mu g \cos \alpha + g \sin \alpha)} - \frac{g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha}{2} \left(T - \frac{v_0}{\mu g \cos \alpha + g \sin \alpha} \right)^2 =$$

$$= \frac{36}{2 \cdot 10} - \frac{10 \cdot 0,6 - 4}{2} \left(1 - \frac{6}{10} \right)^2 = 1,8 - 0,4^2 = 1,8 - 0,16 = 1,64 \text{ м}$$

2) ПЕРЕСАЖЕМ В И.С.О. ЛЕНТЫ ($u = 1 \text{ м/с} = \text{const}$). Получили ЗАДАЧУ, АНАЛОГИЧНУЮ п.1): ~~только~~ $\sin \alpha = 0,6$, $\mu = 0,5$, $v_0' = v_0 \rightarrow u = 6 - 1 = 5 \text{ м/с}$
 $v_{\text{отн}}$ в с.о. ЛЕНТЫ

ТОГДА:

$$N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = ma_1; F_{\text{тр}} = \mu N$$

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

$$\Rightarrow \cancel{F_{\text{тр}}} v' = v_0' - a_1 T_1 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cancel{F_{\text{тр}}} = \frac{v_0'}{a_1} = \frac{v_0 - u}{\mu g \cos \alpha + g \sin \alpha} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ (с)}$$

При этом:

$$v' = 0, \Rightarrow \text{в АБСО ЛЮТНОЙ С.О.: } v = v' + u = 1 \text{ м/с}$$

3) $v_{\text{абс}} = 0 \text{ м/с} \Rightarrow$ в К.О. ЛЕНТЫ: $v_3 = v_4 - u = 0 - 1 = -1 \text{ м/с}$ - т.е. ТЕЛО ~~РАЗВЕРНУ~~ ЗАГОРМОЗИЛО И ПОЕХАЛО ОБРАТНО.

АТЛ-МО В И.С.О. ЛЕНТЫ:

$$N = mg \cos \alpha$$

$$\mu mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma_2$$

$$|v_3| = a_2 T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{|v_3|}{a_2}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

№2 - продолжение

т.к. лента - ~~идеальная~~ и.с.о. $\Rightarrow$ ускорение в и.с.о. =
ускорению в лабораторной. Получаем:

$$S_1 = v_0 T_1 - \frac{a_1 T_1^2}{2} = 6 \cdot \frac{1}{2} - 5 \cdot \frac{1}{4} = 1,75 \text{ (м)}$$

по $v=U=1 \text{ м/с}$

$$S_2 = U T_2 - \frac{a_2 T_2^2}{2} = U \cdot \frac{|v_3|}{a_2} - \frac{a_2}{2} \frac{v_3^2}{a_2^2} = \frac{1 \cdot 1}{2} - \frac{1}{2 \cdot 2} = \frac{1}{4} \text{ (м)}$$

$$S_2 = 0,25 \text{ (м)}$$

$$S = S_1 + S_2 = 0,25 + 1,75 = 2 \text{ (м)}$$

Ответ: 1) $S = \frac{v_0^2}{2(\mu g \cos \alpha + g \sin \alpha)} - \frac{g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha}{2} \left(t - \frac{v_0}{\mu g \cos \alpha + g \sin \alpha} \right)^2 = 1,64 \text{ (м)}$

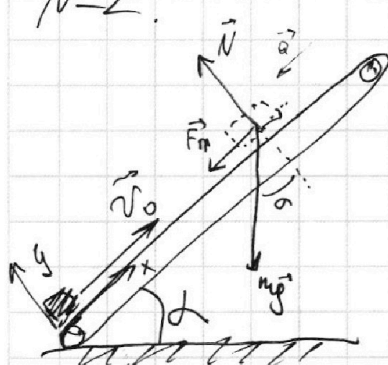
2) $T_1 = \frac{v_0 - U}{\mu g \cos \alpha + g \sin \alpha} = 0,5 \text{ (с)}$

3) $S = v_0 T_1 - \frac{a_1 T_1^2}{2} + U T_2 - \frac{a_2 T_2^2}{2} = 2 \text{ (м)}$

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!

№2.



1) Рассмотрим такой момент, когда ~~допустим, что к моменту времени T~~ коробка не успеет затормозиться и поехать в другую сторону. Тогда, по II з.Н.:

$$N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = ma_1; F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = ma_1$$

Получаем, что $v=0$ будет в момент:

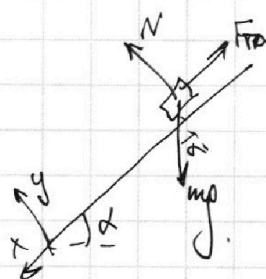
$$v = v_0 - a_1 t = 0; t = \frac{v_0}{a_1} = \frac{v_0}{\mu g \cos \alpha + g \sin \alpha} = \frac{6}{0,5 \cdot 10 \cdot \sqrt{1-0,6^2} + 10 \cdot 0,6} = \frac{6}{\frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 0,8 + 6} = \frac{6}{4+6} = 0,6 \text{ (с)} < T = 1 \text{ (с)}, \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ к моменту $T=1 \text{ (с)}$ тело уже успеет затормозиться. Заметим, что если тело не поедет после остановки:

$$mg \sin \alpha = F_{\text{тр}} \leq \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$\sin \alpha \leq \mu \cos \alpha; \mu \geq \tan \alpha, \text{ но } \mu \neq$$

$$\mu \geq \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{0,6}{0,8} = \frac{3}{4} > \frac{1}{2}, \Rightarrow \text{тело поедет.}$$



Аналогично по II з.Н. получаем:

$$N = mg \cos \alpha$$

$$mg \sin \alpha - \mu N = ma_2$$

$$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma_2;$$

$$a_2 = \cancel{g \sin \alpha} - \mu g \cos \alpha$$

Тогда:

$$S = v_0 t - a_1 \frac{t^2}{2} - a_2 \frac{(T-t)^2}{2} = \frac{v_0^2}{a_1} - \frac{v_0^2}{2a_1} - \frac{a_2}{2} \left(T - \frac{v_0}{a_1} \right)^2 = \frac{v_0^2}{2a_1} - \frac{a_2}{2} \left(T - \frac{v_0}{a_1} \right)^2$$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

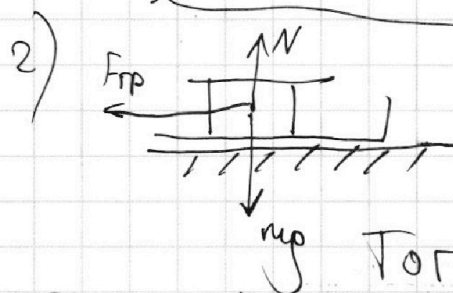
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№3 - проволочные.

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

$$\cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1; \mu \sin \alpha = 1 - \cos \alpha \Rightarrow$$

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



После прекращения действия
внешней силы, по II з.н.:

$$N = mg$$

$$F_{\text{тр}} = m a_{\text{т}} = \mu mg \Rightarrow a_{\text{т}} = \mu g$$

Тогда:

$$v_k = 0 = v - a_{\text{т}} t \Rightarrow t = \frac{v}{a_{\text{т}}}$$

конечная
скорость

$$k = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2k}{m}}$$

$$t = \frac{1}{\mu g} \sqrt{\frac{2k}{m}} = \frac{\sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)} \sqrt{\frac{2k}{m}}$$

$$S = vt - \frac{at^2}{2} = \sqrt{\frac{2k}{m}} \cdot \frac{\sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)} \sqrt{\frac{2k}{m}} - \frac{a}{2} \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{g^2(1 - \cos \alpha)^2} \cdot \frac{2k}{m}$$

$$S = \frac{2k}{mg} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha} - \frac{\mu g \cdot k}{m} \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{g^2(1 - \cos \alpha)^2} =$$

$$= \frac{2k}{mg} \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha} - \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot \frac{k}{mg} \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{(1 - \cos \alpha)^2} = \left[\frac{k \cdot \sin \alpha}{mg \cdot (1 - \cos \alpha)} \right]$$

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

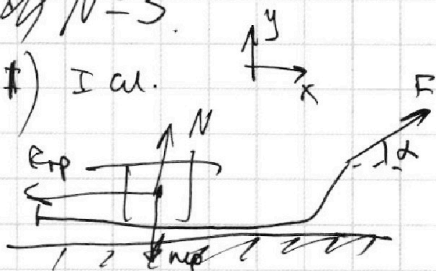
2) $S = \frac{k}{mg} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$

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.

1) I сл.



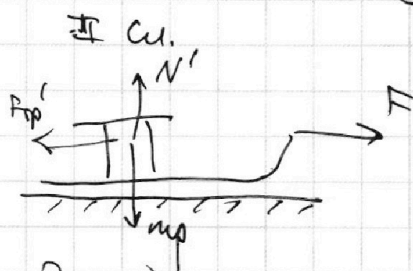
по II з.м.

$$N + F \sin \alpha = m g \Rightarrow N = m g - F \sin \alpha$$

$$F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = m a_1$$

$$F \cos \alpha - \mu N = F \cos \alpha - \mu m g + \mu F \sin \alpha = m a_1$$

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



по II з.м.:

$$N' = m g$$

$$F - F_{\text{тр}} = m a_2; F - \mu m g = m a_2$$

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

Заметим, что движение и в первом, и во втором случаях — равноускоренное, т.е.:

$$S_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2}; \text{ где } v = a_1 t_1, t_1 = \frac{v}{a_1}, \text{ — скорость по которой мы разбегаемся сами}$$

$$S_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2} \Rightarrow S_1 = \frac{a_1}{2} \cdot \frac{v^2}{a_1^2} = \frac{v^2}{2 a_1}; S_1 a_1 = \frac{v^2}{2}$$

$$S_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2}; v = a_2 t_2; t_2 = \frac{v}{a_2} \Rightarrow S_2 = \frac{a_2}{2} \cdot \frac{v^2}{a_2^2} = \frac{v^2}{2 a_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow S_1 a_1 = \frac{v^2}{2} = S_2 a_2$$

По усл. $S_1 = S_2 \Rightarrow a_1 = a_2$

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

№4,

$$1) A_{ВН} + \Delta Q = \Delta U$$

$$A_{ВН} + 2R(t_3 - t_1) = \frac{3}{2} \nu R(T_3 - T_1)$$

$$A_{ВН} = \frac{3}{2} \nu R(4T_1 - T_1) - 2R(4T_1 - T_1) =$$

$$= 1,5 \cdot 3T_1 R - 2 \cdot 3T_1 R = 4,5 RT_1 - 6 RT_1 = -1,5 RT_1$$

$$A_{ВН} = -1,5 \cdot 8,31 \cdot 200 = -3 \cdot 831 = -2493 \text{ (Дж)}$$

2) Рассмотрим процесс 1-2:

$$A_{ВН} + \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_{ВН} = 0 \Rightarrow V = \text{const} \Rightarrow V_2 = V_1;$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

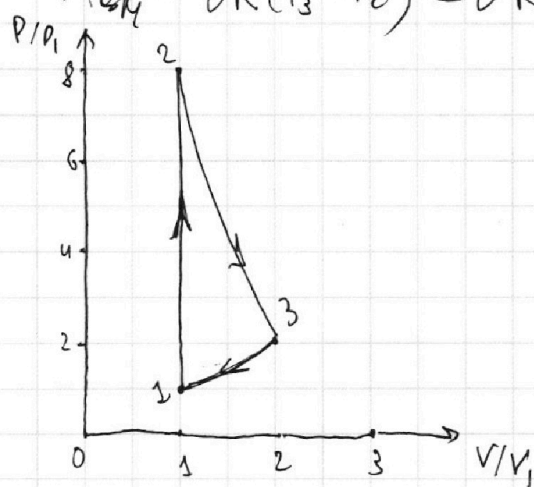
$$P_2 \frac{V_1}{V_2} = \nu R T_2 = \nu R \cdot 8T_1 \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{8T_1}{T_1} = 8$$

— получаем точку на графике (см. рис.)

2-3:

$$A_{ВН} + \frac{1}{2} \nu R(T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \nu R(T_3 - T_2)$$

$$A_{ВН} = \nu R(T_3 - T_2) = \nu R(-4T_1) = -4 \nu R T_1$$



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!

2) $Q_{12} = \frac{3}{2} \sigma R \cdot (8T_1 - T_1) = \frac{21}{2} \sigma R T_1$ №2 - продолжение

$$Q_{23} = \frac{1}{2} \sigma R (4T_1 - 8T_1) = -2 \sigma R T_1$$

$$Q_{31} = 2 \sigma R (T_1 - 4T_1) = -6 \sigma R T_1$$

При этом:

$$\eta = \frac{Q_{31} - Q_{23}}{Q_{31}} = \frac{-6 + 2}{-6} = \frac{-4}{-6} = \frac{2}{3} \approx 66,6\%$$

Ответ: 1) $A_{\text{пр}} = -2493 \text{ (Вт)}$
2) $\eta \approx 66,6\%$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

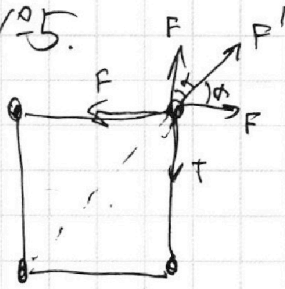
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



Nº5.



1) По II з.м.:

$$F + F' \cos \alpha = T$$

$$F = \frac{kq^2}{a^2}; \quad F' = \frac{kq^2}{2a^2}$$

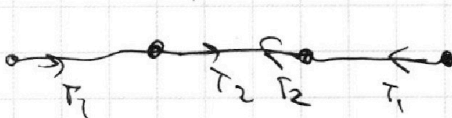
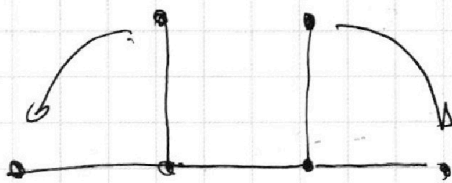
$$F + F' \cos \alpha = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{kq^2(4+\sqrt{2})}{4a^2} = T$$

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \Rightarrow T = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{kq^2(4+\sqrt{2})}{4a^2}$$

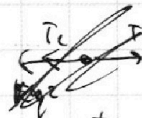
$$|q| = \sqrt{\frac{16\pi\epsilon_0 a^2 T}{4+\sqrt{2}}}$$

2)

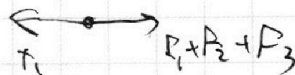
По 3.С.Э.:



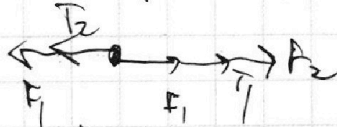
~~4K~~
~~у всех шариков одинак. кин. энергия, т.к. они связаны нитями и имеют равные массы~~



$$T_1 = \frac{kq^2}{a^2} \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{4} + 1 \right) = \frac{49}{36} \frac{kq^2}{a^2}$$



$$F_1 + T_2 = F_1 + T_1 + F_2$$



$$T_2 = \left(\frac{49}{36} + \frac{1}{4} \right) \frac{kq^2}{a^2} = \frac{58}{36} \frac{kq^2}{a^2}$$

По 3.С.Э.:

$$\left(\frac{kq^2}{a} \cdot 2 + \frac{kq^2}{\sqrt{2}a} \right) \cdot 4 = 4K_{\text{кин}} + \frac{kq^2}{a} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \right) \cdot 2 + \frac{kq^2}{a} \left(1 + 1 + \frac{1}{2} \right) \cdot 2$$

~~у всех шариков одинак. кин. энергия, т.к. они связаны нитями и имеют равные массы~~

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!

$$\frac{\kappa q^2}{a} \cdot \frac{4+\sqrt{2}}{2} \cdot 4 = 4K_{\text{мин}} + \frac{\kappa q^2}{a} \left(\frac{11 \cdot 2}{6} + 5 \right) =$$

$$24K_{\text{мин}} + \frac{\kappa q^2}{a} \cdot \frac{26}{3}$$

$$4K_{\text{мин}} = \frac{\kappa q^2}{a} \left(\frac{16\sqrt{2}}{3} + 2\sqrt{2} - \frac{26}{3} \right) = \frac{\kappa q^2}{a} \cdot \frac{6\sqrt{2}-2}{3}$$

$$K_{\text{мин}} = \frac{q^2}{a} \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{6\sqrt{2}-2}{3} = \frac{q^2}{a\pi\epsilon_0} \cdot \frac{3\sqrt{2}-1}{24}$$

Ответ: 1) $|q| = \sqrt{\frac{16\pi\epsilon_0 a^2 T}{4+\sqrt{2}}}$

2) $K_{\text{мин}} = \frac{q^2}{a\pi\epsilon_0} \cdot \frac{3\sqrt{2}-1}{24}$

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!



$$Q_{12} = \frac{3}{2} \sigma R \cdot 7 T_1 = \frac{21}{2} \sigma R T_1$$

$$Q_{23} = \frac{1}{2} \sigma R (4 T_1 - 8 T_1) = \frac{1}{2} \sigma R (-4 T_1) = -2 \sigma R T_1$$

$$Q_{31} = 2 \sigma R (T_1 - 4 T_1) = -6 \sigma R T_1$$

Черновик

$$\frac{-6 + 2}{-6} = \frac{-4}{-6} = \frac{2}{3}$$

$$\frac{-6 - \frac{21}{2}}{-6} = \frac{-6 - 10,5}{-6} = \frac{16,5}{6} > 1$$

$$\frac{-2 - 6}{-2} = \frac{-8}{-2} = 4 > 1$$

$$\frac{-2 - \frac{21}{2}}{-2} = \frac{-2 - 10,5}{-2} = \frac{12,5}{2} > 1$$

$$\frac{\frac{21}{2} + 2}{\frac{21}{2}} = \frac{21 + 4}{21} = \frac{25}{21} > 1$$

$$\frac{\frac{21}{2} + 6}{\frac{21}{2}} = \frac{21 + 12}{21} = \frac{33}{21} > 1$$

$$P = \alpha V$$

$$\alpha V^2 = \sigma R T$$

$$A = \int_{\frac{1}{S}}^{\frac{1}{s}} P S dx = \int_{\frac{1}{S}}^{\frac{1}{s}} \alpha S x \cdot S dx = \alpha S^2 \frac{x^2}{2} \Big|_{\frac{1}{S}}^{\frac{1}{s}} = \frac{\alpha S^2}{2} \left(\frac{1}{s^2} - \frac{1}{S^2} \right)$$

$$\frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{2} = \frac{\sigma R (T_2 - T_1)}{2}$$

$$m g h \Rightarrow W_p = m_2 G \frac{m_1}{R^2} \cdot A$$

$$G \frac{m_1 m_2}{R^2} \quad \quad \quad G \frac{m_1 m_2}{R^2} \quad \quad \quad \frac{\kappa q^2}{R}$$

$$V_1 = h_1 S \Rightarrow h_1 = \frac{V_1}{S}$$

$$\alpha$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

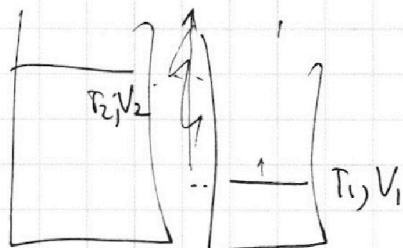
МФТИ

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

Черновик

$T = \text{const.}$

$$A_{\text{вн}} + \Delta T = \frac{3}{2}$$



$$T_2 > T_1: \quad pV_1 = \nu R T_1 \\ (V_1 > V_1) \quad pV_2 = \nu R T_2 \\ p = \text{const.}$$

$$A_{\text{вн}} + C(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

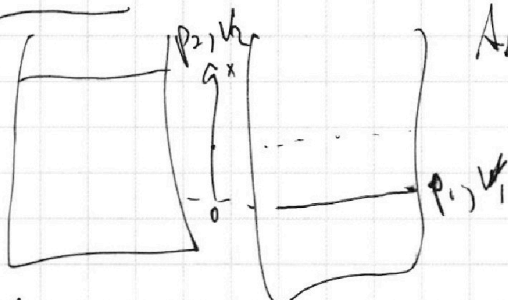
$$A_{\text{вн}} = p(V_2 - V_1) \quad \frac{3}{2} \nu R$$

$$C(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + p(V_2 - V_1) \\ \nu R (T_2 - T_1)$$

$$6 + \frac{3}{2} \cdot 7 - 2 = \frac{4 + 3 \cdot 5}{\frac{11}{2}} = \frac{8 + 7}{11} = \frac{15}{11}$$

$$C(T_2 - T_1) = \left(\frac{3}{2} + 1\right) \nu R (T_2 - T_1) \\ C = \frac{5}{2} \nu R$$

$$\frac{Q_1 - Q_3}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$



$$V_2 = V_1 + \mu S$$

$$\mu = \frac{V_2 - V_1}{S}$$

$$A_{\text{вн}} = p \Delta x$$

$$p_1 V_1 = p(V_1 + \Delta x) = pV_1 + p \Delta x$$

$$p = \frac{p_1 V_1}{V_1 + \Delta x}$$

$$A_{\text{вн}} = \int_0^{\mu} p_1 \frac{V_1}{V_1 + \Delta x} d\Delta x =$$

$$= \int_0^{\mu} p_1 \frac{d\Delta x}{1 + \frac{\Delta x}{V_1}} = \frac{p_1 V_1}{S} \int_0^{\mu} \frac{d\frac{\Delta x}{V_1}}{1 + \frac{\Delta x}{V_1}} =$$

$$2T_1 - 2 \cdot 4T_1 \\ 2 - 8 =$$

$$\frac{12}{51}$$

$$\frac{9}{14} \cdot 4 \cdot 4$$

$$1 - \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{p_1 V_1}{S} \ln \left(\frac{1 + \frac{\Delta x}{V_1}}{1 + \frac{\Delta x_0}{V_1}} \right) \Big|_0^{\mu}$$

$$\frac{\nu R (T_3 - T_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)}{-5.5 \nu R T_1} = \frac{p_1 V_1}{S} \ln \left(1 + \frac{\Delta x}{V_1} \cdot \frac{V_2 - V_1}{S} \right)$$

$$\nu R (T_2 - T_3) + \nu R (T_1 - T_3)$$

$$\frac{2T_1 - 2T_3}{-5.5 T_1} = \frac{+6T_1}{5.5 T_1}$$

$$\frac{2(4T_1 - T_1) + \frac{3}{2}(8T_1 - T_1) + \frac{1}{2}(4T_1 - 8T_1)}{-\frac{11}{2} T_1} = \frac{p_1 V_1}{S} \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

$$\nu R (T_2 - T_3 + T_1 - T_3 + T_1 - T_2)$$

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

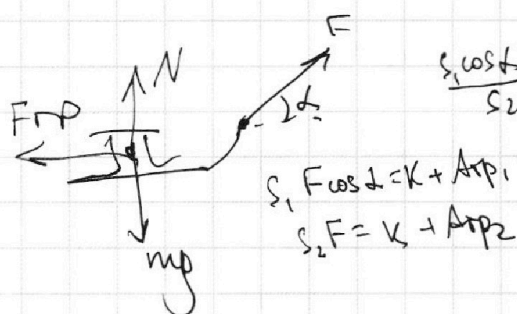
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Черновик

$$S = v_0 t_1 - \frac{a_1 t_1^2}{2} = 6 \cdot \frac{1}{2} - 5 \cdot \frac{1}{4} = 3 - \frac{5}{4} = 1,75 \text{ (м)}$$

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

$$K = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$



$$\frac{S_1 \cos \alpha}{S_2} = \frac{K + A_{f1}}{K + A_{f2}}$$

$$S_1 F \cos \alpha = K + A_{f1}$$

$$S_2 F = K + A_{f2}$$

$$F \sin \alpha + N = mg \Rightarrow N = mg - F \sin \alpha$$

$$F \cos \alpha - F_{f1} = ma_1$$

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

$$S_1 F \cos \alpha = K + \underbrace{\mu (mg - F \sin \alpha)}_{F_{f1}} S_1$$

$$N_2 = mg$$

$$F - \mu mg = ma_2$$

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

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

$$S_2 F = K + \mu mg S_2$$

$$v = a_1 t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v}{a_1} = \frac{v m}{F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha} ; t_2 = \frac{v}{a_2} = \frac{mv}{F - \mu mg}$$

$$S_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{a_1}{2} \cdot \frac{v^2}{a_1^2} = \frac{v^2}{2a_1} ; S_2 = \frac{v^2}{2a_2}$$

$$S_1 (F \cos \alpha - F_{f1}) = K = S_2 (F - F_{f2})$$

$$S_1 (F \cos \alpha - \mu F \sin \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha) = S_2 (F - \mu mg)$$

$$S_1 \cdot ma_1 = S_2 \cdot ma_2 \Rightarrow a_1 = a_2$$



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!

