



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.

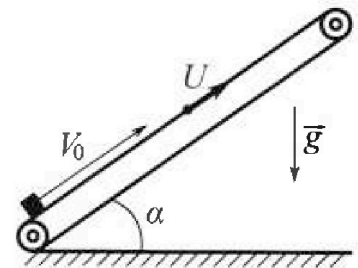
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

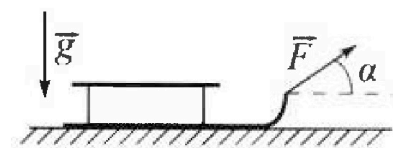
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.

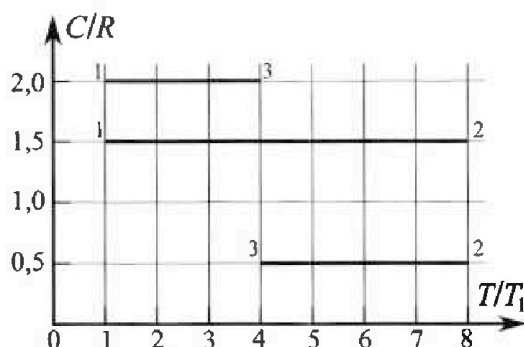
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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



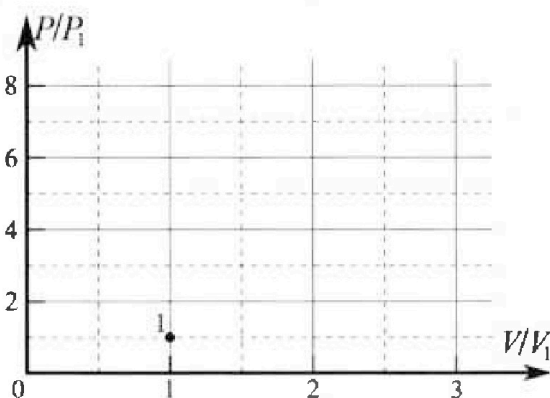
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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

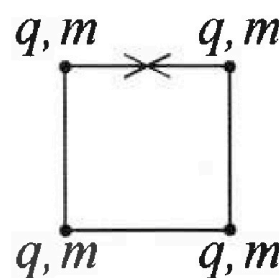
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

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)?

Элементарная постоянная ε_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



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!



~~$$\Rightarrow \frac{g \sin(\alpha)}{v_0 \cos^2(\alpha)} = \frac{g \sin(\alpha)}{v_0 \cos^2(\alpha)} = \frac{g \sin(\alpha)}{v_0 \cos^2(\alpha)} = \frac{g \sin(\alpha)}{v_0 \cos^2(\alpha)} = \frac{g \sin(\alpha)}{v_0 \cos^2(\alpha)}$$~~

$$(x^n)' = n x^{n-1} x'$$
$$\frac{1}{\cos^4(\alpha)} = 1 + \operatorname{tg}^2(\alpha) \quad \alpha = \text{const} \quad \begin{cases} (\sin(\alpha))' = \cos(\alpha) \alpha' \\ (\cos(\alpha))' = -\sin(\alpha) \alpha' \end{cases}$$
$$\Rightarrow \alpha' = 1$$
$$\left(\frac{\sin(\alpha)}{\cos(\alpha)} \right)' = \left(\sin(\alpha) \cos^{-1}(\alpha) \right)' = \sin(\alpha) (\cos^{-1}(\alpha))' + \cos^{-1}(\alpha) \cdot \sin'(\alpha) = \operatorname{tg}^2(\alpha) + 1 = (\operatorname{tg}(\alpha))'$$
$$\left(\operatorname{tg}^2(\alpha) \right)' = 2 \operatorname{tg}(\alpha) (\operatorname{tg}'(\alpha) + 1)$$

$$h = \operatorname{tg}(\alpha) S - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \operatorname{tg}^2(\alpha) - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \quad \left(\frac{dh}{d\alpha} = 0 = (\operatorname{tg}^2(\alpha) + 1) S - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot 2 \operatorname{tg}(\alpha) \cdot (\operatorname{tg}'(\alpha) + 1) \right)$$

заменим $\frac{1}{\cos^2(\alpha)}$ через $\operatorname{tg}^2(\alpha) + 1$

$$0 = (\operatorname{tg}^2(\alpha) + 1) S - \frac{g S^2}{2 v_0^2} (2 \operatorname{tg}^3(\alpha) + 2 \operatorname{tg}(\alpha)) \quad \left(\begin{array}{l} \text{сокращаем} \\ \text{на} \\ (\operatorname{tg}^2(\alpha) + 1) \end{array} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{g S}{2 v_0^2} \operatorname{tg}(\alpha) = 1$$

$$\Rightarrow h_{\max} \text{ при } \operatorname{tg}(\alpha) = \frac{v_0^2}{g S}$$

$$\Rightarrow H = \frac{v_0^2}{g S} \cdot S - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot \frac{v_0^4}{g^2 S^2} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g S^2}{2 v_0^2}$$
$$\Rightarrow H - \frac{v_0^2}{2g} = -\frac{g S^2}{2 v_0^2} \Rightarrow S^2 = \left(\frac{v_0^2}{2g} - H \right) \cdot \frac{2 v_0^2}{g}$$

$$S = \sqrt{\frac{v_0^4}{g^2} - H \cdot \frac{2 v_0^2}{g}} = \sqrt{\left(\frac{200}{20} - 3,6 \right) \cdot \frac{2 \cdot 200}{10}} = \sqrt{0,64 \cdot 400}$$

$$\Rightarrow S = 76 \text{ м.}$$

Ответ: 1) $v_0 = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 2) $S = 76 \text{ м}$

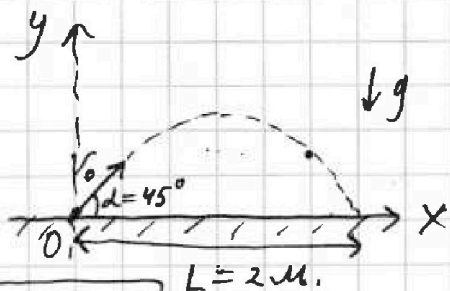
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$v_0 = ?$

ур-я движения:

$$1) \begin{cases} x = v_0 \cos(\alpha) \tau \\ y = \tau v_0 \sin(\alpha) - \frac{g \tau^2}{2} \end{cases}$$

$$v_x = v_0 \cos(\alpha)$$

$$v_y = v_0 \sin(\alpha) - g \tau$$

$\Rightarrow L = v_0 \cos(\alpha) \tau_0$; где τ_0 - общ. время полёта.
при этом $y_{конечн} = 0 \Rightarrow 0 = \tau_0 v_0 \sin(\alpha) - \frac{g \tau_0^2}{2}$

$$\Rightarrow 0 = \frac{v_0 \sin(\alpha)}{v_0 \cos(\alpha)} \cdot L - \frac{g \cdot L^2}{2 v_0^2 \cos^2(\alpha)} = L \operatorname{tg}(\alpha) - \frac{g L^2}{2 v_0^2 \cos^2(\alpha)}$$

$$\Rightarrow \frac{g L}{2 v_0^2 \cos^2(\alpha)} = \operatorname{tg}(\alpha) \rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{g L \cos^2(\alpha)}{2 \sin(\alpha) \cos^2(\alpha)}} = \sqrt{\frac{g L}{2 \sin(2\alpha)}}$$

Ответ: $v_0 = \sqrt{\frac{g L}{\sin(2\alpha)}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 20 \text{ м}}{1 \cdot \text{с}}} = \sqrt{200} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) общ. случ.



$h_{\max} = H = 3,6 \text{ м.}; v_0 = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $S = ?$

ур-я движ аналогичны п.1. с заменой $\alpha \rightarrow \beta$.

\Rightarrow пусть мом. удара мяча о стенку $\tau_x \Rightarrow$

выраз. τ_x из $x(\tau_x)$ и подст. в $y(\tau_x)$.

$$\begin{cases} x(\tau_x) = \tau_x v_0 \cos(\beta) = S \\ y(\tau_x) = \tau_x v_0 \sin(\beta) - \frac{g \tau_x^2}{2} = h \end{cases}$$

$$h = \frac{v_0 \sin(\beta)}{v_0 \cos(\beta)} \cdot S - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2(\beta)} = \operatorname{tg}(\beta) S - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2(\beta)}$$

и мы получили $h(\beta)$.

\Rightarrow найдём β ; при кот-м. h -max ; когда $\frac{1}{\cos^2(\beta)} = \operatorname{tg}^2(\beta) + 1$ заменим.

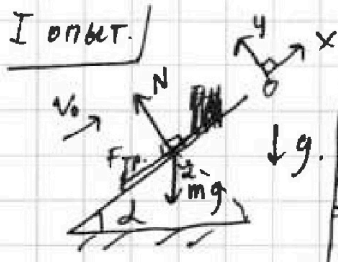
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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. Печать QR-кода невозможна!



$$\begin{aligned} \sin(\alpha) &= 0,6 \\ \Rightarrow \cos(\alpha) &= \sqrt{1 - 0,36} = 0,8 \end{aligned}$$

т.к. есть 2 случая, когда v_0 напр. вниз: v_0 (I) и когда вверх: v_0 (II)

- \Rightarrow 1) лентка покоится: I:
 \Rightarrow OY: одинак для I и II
 $\Rightarrow N = mg \cos(\alpha)$
 $\Rightarrow F_{тр} = \mu mg \cos(\alpha)$

2-ой закон Ньютона при сколе X:
 OX: $F_{тр} - mg \sin(\alpha) = m a_x$
 OY: $N - mg \cos(\alpha) = 0$

II: OX: $-F_{тр} - mg \sin(\alpha) = m a_x$
 OY: $N - mg \cos(\alpha) = 0$

\Rightarrow т.к. движ. равноускор \Rightarrow

1) \Rightarrow I: $s_1(t) = -v_0 + a_{x1} t = |-6 + (-2) \cdot 1| = |-8| = 8 \text{ м}$

Заметим, что во II-м случае коробка

\Rightarrow ~~т.к.~~ ~~поменяет~~ напр. движ \Rightarrow сила трен. помен. напр-е.
 \Rightarrow рассм. её движ.

в 2 этапа: на 1-м ускор: a_{x2} (до мом. останавки.)

а еще! $m a_{x2} = F_{тр} - mg \sin(\alpha) = a_{x1}$
 $\Rightarrow S_2 = \frac{|a_{x2}| t_2^2}{2} + \frac{|a_{x1}| t_1^2}{2}$ (т.к нас интересует путь \Rightarrow длина траект)

где: $t_2 = \left| \frac{v_0}{a_{x2}} \right| = \left| \frac{6}{-10} \right| = 0,6 \text{ с.}$ $\Rightarrow S_2 = \frac{10 \cdot 0,36}{2} + \frac{2 \cdot 0,16}{2} = 1,9 + 0,16 = 2,06 \text{ м.}$

$t_1 = T - t_2 = 0,4 \text{ с.}$

ответ: 1) ~~т.к.~~ $S_2(v_0 - \text{вверх}) = 2,06 \text{ м.}$
 $S_1(v_0 - \text{вниз}) = 4 \text{ м.}$

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



- 1 2 3 4 5 6 7

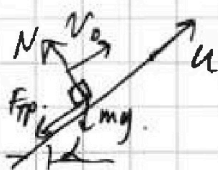
МФТИ

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

Опыт II

т.к. лента для подъёма грузов
⇒ U-напр. вверх \vec{u} ; также из рис. видно, что $\vec{u} \uparrow \vec{v}_0$.

⇒



2) т.к. нас интересует время, за которое скор. коробки станет $1 \frac{m}{c}$, заметим, что таких мом. 2 (когда $\vec{v}_k = \vec{u}$ т.е. в лоб. с.о. $v_k = 1 \frac{m}{c}$ и когда $\vec{v}_k = -\vec{u}$ и $\vec{v}_k = 0$ отн. ленты)

⇒ расем. оба вар.:

I) T_I (мом, когда $\vec{v}_k = \vec{u}$) ⇒ т.к. ур-я динамики аналогичны п.1) ⇒ $a_{1x} = a_{k2}$, но $\Delta v_{xI} = v_0 - u = 5 \frac{m}{c}$
⇒ $T_I = \frac{\Delta v_{xI}}{a_{1x}} = \frac{5}{10} = 0,5 c$

II) T_{II} (мом, когда $\vec{v}_k = -\vec{u}$) ⇒ заметим, что этот мом. соотв. мом, когда $\vec{v}_k = 0$ отн. ленты. тело движ-ся вниз со скор. $2 \frac{m}{c}$
⇒ аналогично II в п.1. разобьём движ на 2 участка: до ост. и после ост.

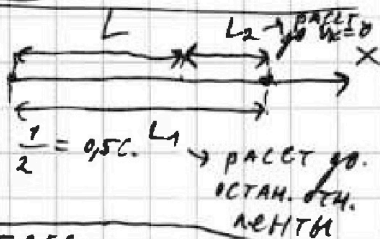
» $T_{II} = T_I + T_3$; где T_3 : $|a_{x1}| T_3 = 2 \frac{m}{c} = 2u$
до ост.: после ост.
⇒ $T_{II} = T_I + \frac{2u}{|a_{x1}|}$

⇒ $T_{II} = 0,5 + \frac{2}{2} = 1,5 c$.
ответ: $T_{II} = [0,5 c; 1,5 c]$
2)

3) : $v_k = 0$ при $\vec{v}_{отн.ленты} = -\vec{u} \Rightarrow$

⇒ $L_1 = \frac{a_{x2} T_I^2}{2}$; $L_2 = \frac{a_{x1} T_4^2}{2}$; где $T_4 = \frac{u}{|a_{x1}|} = \frac{1}{2} = 0,5 c$

⇒ $L = L_1 - L_2 = \frac{10 \cdot 0,25}{2} - \frac{2 \cdot 0,25}{2} = 1 m$



ответ: 1) $\frac{5(v_0 - u_{ленты})}{5(v_0 - v_{излз})} = 7,5 m$; 2) $T_{II} = [0,5 c; 1,5 c]$; 3) $L = 1 m$.

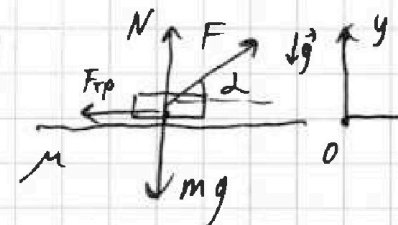
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

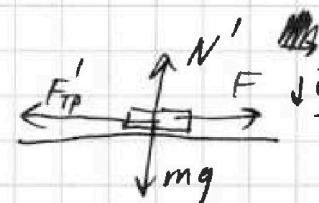
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

I)  ~~Масса~~ МАССА санок m
 \Rightarrow запишем ур-я динамики (2-ой закон Ньютона) для обоих случаев по осям:

II)  1)

I: $0x: F \cos(\alpha) - F_{Tp} = a_x m$
 $0y: N + F \sin(\alpha) - mg = 0$

II: $0x: F - F'_{Tp} = a'_x m$
 $0y: N' - mg = 0$

$\Rightarrow F_{Tp} = \mu N; F'_{Tp} = \mu N'$

$\Rightarrow a_x m = F \cos(\alpha) - \mu (mg - F \sin(\alpha))$

$a'_x m = F - \mu mg$

т.к. разгон до одной и той же K ($a \Rightarrow v$) проводился на одинак. участках пути ~~т.к.~~ в обоих случаях

\Rightarrow (т.к. двух равноускор) $a_x = a'_x$

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

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

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

~~пусть $R = \frac{mv_x^2}{2}$ где v_x - конечная скорость при разгоне.
 при этом: $v_x = a_x t_x$ (из \cos поворота, радиусской).
 $\Rightarrow S_{разг} = \frac{a_x t_x^2}{2} = \frac{v_x^2}{2a_x} \Rightarrow S_{разг} = \frac{1}{2a_x} \cdot \frac{2K}{m} = \frac{K}{a_x m}$
 переменная a_x при $S_{разг}$ постоянна
 разг. до K (v_x) заметим, что~~

Продолж на обороте. листа

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) пусть $K = \frac{m v_x^2}{2}$; тогда при тормож.
под дейст. силы трения $K \rightarrow 0$.

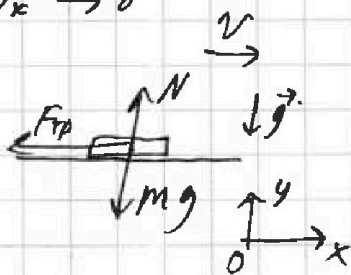
⇒ запишем 2-ой закон Ньютона $v_x \rightarrow 0$
по осям в этом случае:

$$Ox: -F_{тр} = m a_x''$$

$$Oy: N - mg = 0.$$

$$\Rightarrow m a_x'' = -\mu mg.$$

$$\Rightarrow a_x'' = -\mu g \text{ (т.е. напр. против } Ox \text{ на тормож.)}$$



$$\Rightarrow S_{\text{торм}} = \frac{|a_x''| \tau_{\text{торм}}^2}{2}; \quad v_x = |a_x''| \tau_{\text{торм}}$$

$$\Rightarrow S_{\text{торм}} = \frac{v_x^2}{2|a_x''|} = \frac{v}{2|a_x''|} \cdot \frac{2K}{m} = \frac{K}{|a_x''| m}$$

$$\Rightarrow S_{\text{торм}} = \frac{K}{\mu g m} = \frac{K}{g m} \cdot \frac{\sin(\alpha)}{1 - \cos(\alpha)}$$

$$\text{Ответ: } 1) \mu = \frac{1 - \cos(\alpha)}{\sin(\alpha)} \quad 2) S = \frac{K}{g m} \cdot \frac{\sin(\alpha)}{1 - \cos(\alpha)}$$



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!

$$\nu = 1 \text{ моль}; \quad i = 3 \text{ (одноат. газ)}$$

Заметим, что все процессы политропны ($C_{\text{проц}} = \text{const}$)

$$\Rightarrow 1) \quad Q_{31} = \nu C_{31} \cdot \Delta T_{31} = 2R\nu \cdot (T_1 - T_3) = 2R\nu(-3T_1) = -6RT_1\nu$$

2R из графика
4T₁

$$\text{при этом: } Q_{31} = \Delta U + A_{31}' = \nu C\nu(T_1 - T_3) + A_{31}'$$

рад. газа $\Rightarrow A_{31} = -A_{31}'$
 \Rightarrow рад. внеш. сил

$$\Rightarrow A_{31}' = -A_{31} = -6RT_1\nu - \frac{1}{2}R\nu(T_1 - T_3) = -6RT_1\nu + \frac{9}{2}RT_1\nu =$$

$\frac{3}{2}R$
 $-3T_1$
 $-3T_1$
 $= -1,5RT_1\nu$

$$\Rightarrow A_{31} = \frac{3}{2}RT_1\nu = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 200 \cdot 1 \Rightarrow$$

$$\boxed{1) \quad A_{31} = 8,31 \cdot 300 = 24,93 \cdot 100 = 2493 \text{ Дж}}$$

2) Найдём η - КПД процесса; для этого заметим, что $\Delta T_{12} > 0$ и т.д., а $\Delta T_{23}, \Delta T_{31} < 0$

\Rightarrow тепло подводилось только в процессе 1-2.

$$\Rightarrow Q_{\text{подв}} = Q_{12} = \nu C_{12} \cdot \Delta T_{12} = 1,5R\nu(T_2 - T_1) = \frac{27}{2}RT_1\nu$$

\rightarrow т.к. машин. раб. не кипев
 $\frac{7}{8}T_1$
 $\frac{1}{8}T_1$

теперь определим работу цикла: для этого заметим, что

$$\sum Q_{\text{проц}} = \sum \Delta U + \sum A = \sum A = A_{\text{ц}}$$

\parallel
 $\nu C\nu(T_1 - T_1)$
 \parallel
 0

$$\Rightarrow A_{\text{ц}} = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = \frac{27}{2}RT_1\nu + 0,5R\nu(8T_1 - 4T_1) + (-6)RT_1\nu$$

$$A_{\text{ц}} = \left(\frac{27}{2} - 2 - 6 \right) \nu RT_1 = \frac{27 - 4 - 12}{2} \nu RT_1 = \frac{5}{2} \nu RT_1$$

$$\Rightarrow \text{по опр: } \boxed{\eta = \frac{A_{\text{ц}}}{Q_{\text{подв}}} = \frac{5/2}{27/2} = \frac{5}{27} \quad 2)}$$

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!



выведем ур-е политромы в зависимости от C:

$$\frac{dQ}{dT} = \nu C$$

$$dQ = C_V \nu dT + P dV \Rightarrow \nu C dT = \nu C_V dT + \frac{dV}{V} \nu R T ; C_V = \frac{3}{2} R$$

$$P = \frac{\nu R T}{V}$$

$$\Rightarrow \frac{(C - C_V) \nu}{R} \frac{dT}{T} = \frac{dV}{V}$$

$$\frac{C - C_V}{R} \ln(T) = \ln(V) + const$$

$$\ln\left(T^{\frac{C - C_V}{R}}\right) = \ln(V) + const$$

$$\ln\left(T^{\frac{C - C_V}{R}}\right) + \ln(V) = const$$

$$VT^{\frac{C - C_V}{R}} = const$$

$$\Rightarrow T_2 = 8T_1$$

$$T_3 = 4T_1$$

$$C_{12} = 1,5R \Rightarrow VT^{\frac{1,5R - 1,5R}{R}} = const$$

$$\Rightarrow VT^0 = const$$

$$\Rightarrow V = const$$

$$C_{23} = 0,5R \Rightarrow VT$$

$$\frac{1,5R}{R} \Rightarrow VT^{\frac{1,5R - 0,5R}{R}} = const$$

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

$$C_{31} = 2R \Rightarrow VT^{\frac{1,5R - 2R}{R}} = const$$

$$2-3: VT = const$$

$$PV^2 = const \Rightarrow P = \frac{1}{V^2}$$

$$\Rightarrow V_2 \cdot 8T_1 = 8T_1 V_1 = 4T_1 V_3$$

$$\Rightarrow V_3 = 2V_1$$

$$\Rightarrow 8T_1 V R = 8P_1 V_1 (2)$$

$$4T_1 V R = P_2 V_1 (3)$$

$$\Rightarrow \frac{P_2}{4P_1} = 2$$

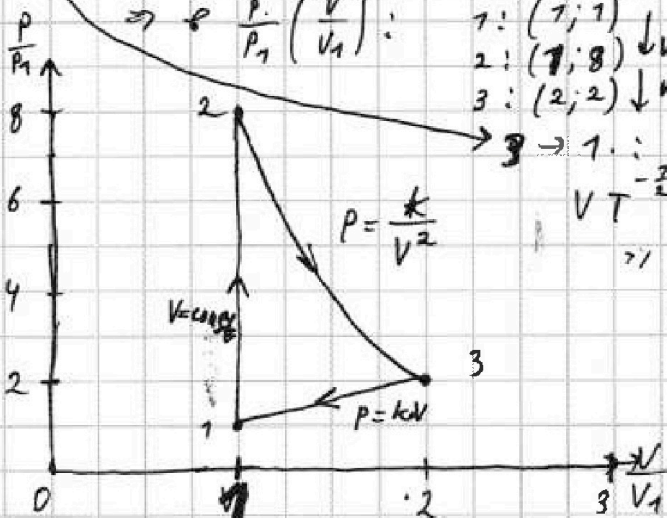
$$\Rightarrow P_3 = 2P_1$$

Точки на графике $P(V)$:

1: $(P_1; V_1)$; 2: $(8P_1; V_1)$; 3: $(2P_1; 2V_1)$

$$\Rightarrow P = \frac{P_1}{V_1} \left(\frac{V}{V_1}\right)$$

1: $(1; 1)$
2: $(8; 1)$
3: $(2; 2)$



$$VT^{-\frac{2}{3}} = const \Rightarrow \sqrt[3]{\frac{V}{P}} = const \Rightarrow \frac{V}{\sqrt{P}} = const = \frac{V}{\sqrt{\frac{P_1}{V_1}}} = \sqrt{\frac{V}{P_1}} = const$$

$$\Rightarrow P = k \cdot V$$

Ответ: $\eta = \frac{5}{21}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

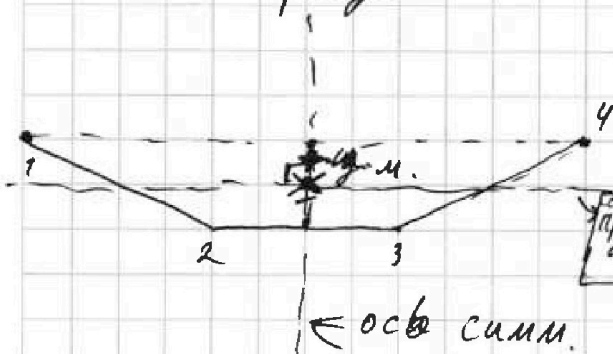
решение которой представлено на странице:

- 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!

Рассм произвольный момент для сист. после перехит. нитки.



заметим, что ВС:

расст. от линии, соед.

1 и 4 шарики, ~~и 2 и 3~~

до линии, соед. 2 и 3 шарики

одинакого (т.к. иначе) (ц.м. сдвин.)

при этом, также верно,

что. центры ниток. 1-2 и 3-4

лежат на пр. "a" и

равноуд. от ц.м.

2) Рассм. энергию системы!

измач. энерг. составляется

суммой потенц. энерг.

в-я пар шаров =>

$$\Sigma E = E_{п.12} + E_{п.23} + E_{п.34} + E_{п.14} + E_{п.24} + E_{п.13}$$

при этом, в силу симм:

$$E_{п.12} = E_{п.23} = E_{п.34} = E_{п.14} = \frac{kq^2}{a}$$

$$E_{п.13} = E_{п.24} = \frac{kq^2}{\sqrt{2}a}$$

$$\Rightarrow \Sigma E = \frac{kq^2}{a} \left(4 + \frac{2}{\sqrt{2}} \right) = \frac{2kq^2}{a} \left(\frac{2\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}} \right) = E_{кон.}$$

когда шары встали в одну линию каж

из них приобрёл энерг K (т.к. все шары одинак по массе)

$$\Rightarrow \Sigma E = \frac{1}{4} E_{п.12} + E_{п.23} + E_{п.34} + E_{п.14} + E_{п.13} + E_{п.24} = E_{кон.}$$

$$E_{кон} = \frac{1}{4} \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{3} = \frac{13}{3} \frac{kq^2}{a} = E_{кон.}$$

$$\Rightarrow K = \frac{-\Delta E_{п.}}{4} = \frac{-\left(\frac{13}{3} - 4 - \frac{2}{\sqrt{2}}\right) kq^2}{4a}$$

$$K = \frac{\left(\frac{2}{\sqrt{2}} + \frac{7}{3}\right) kq^2}{4a} = \frac{6 - \sqrt{2}}{12\sqrt{2}} \frac{kq^2}{a}$$

по закону сохр. энерг и $A_{вн.} = 0$ нет вниш сал

заменяем $k \rightarrow \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

$|q| = 4a\sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{4+\sqrt{2}}}$

Ответ: $K = \frac{6-\sqrt{2}}{48\sqrt{2}} \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a}$

вектор, в. т.ч. и угловые

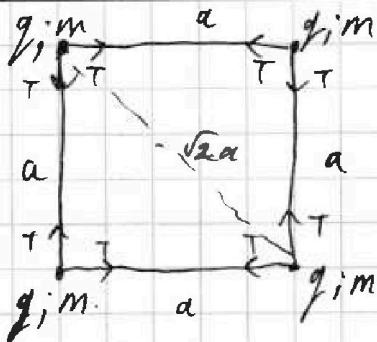
На одной странице можно оформлять только одну задачу.
 Отметьте крестиком номер задачи,
 решение которой представлено на странице:



- 1 2 3 4 5 6 7

МОФИ

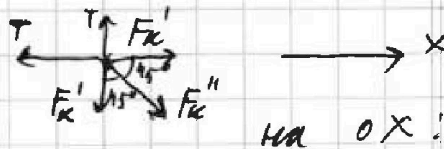
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
 страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$F_k' = \frac{kq^2}{a^2}$$

$$\Rightarrow F_k'' = \frac{kq^2}{2a^2}$$

1) система находится в покое
 и симметрична для любого шарика
 2) достаточно рассмотреть один шарик и силы на него.



на OX:

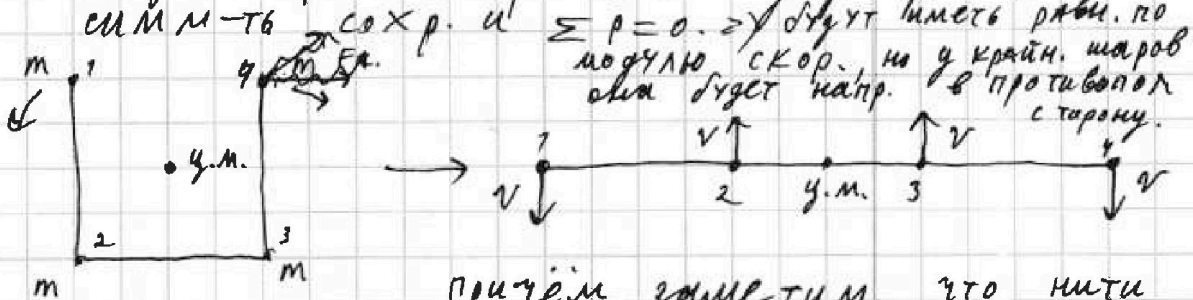
$$F_k' + F_k'' \cos(45^\circ) - T = 0$$

$$\Rightarrow \frac{kq^2}{a^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4} \right) = T$$

$$\boxed{\text{ответ: } |g| = 2a \sqrt{\frac{T}{(4+\sqrt{2})k}}}$$

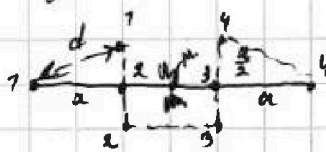
2) заметим, что система шаров замкнута и симметрична относительно прямой, проходящей через ц.м. и перпендикулярно к. л. 2-3.

и когда шары выстроятся в одну прямую:



причем заметим, что нити останутся натянутыми; т.к.

3) отсюда следует, что d - расст. от старта для крайн. шариков:



$$\Rightarrow d = \sqrt{a^2 + \frac{a^2}{4}} = \frac{\sqrt{5}}{2} a$$

ответ!

все шары отталкива-ся.