



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023



Вариант 10-01

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

1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.

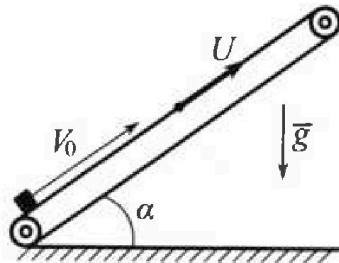
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

2) Теннисист посыпает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивлению воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4 \text{ м/с}$. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.



1) За какое время T после старта коробка пройдет в первом опыте путь $S = 1 \text{ м}$?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2 \text{ м/с}$, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4 \text{ м/с}$.

2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2 \text{ м/с}$?

3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости V_0 за одинаковое время.

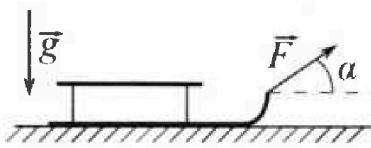
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости V_0 действие внешней силы прекращается.

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

2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.



**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**

Вариант 10-01

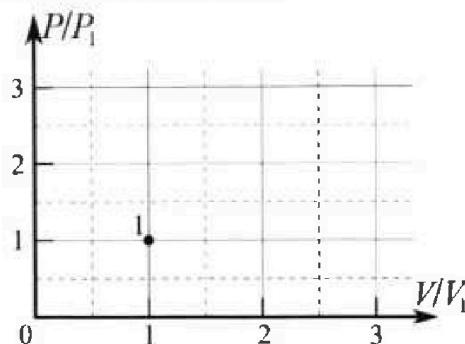
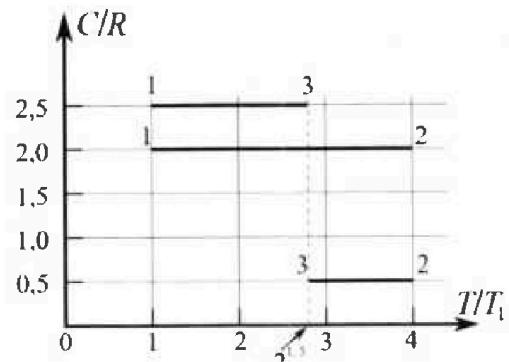
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 $T_1 = 400$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

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 b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

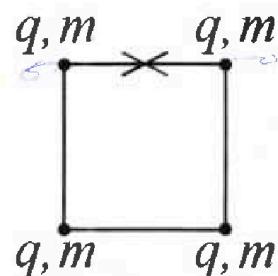
1) Найдите силу T натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость V 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 вверху (на рисунке)?

Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . 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 |
| <input checked="" 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!

N1

Дано: Решение:

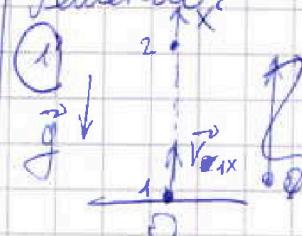
$$g = 10 \frac{m}{s^2}$$

$$T = 2e$$

$$S = 20 \text{ м}$$

$$1) V_0 = ?$$

$$2) K_{\max} = ?$$



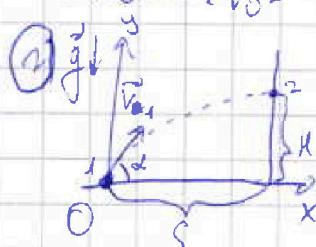
$$\vec{V}_M = V_0$$

$$\vec{V}_2 = 0$$

$$V_x(t) = V_0 - gt \rightarrow V_{2x}(T) = V_0 - gT = 0$$

$$V_0 = gT = 20 \frac{m}{s}$$

Очевидно: $V_0 = 20 \frac{m}{s}$.



$$|\vec{V}_1| = V_0, V_0x$$

$$V_x(t) = V_{1x}t \rightarrow t = \frac{x(t)}{V_{1x}}$$

$$V_{0x} \rightarrow V_{1x} \quad V_{1x} \sin \alpha = V_{1y}$$

$$V_{1x} \cos \alpha = V_{1x}$$

$$y(t) = V_{1y}t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y(x) = V_{1y} \cdot \frac{x}{V_{1x}} - \frac{g x^2}{2 V_{1x}^2} = V_{1y} \frac{x}{V_{1x}} - \frac{g x^2}{2 V_{1x}^2}$$

$$= V_{1y} \sin \alpha \cdot \frac{x}{V_{1x} \cos \alpha} - \frac{g x^2}{2 (V_{1x} \cos \alpha)^2} = \frac{V_{1y} \sin \alpha}{V_{1x} \cos \alpha} x - \frac{g x^2}{2 V_{1x}^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$= x \tan \alpha - \frac{g x^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha} = x \tan \alpha - \frac{g x^2}{2 V_0^2} (1 + \tan^2 \alpha) = - \frac{g x^2}{2 V_0^2} \tan^2 \alpha + x \tan \alpha -$$

~~-~~ $\frac{g x^2}{2 V_0^2}$ — ~~y~~ дополнительное $\tan^2 \alpha$ неравн. ур-я, нелинейный

$$y(S) = y_2 = - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \tan^2 \alpha + S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 V_0^2} = \frac{g S^2}{2 V_0^2} (\tan^2 \alpha - 2 \tan \alpha + 1)$$

~~Подставляем~~ ~~уравнение~~ ~~уравнение~~ ~~уравнение~~ ~~уравнение~~ ~~уравнение~~

При решении ур-я $y(x=S) = \frac{g S^2}{2 V_0^2}$ получим 2 корня:

$$\tan \alpha =$$

$$\frac{V_0^2}{2g} - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \left(\frac{g S^2}{2 V_0^2} + H \right) = 0$$

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!

При решении ур-ия $y(x=5) = -\frac{g s^2}{2 V_0^2} \equiv -\frac{g s^2}{2 V_0^2} \cdot \left(t g d - \frac{V_0^2}{g s} t g d + 1 \right) \equiv$
 $\equiv t g^2 d - \frac{2 V_0^2}{g s} t g d + 1 \equiv t g d \left(t g d - \frac{2 V_0^2}{g s} \right) = 0$ получила 2 корня:
 $t g d = 0$ или $t g d = \frac{2 V_0^2}{g s}$, а поскольку $y(t g d)$ симметрична (направлен вниз), то её максимум достигнут при $t g d = \frac{t g d_1 + t g d_2}{2} = \frac{V_0^2}{g s}$

Получим $y_{\max} = H_{\max} = -\frac{g s^2}{2 V_0^2} \left(\left(\frac{V_0^2}{g s} \right)^2 - \frac{2 V_0^2}{g s} \cdot \frac{V_0^2}{g s} + 1 \right) =$
 $= -\frac{V_0^2}{2g} + \frac{3}{2} \frac{V_0^2}{g} - \frac{g s^2}{2 V_0^2} = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{g s^2}{2 V_0^2}$

Следовательно $H_{\max} = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{g s^2}{2 V_0^2}$.

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!

№21

Дано:

$$\sin \alpha = 0,8$$

$$\mu = \frac{1}{3}$$

$$S = 1 \text{ м}$$

$$a = 2 \text{ м/с}^2$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$V_0 = 4 \text{ м/с}$$

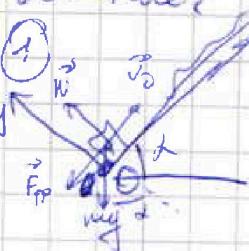
$$(1) T = ?$$

$$2) H = ?$$

$$L = ?$$

$$3) \mu = ?$$

Демонстрация:



$$\begin{cases} \text{зак. Кин. по } Ox \text{ и } g; \\ N = mg \cos \alpha = N - \text{нормальная сила} \\ m a_x = -\mu mg \sin \alpha - F_{Fp} \\ F_{Fp} = F_{Fp, \text{ макс}} = \mu N \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= 0,8 \Rightarrow \alpha = 37^\circ \\ \Rightarrow \cos \alpha &= 0,6 \end{aligned}$$

$$a_x = -g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = -g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

Груз уходит в движение с нач. всп. за время $T = ?$

$$V_x(t) = V_0 + a_x t \Rightarrow V_x(T) = 0 = V_0 - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{V_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{0,4 \text{ с}}{10(0,8 + 0,6)} \quad a_x(t) = V_0 t + \frac{a_x t^2}{2} = V_0 T - \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)t^2}{2} = 0, \quad \text{п.к. } \mu < S = 1 \text{ м, т.е. } T = T + T' \text{, где } T'$$

оконч. упр. зв.: $V_x(T) = V_0 - \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)T^2}{2} \quad (\text{груз останавливается})$

и.к. при $V_x = 0$ груз не может удержать его в движении.

$\mu < \tan \alpha \quad \text{тогда не выйдет} \Rightarrow T = 0,2 \text{ с} \Rightarrow T = T + T' = 0,6 \text{ с}$

Окончание: $T = 0,6 \text{ с}$

② ③ засл. переход в сж. состояния, тогда \bar{V} груза в сж. состоянии

переход в сж. состояния $|V_{x,0}| = \bar{V}_0$ будем оценивать

переход в сж. состояния $|V_{x,0}| = \bar{V}_0 = 2 \text{ м/с}$, т.е. будем оценивать

переход в сж. состояния

$$\frac{m V_0^2}{2} - \frac{m \bar{V}_0^2}{2} = m g h$$

$$\frac{m V_0^2}{2} - \frac{m \bar{V}_0^2}{2} = m g h$$

Проверка: ① сумма:



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!

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 = (V_0 - u) - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t^* \rightarrow t^* = \frac{V_0 - u}{g(5 \sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{0}{0,2} \\ L - u t^* = (V_0 - u) t^* - \frac{g \sin \alpha + \mu \cos \alpha (t^*)^2}{2} \Rightarrow L = V_0 t^* - \frac{g(5 \sin \alpha + \mu \cos \alpha)(t^*)^2}{2} = 0,6 \end{array} \right.$$

Однако учитывая, что при первом зборе в лаб. с ОД движение проходит различными и $t^* = 0,4$.

Очевидно $L = 0,6$ м.

Однако $L = 0,6$ м.

(3) По СД линии симметрии отмечено, что длина забора $V_{0,0} = u = 2$ м/с, подголовничного блока $h = 0,6$ м, что значение $\mu = V_{0,0}/u = 1$.
Возможно, что забор движется с постоянной скоростью, но это невозможно, так как если бы забор двигался с постоянной скоростью, то это означало бы, что $L = 2u t^*$ (так как $t^* = 0,4$ с), а это противоречит условию $L = 0,6$ м.

$$h = 0,6 \text{ м}$$

Однако $h = 0,6$ м,

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

2/5/3

Дано:

$$V_0 \text{ и } \mu$$

$$1) \mu = ?$$

$$2) F = ?$$

Решение:



$$\left\{ \begin{array}{l} N_1 = mg \cos \alpha \\ F_1 = \mu N_1 \end{array} \right.$$

$$F_{\text{тр}} = F_{\text{阻力}} = \mu N_1$$

$$F_{\text{тр}} = F_{\text{阻力}} = \mu N_2$$

из 2-зак. Ньютона по ОX и OY в системе координат (у2):

$$\left\{ \begin{array}{l} m a_{2x} = 0 = F_x + N_1 \sin \alpha - m g \sin \alpha \Rightarrow N_1 = m g \sin \alpha - F_1 \sin \alpha \\ m a_{2y} = 0 = N_2 - m g \cos \alpha \Rightarrow N_2 = m g \cos \alpha \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} m a_{2x} = F_x \cos \alpha - F_{\text{тр}} = F_x \cos \alpha - \mu (m g \cos \alpha - F_1 \sin \alpha) = F_x \cos \alpha + \mu F_1 \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha \\ m a_{2y} = F_y - F_{\text{тр}} = F_y - \mu m g \cos \alpha \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} m a_{2x} = F_x \cos \alpha - \mu m g \cos \alpha + \mu F_1 \sin \alpha = F - \mu m g \cos \alpha \\ m a_{2y} = F_y - \mu m g \cos \alpha \end{array} \right.$$

Видим, что $a_{2x} = \text{const}$ и $a_{2y} = \text{const}$, а следовательно
составляющие V_0 за $T_1 = T_2 \Rightarrow a_{2x} = a_{2y}$ ($m a_{2x} = m a_{2y}$)

$$F \cos \alpha - \mu m g \cos \alpha + \mu F_1 \sin \alpha = F - \mu m g \cos \alpha$$

$$F \cos \alpha + \mu F_1 \sin \alpha = F \quad ; \quad F$$

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

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

② Поскольку вспомогательные \tilde{F}_1 и \tilde{F}_2 нет, то задача сводится

ко 2-м уравнениям без уравнения \tilde{F}_2 . Запишем следующие:

$$\left\{ \begin{array}{l} m a_{2x} = -F_{\text{тр}} = -\mu N_2 = -\mu m g \cos \alpha \Rightarrow a_{2x} = -\mu g \cos \alpha \\ m a_{2y} = 0 = N_2 - m g \cos \alpha \Rightarrow N_2 = m g \cos \alpha \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} m a_{2x} = -\mu m g \cos \alpha \\ m a_{2y} = 0 = N_2 - m g \cos \alpha \Rightarrow N_2 = m g \cos \alpha \end{array} \right.$$

$$V_{\text{тр}} = V_0, \text{ и } V_x(t) = V_{\text{тр}} t = V_0 \cos \alpha t = V_0 - \mu g t$$

$$\text{при } T: V_x(T) = 0 = V_0 - \mu g T \Rightarrow T = \frac{V_0}{\mu g} = \frac{V_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$$

$$\text{Однако: } T = \frac{V_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}.$$

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!

№ 4

Дано:

$$T_1 = 400 \text{ K}$$

$$R = 8,31 \text{ Дж/Кмоль}$$

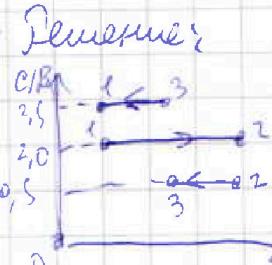
$$\mu = 1 \text{ дж/моль}$$

$$c = 3$$

$$1) A_{12} = ?$$

$$2) n = ?$$

$$3) P_1 V_1 / (V_1 V_2) = ?$$



$$\text{но закон теплопередачи: } \Delta Q = \Delta U + \Delta T, \text{ где } \Delta U = \frac{3}{2} \mu R \Delta T, \Delta T = P \Delta V \Rightarrow$$
$$\cdot \mu R_{13} = 2,5 \cdot \frac{5}{2} \Rightarrow \text{это изотермический цикл.}$$
$$P_{12} = ?; 2 \mu R \Delta T = \frac{3}{2} \mu R \Delta T + P \Delta V \Rightarrow P \Delta V = \frac{\mu R \Delta T}{2}$$

$$\Delta(PV) = P \Delta V + V \Delta P \Rightarrow \Delta P = \mu R \Delta T - P \Delta V = \frac{\mu R \Delta T}{2} = P \Delta V \Rightarrow$$
$$\Delta(PV) \underset{\Delta(PV) = \mu R \Delta T}{=} \mu R \Delta T$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta P}{\Delta V} = \frac{P}{V} \Rightarrow \text{закон теплопередачи } P \propto V \text{ справедлив.} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P \propto V \propto T \Rightarrow P = kT, \text{ где } k = \text{const} \Rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow$$
$$P_{23} = \frac{P_2}{2} + \mu \frac{R}{2} \Delta T = \frac{3}{2} \mu R \Delta T + P \Delta V \Rightarrow P \Delta V = \mu R \Delta T$$

$$\text{По упр. Мендел-Кланц. : } PV = \mu RT \Rightarrow \frac{\Delta V}{V} = - \frac{\Delta T}{T} \Rightarrow \frac{\Delta V}{V} = - \frac{\Delta T}{T}$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \Delta(\ln V) \Rightarrow \Delta(\ln V) = - \Delta(\ln T) = \Delta(\ln T^{-1}) \Rightarrow \mu \frac{R}{2} \Delta T = \frac{1}{2} \Delta V$$

$$\left(\Delta(\ln V) = \int_1^2 d(\ln \frac{V}{T}) \right) \Rightarrow \ln V_2 - \ln V_1 = \ln \frac{1}{T_2} - \ln \frac{1}{T_1} \Rightarrow \ln \frac{V_2}{V_1} = \ln \left(\frac{T_1}{T_2} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow V_1 T_2 = V_2 T_1, \text{ аналогично } V_1, V_2, T_1, T_2 - \text{исходные.} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_1 T = \text{const}, \text{ значит и } \frac{PV}{T} = \text{const}, \text{ значит } \frac{PV}{N} = \gamma \Rightarrow PV^2 = \gamma T^2 = \text{const}$$

$$\text{значит } P_1 V_1 = \mu R \Delta T - V_1 P = - \mu R \Delta T \Rightarrow V_1 P = 2 \mu R \Delta T = - 2 P \Delta V \Rightarrow \frac{2}{3} \mu R \Delta T = \frac{2}{3} \Delta U =$$

$$= \frac{2}{3} \Delta U \Rightarrow P \Delta V - 2 P \Delta V = - P \Delta V \Rightarrow \Delta Q = \Delta U + \Delta P \Delta V = \frac{1}{3} \Delta U, \text{ а } \Delta U = - \frac{2}{3} \Delta U \Rightarrow$$

① Решение методом теплопередачи:

$$P_1 V_1 = \mu R T_1$$

$$\left\{ P_2 V_2 = \mu R T_2 = 4 \mu R T_1, \text{ но } P_2 V_2 = 2 V_2 P_1, V_2 = 2 V_1 \right. \quad \begin{matrix} \text{з. 231.4} \\ \text{з. 231.6} \\ \text{= 148926} \end{matrix}$$

Задачу решали так и получили тот же результат:

$$A_{12} = \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot (V_2 - V_1) = \frac{3}{2} P_1 \cdot V_1 = \frac{3}{2} \mu R T_1 = \frac{3}{2} \mu R T_1 = 49860$$

Окончание: $A_{12} = 49860 \text{ Дж.}$

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



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

2) В 1-2 процессе $A_{12} = \frac{1}{2} \mu R T_1 - \frac{3}{2} \mu R T_2 = \frac{3}{2} \mu R T_1$, а $A_{12} = \frac{3}{2} \mu R T_1$, тогда $Q_{12} > 0 = U_{12} + A_{12} = 6 \mu R T_1$

В 2-3 процессе $U_{23} = U_2 - U_3 = \frac{3}{2} \mu R T_2 - \frac{3}{2} \mu R T_3 = \frac{3}{2} \mu R T_1 (2\sqrt{2} - 4)$

 $= \frac{3}{2} \mu R T_1 (2\sqrt{2} - 4) = 3 \mu R T_1 \sqrt{2} - 3 \mu R T_1 (2 - \sqrt{2})$, а поскольку $\Delta A_{23} = -\frac{2}{3} U_{23} \rightarrow A_{23} = -\frac{2}{3} U_{23} = -\frac{2}{3} \mu R T_1 (2\sqrt{2} - 4) = 2 \mu R T_1 (2 - \sqrt{2})$,

то $Q_{23} = \frac{1}{2} \Delta A_{23} \rightarrow Q_{23} = \frac{1}{2} U_{23} = -\mu R T_1 (2\sqrt{2} - 4) < 0$

В 3-1 процессе $U_{31} = U_3 - U_1 = \frac{3}{2} \mu R T_3 - \frac{3}{2} \mu R T_1 = \frac{3}{2} \mu R T_1 (4 - 2\sqrt{2}) = \frac{3}{2} \mu R T_1 (1 - 2\sqrt{2}) = -\frac{3}{2} \mu R T_1 (2\sqrt{2} - 1)$, а поскольку это изобарный процесс, то $A_{31} = P_1 V_1 - P_3 V_3 = -\mu R T_1 (2\sqrt{2} - 1)$ как и в задаче



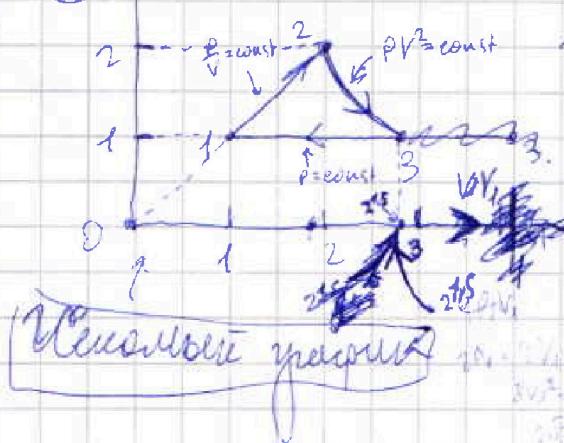
$$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} < 0 = -\frac{3}{2} \mu R T_1 (2\sqrt{2} - 1)$$

$$\text{но } \eta = \frac{Q_{\text{внеш}}}{Q_{\text{внеш}} + Q_{12}} = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \mu R T_1 + 2 \mu R T_1 (2 - \sqrt{2}) - \mu R T_1 (1 - \sqrt{2})}{8 \mu R T_1} = \frac{\frac{3}{2} + 2(2\sqrt{2} - \sqrt{2}) - (2\sqrt{2} - 1)}{8} = \frac{1,5 + 4 - 2\sqrt{2} - 2\sqrt{2} + 1}{6} = \frac{6,5 - 4\sqrt{2}}{6} = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$$

$\approx 14,3\%$

Ответ: $\eta = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12} \approx 14,3\%$.

3)



Числитель уравнения

Как пишем:

① Процесс 1-2 - изотермический процесс
он же $P_2 = \text{const}$ (T_1, T_2) $\Rightarrow (V_1, V_2)$

② Процесс 2-3 - изобарный процесс,
а конечное давление $- P_3$, но
сначала 3-1 еще изобарный.

Он выполняется ур-ние $PV^2 = \text{const}$,
 $2P_2(V_2)^2 = P_3(V_3)^2 \rightarrow$

$$2V_2^2 = V_3^2 \rightarrow V_3^2 = 2V_2^2 \rightarrow V_3 = \sqrt{2}V_2 = \sqrt[4]{2}V_1$$

Согласно $(2, 2)$ с $(2^{1,5}, 1)$ кривой,
составленной вручную

③ Процесс 3-1 - изобарный, согласован

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

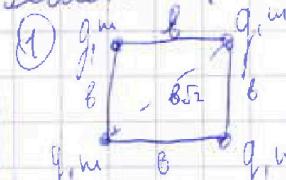


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Дано:

- 1) $T = ?$
2) $V = ?$
3) $d = ?$

Действие:



Решение: Рассмотрим любой из четырех дуговых элементов, включая верхнюю, нижнюю, левую и правую. Для каждого из них, кроме центральной, действует сила F , направленная вправо. Следовательно, для центральной силы F действует сила F , направленная влево.

Действие на центральную дугу неизвестно, так как оно не влияет на движение остальных дуг.

Действие на левую дугу неизвестно.

Следовательно, для центральной дуги известны все силы, кроме центральной.

Действие на правую дугу?



$$\angle = \frac{90^\circ}{2} = 45^\circ$$

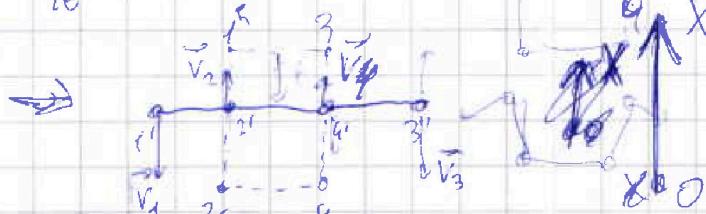
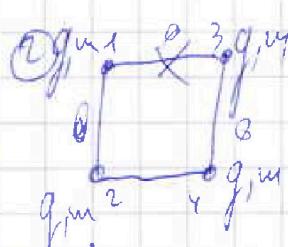
Он входит в квадрат, значит по ~~закону~~ закону синусов:

$$T_2 = F_1 + F_2 \cos 2 = \frac{kq^2}{B^2} + \frac{kq^2}{(Bd)^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow T_2 = T$$

$$T_2 = F_2 + F_3 \cos 2 = \frac{kq^2}{B^2} + \frac{kq^2}{(Bd)^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = T_1 = T$$

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

Ответ: $T = \frac{kq^2(4+\sqrt{2})}{4B^2}$.



В силу симметрии системы на рисунке $|V_1| = |V_3| = V_1$.

$$|V_2| = |V_4| = V_2 \text{ тогда } \frac{|V_1|}{|V_2|} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$0 = 2mV_2 - 2mV_1 \rightarrow V_1 = V_2 = V$$

$$\frac{kq^2}{B^2} = \frac{4mV^2}{2} + \frac{kq^2}{(Bd)^2} \rightarrow \frac{4mV^2}{2} = \frac{2kq^2}{3B} \rightarrow V = \sqrt{\frac{kq^2}{3mB}} = q\sqrt{\frac{k}{3mB}}$$

Ответ: $V = q\sqrt{\frac{k}{3mB}}$.

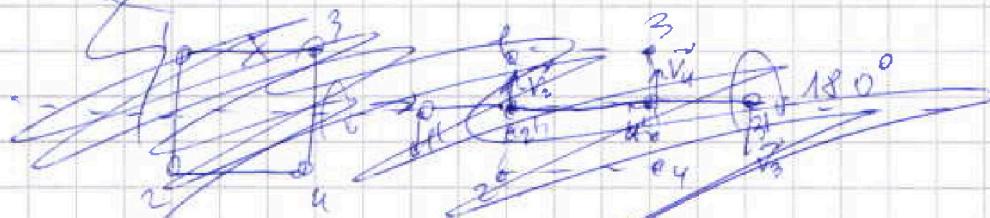
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

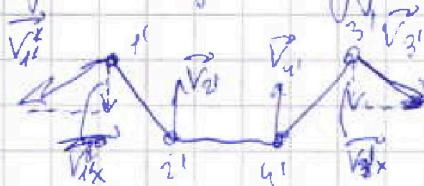
МФТИЕсли отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порта QR-кода недопустима!

(3) ~~Приложить изотензии к схеме~~: ~~последовательно~~
~~найти~~ ~~точку~~, ~~когда~~ ~~составят~~ ~~одинаковую~~
~~изотензию~~ ~~составив~~ ~~одинаковую~~
~~составят~~ ~~одинаковую~~ ~~точку~~, ~~когда~~
~~составят~~ ~~одинаковую~~
~~изотензию~~ ~~составив~~
~~одинаковую~~ ~~точку~~
~~одинаково~~ ~~изотензии~~



~~Возможна~~ ~~3~~ ~~точка~~ ~~для~~ ~~образования~~ ~~изотензии~~, ~~когда~~ ~~все~~ ~~точки~~,
~~что~~ ~~осуществляют~~ ~~одинаковые~~ ~~уравнения~~, ~~различие~~ ~~между~~ ~~значениями~~ ~~V~~
~~то~~ ~~мы~~ ~~получим~~ ~~одинаковые~~ ~~значения~~ ~~коэффициентов~~ ~~формул~~
~~то~~ ~~мы~~ ~~получим~~ ~~одинаковые~~ ~~значения~~ ~~коэффициентов~~ ~~формул~~

Предположим производственной промышленности времена ϑ \rightarrow изотензия .
 Каждая будет следующей:



Поскольку в силу симметрии имеем
 $|V_2| = |V_1| = V_2$, $|V_1| = |V_3| = V_1$, а из этого
 следует, что $V_{2x} = V_{1x} = V_{2x}$, $V_{1x} = V_{3x} = V_{1x}$.

\Rightarrow $V_{1x} = V_{2x} = V_{3x}$ \rightarrow ~~изотензия~~ ~~по~~ ~~оси~~ ~~изотензий~~
 производственной промышленности будущего времени будет ~~одинаковой~~ ~~одинаковой~~
~~одинаковой~~ ~~изотензии~~ ~~изотензии~~ ~~изотензии~~ ~~изотензии~~ ~~изотензии~~ ~~изотензии~~

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!



~~Было~~
~~Было~~
~~Было~~

$\theta = 2mV_{1x} - 2mV_{2x} \Rightarrow V_{1x} = V_{2x} \Rightarrow$ За любой промежуточный временной
отрезок из ОX кривизда ^{одинаковая} _{на это и то же расстояние} ^{это будем}
существенно в любой ^{промежуточное} времени, поэтому за конечное
время эти кривые ^{будут} кривизда из ОX на ^{одно} _{то же} расстояние.
Проверка нарушает это?

