



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

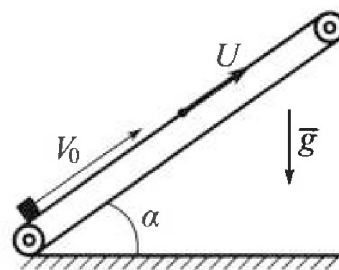


- ✓ 1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.
- ✓1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.
- ✓2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление 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 $V_0 = 4$ 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 $S = 1$ м?

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

- ✓2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?

- ✓3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

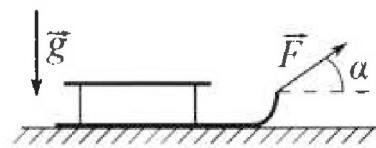
- ✓3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости V_0 за одинаковое время.

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.

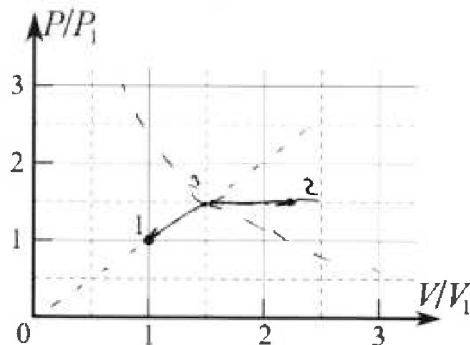
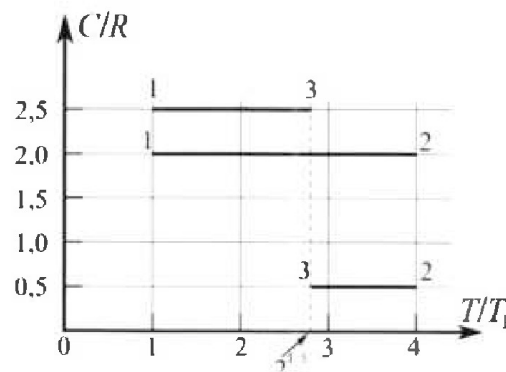


4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



$$p \Delta V = pV_2 - pV_1 = \\ = \nu RT_2 - \nu RT_1 = \nu R \Delta T$$

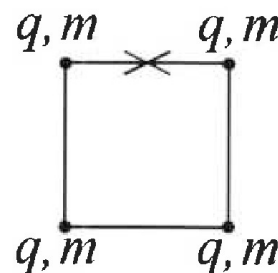
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

✓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 сверху (на рисунке)?



Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

Дано:

$$T = 2 \text{ с};$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2;$$

$$S = 20 \text{ м};$$

$$V_0 = ?$$

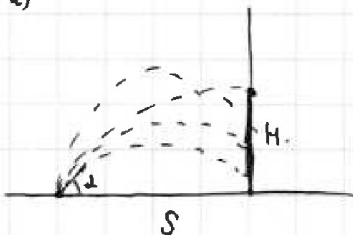
$$H_{\text{max}} = ?$$

Решение:

1) Очевидно, что на макс. высоте мячик будет обладать нулевой скоростью $\Rightarrow V_0 = T \cdot g \Rightarrow$

$$V_0 = 2 \cdot 10 \text{ м/с} = \underline{20 \text{ м/с}}$$

2)



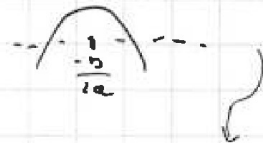
Пускай мы отправим шарик под углом α к горизонту.

$$\text{Время полета } \tau = \frac{S}{V_0 \cdot \cos \alpha}$$

$$\text{Высота точки удара } H = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot \tau - \frac{g \tau^2}{2}$$

$$H = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot \tau - \frac{g \tau^2}{2}$$

Вершина параболы при $\tau = \frac{V_0 \cdot \sin \alpha}{g}$



$$\frac{S}{V_0 \cdot \cos \alpha} = \frac{V_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

$$\frac{S g}{V_0^2} = \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$\frac{2 S g}{V_0^2} = \sin 2 \alpha$$

$$\alpha = \frac{\arcsin\left(\frac{2 S g}{V_0^2}\right)}{2}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$H = S \cdot \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}$$

$$H = S \cdot 1 - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cdot \frac{1}{2}} =$$

$$= 20 \text{ м} - \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 400 \text{ м}^2}{400 \text{ м}^2/\text{с}^2} = \underline{10 \text{ м}}$$

Ответ: 1) $V_0 = 20 \text{ м/с}$
2) $H_{\text{max}} = 10 \text{ м}$

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!

Дано:

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

$$V_0 = 4 \text{ м/с}$$

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

$$T = ?$$

$$S = 1 \text{ м}$$

$$U = 2 \text{ м/с}$$

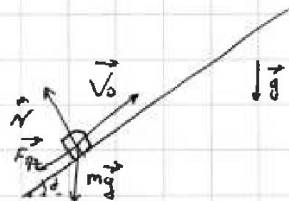
$$V_0 = 4 \text{ м/с}$$

$$L = ?$$

$$H = ?$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Решение:



1) Посчитаем ускорение коробки // ~~по второму закону Ньютона~~
 по II з. Ньютона:

$$ma = mg' \cdot \cos \alpha \cdot \mu + mg' \cdot \sin \alpha,$$

где m - масса коробки
 a - её искомое ускорение.

$$a = g \cdot \cos \alpha \cdot \mu + g \cdot \sin \alpha; \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,6,$$

$$S = V_0 T - \frac{aT^2}{2}, \quad \text{т.к. } d = 0 \text{ м.}$$

$$\frac{aT^2}{2} - V_0 T + S = 0$$

Тогда:

$$T = \frac{V_0 \pm \sqrt{V_0^2 - 2aS}}{a} = \frac{V_0 - \sqrt{V_0^2 - 2aS}}{a}$$

$$= \frac{V_0 - \sqrt{V_0^2 - 2S \cdot (g \cdot \cos \alpha \cdot \mu + g \cdot \sin \alpha)}}{a}$$

$$= \frac{4 \text{ м/с} - \sqrt{16 \text{ м}^2/\text{с}^2 - 2 \cdot 1 \text{ м} \cdot (10 \cdot 0,6 \cdot \frac{1}{3} + 10 \cdot 0,8)}}{10 \cdot 0,6 \cdot \frac{1}{3} + 10 \cdot 0,8}$$

$$= \frac{4 \text{ м/с} - \sqrt{16 \text{ м}^2/\text{с}^2 - 20 \text{ м}^2/\text{с}^2}}{10 \text{ м/с}^2} \Rightarrow D < 0$$

Коробка не доедет до 1 м.

$$V_0 = a \cdot \tau, \quad \text{где } \tau - \text{время остановки.}$$

$$\tau = \frac{V_0}{a}$$

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!

$$S_1 = v_0 \cdot \tau - \frac{a \tau^2}{2} = \frac{v_0^2}{a} - \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2a}, \text{ где } S_1 - \text{ тормозной путь.}$$

$$S_2 + S_1 = S, \text{ где } S_2 - \text{ путь после остановки.}$$

$$S_2 = S - S_1$$

$$S_2 = \frac{a' t^2}{2}, \text{ где } t - \text{ время движения после остановки}$$

$$a' = g \cdot \sin \alpha - g \cdot \cos \alpha \cdot \mu$$

$$a' = 9.8 \cdot \sin 2 - 9.8 \cdot \cos 2 \cdot 0.1$$

$$S - \frac{v_0^2}{2a} = \frac{a' t^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2S - \frac{v_0^2}{a}}{a'}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 25 - \frac{18^2}{10}}{9.6}} =$$

$$= \sqrt{\frac{9.4}{9.6}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{10}} = \frac{\sqrt{60}}{30} = \frac{\sqrt{15}}{15}$$

$$T = \tau + t = \frac{v_0}{a} + \frac{\sqrt{60}}{15} = \frac{18}{10} + \frac{\sqrt{60}}{15} = \frac{12 + 2\sqrt{15}}{30}$$

$$= \frac{12 + 10\sqrt{15}}{30} = \frac{6 + 5\sqrt{15}}{15}$$

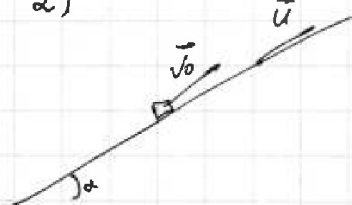
$$S = v_0 \cdot \tau - \frac{a \tau^2}{2}$$

$$\tau = \frac{v_0 - u}{a}$$

$$S = \frac{v_0^2 - v_0 u}{a} - \frac{v_0^2 - 2v_0 u + u^2}{2a}$$

$$S = \frac{v_0^2 - u^2}{2a}$$

2)



В а время на коробку действует сила трения против напр. движения.

$$a' = g \cdot \cos \alpha - g \cdot \sin \alpha$$

По формуле тормозного пути:

$$L = \frac{v_0^2 - u^2}{2a} = \frac{16^2 - 4^2}{10} = 9.6 \text{ м}$$

но коробка может остановиться и снова разогнаться до $u = 2 \text{ м/с}$.

Из предыдущей задачи: $L = S_1 + S_2$, где S_2 - путь разгона от $u = 2 \text{ м/с}$.

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!

Тогда $L' = S_0 - S_{01}$, где L' - другое L

S_0 - тормозной путь на месте.

S_{01} - путь при разгоне обратно до u .

$$S_0 = L + S_2, \text{ где } S_2 - \text{тормозной путь после достижения } u$$

По достижении u ускорение уменьшится и станет равным a' (уменьшится напр. сила трения).

$$S_2 = \frac{u^2}{2a'}$$

$$S_0 = L + \frac{u^2}{2a'}$$

$$S_{01} = \frac{u^2}{2a'}$$

$$L' = L$$

Другие пути со скоростью u не

будет, т.к. задана скорость только разгона (и $\mu < \frac{g}{g_0} = \frac{1}{3}$)

3) Мы же установим, что $S_0 = L + \frac{u^2}{2a'}$

$$S_0 = \frac{H}{a}$$

$$H = \left(L + \frac{u^2}{2a'} \right) \cdot \sin \alpha = \left(0.6 + \frac{4}{12} \right) \cdot 0.8 =$$

$$= \frac{1}{12} \cdot \frac{8}{10} = \frac{32}{75} \text{ м} \quad \text{или} \quad \frac{1}{15} \cdot \frac{4}{10} = \frac{32}{75} \text{ м}$$

Ответ: 1) $T = \frac{6 + \sqrt{15}}{15} \text{ с}$

2) $L = 0.6 \text{ м}$

3) $H = \frac{32}{75} \text{ м}$

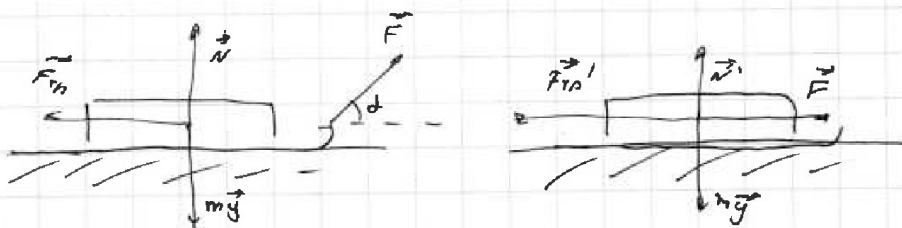
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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. Печать QR-кода недопустима!



- 1) Если шарики разгоняют за одинаковое время, то и ускорение равное:
Запишем II з. Ньютона:

$$ma = F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = F - F_{\text{тр}}, \text{ где } a - \text{ уск. } F_{\text{тр}} = N \cdot \mu$$

$$F \cos \alpha - (\cancel{mg} - F \sin \alpha) \mu = F - \cancel{mg} \mu$$

$$F_{\text{тр}}' = N' \cdot \mu$$

$$N' = mg; \quad N' = mg - F \sin \alpha$$

$$\cancel{F} - \cancel{F} \cos \alpha = \cancel{F} \sin \alpha \cdot \mu$$

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

- 2) (шарик не летит) $\Rightarrow N' \neq 0$ и $F_{\text{тр}}' \neq 0$
и по II з. Ньютона
 $ma = \cancel{mg} \mu$.

$$T = \frac{V_0}{a} = \frac{V_0}{\mu g} = \frac{V_0}{\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot g}$$

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

2) $T = \frac{V_0}{\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot g}$

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:

$$\nu = 1 \text{ моль}$$

$$i = 3$$

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

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

$$A_{1-2} = ?$$

$$\eta = ?$$

Решение:

Запишем I начало термодинамики:

$$\Delta Q = \Delta U + A$$

$$\Delta Q = \frac{i}{2} \nu R \Delta T + A$$

$$C' = \frac{i}{2} \nu R + \frac{A}{\Delta T}$$

$$C = \frac{i}{2} R + \frac{A}{\nu \Delta T}$$

$$C = \frac{3}{2} R + \frac{A}{\nu \Delta T}$$

$$C_{1-2} = 2 R$$

$$\frac{1}{2} R = \frac{A_{1-2}}{\nu \Delta T_{1-2}}$$

$$2,1^5 = 2 \cdot \sqrt{2} \approx 2,141 = 2,182$$

$$\Delta Q = \frac{3}{2} \nu R T_1 \cdot 2,182$$

$$\text{в } 7 \cdot 10^3, \text{ но } x \geq 0$$

$$\Delta T_{1-2} = 1600 \text{ K} - 400 \text{ K} = 1200 \text{ K}$$

$$A_{1-2} = \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{1-2} = \frac{1}{2} 9972 \text{ Дж} = \underline{\underline{4986 \text{ Дж}}}$$

$$2) \quad \eta = \frac{A_{\Sigma}}{\Delta Q_{\Sigma}} = \frac{A_{1-2} + A_{2-3} + A_{3-1}}{\Delta Q_{1-2} + \Delta Q_{2-3} + \Delta Q_{3-1}}$$

Запишем I начало:

$$\Delta Q = \Delta U + A$$

$$A_x = (C_x - \frac{3}{2} R) \cdot \nu \cdot \Delta T_x$$

$$\Delta Q_x = A_x + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_x$$

в

$$A_{1-2} = 4986 \text{ Дж}$$

$$A_{2-3} = +R \nu \cdot T_1 \cdot (4 - 2,82) = 3324 \text{ Дж} \cdot 1,18 = 3927,31 \text{ Дж}$$

$$A_{3-1} = -R \nu \cdot T_1 \cdot (2,82 - 1) = -3324 \cdot 1,82 =$$

$$= -6049,68 \text{ Дж}$$

$$8,31 \cdot 400 = 831 \cdot 4 =$$

$$= 8320 + 190,4 = 3324$$

$$3324 \cdot 1,18 =$$

$$\begin{array}{r} 3324 \\ 3324 \\ 26592 \\ \hline 3927,32 \end{array}$$

$$3927,32$$

$$3324 \cdot 8 = 24000$$

$$\begin{array}{r} 24000 \\ 1600 \\ 32 \\ \hline 28592 \end{array}$$

$$28592$$

$$\begin{array}{r} 9972 \overline{) 2} \\ 19844 \\ \underline{-19844} \\ 0 \end{array}$$

$$831 \cdot 12 =$$

$$8310 + 1000 + 62 =$$

$$Q = 2 \cdot 1200 \cdot 8,31 = 2 \cdot 14 \cdot 8,31 = 19944$$

$$\begin{array}{r} 3324 \\ 26592 \\ 6648 \\ \hline 604968 \end{array}$$

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!



$$\Delta Q_{1-2} = A_{1-2} + \frac{3}{2} \Delta R_{\Delta T_{1-2}} = 4 A_{1-2} \approx 19944 \Phi$$

4485

$$\begin{array}{r} 16000 \\ 1600 \\ 320 \\ 24 \\ \hline 19944 \end{array}$$

$$\Delta Q_{2-3} = A_{2-3} + \frac{3}{2} \Delta R_{\Delta T_{2-3}} = 0,5 A_{2-3} =$$

$$= 4805,8 \Phi - 1961,16$$

$$\Delta Q_{3-1} = A_{3-1} + \frac{3}{2} \Delta R_{\Delta T_{3-1}} = 3,5 A_{3-1} =$$

$$\begin{array}{r} 3922,32 \\ + 844,64 \\ \hline 4766,96 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 7844,64 \\ + 1961,16 \\ \hline 9805,80 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3922,32 \quad | \quad 2 \\ \hline 1961,16 \\ -12 \\ \hline 12 \\ -12 \\ \hline 0 \\ -12 \\ \hline 0 \\ -12 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$= -15124,2 \Phi$$

$$A_{\Sigma} = 2858,64 \Phi$$

$$Q_{\Sigma} = 2858,64 \Phi$$

$$A_{\Sigma} = Q_{\Sigma}$$

$$\begin{array}{r} 6049,68 \quad | \quad 2 \\ \hline 3024,84 \\ -12 \\ \hline 12 \\ -12 \\ \hline 0 \\ -12 \\ \hline 0 \\ -12 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3024,84 \\ + 12099,36 \\ \hline 15124,20 \end{array}$$

$$\eta = \frac{|A_{1-2}| + |A_{2-3}| - |A_{3-1}|}{|A_{1-2}| + |A_{1-3}| + |A_{2-1}|} =$$

$$= \frac{2858,64}{14957,8} \approx 20\%$$

$$\begin{array}{r} 2858,64 \\ 6049,68 \\ + 6049,68 \\ \hline 14957,80 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4986 \\ 3922,32 \\ \hline 8908,32 \\ - 8908,32 \\ \hline 6049,68 \\ + 2858,64 \\ \hline 8908,32 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 15124,2 \\ + 1961,16 \\ \hline 17085,36 \\ - 19944 \\ \hline 17085,36 \\ + 2858,64 \\ \hline 19944 \end{array}$$

$$3,5 \cdot 5 = 10 + 4$$

$$53$$

$$\frac{1}{53}$$

$$\begin{array}{r} 14957,8 \quad | \quad 2858,64 \\ \hline 5 \end{array}$$

$$2858,64 \cdot 5$$

$$1429320$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

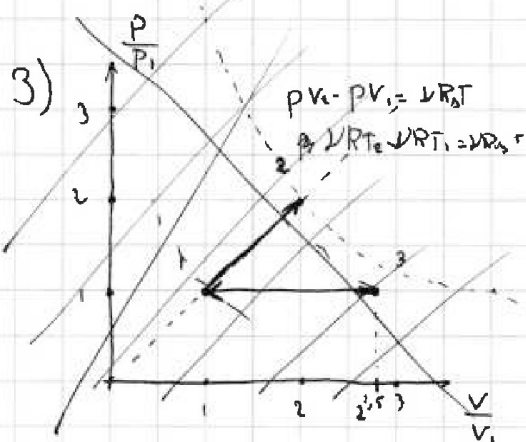
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



$$C_{1-3} = 2,5$$

$$A_{1-3} = \nu R \Delta T_{1-3}$$

1-3 - изобара (может быть еще изобара, а по-типу также, по изобаре)

$p_1 V_1 = p_2 V_2$
 $p_1 = p_2$
 $V_2 = 2^{1,5} V_1$

$$C_{1-2} = 2$$

$$A_{1-2} = \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{1-2}$$

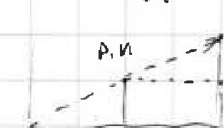
1-2 - прямой пропорциональности;

$$\frac{p_1 V_2}{p_1 V_1} = 4 \Rightarrow p_2 = 2 p_1$$

$$V_2 = 2 V_1$$

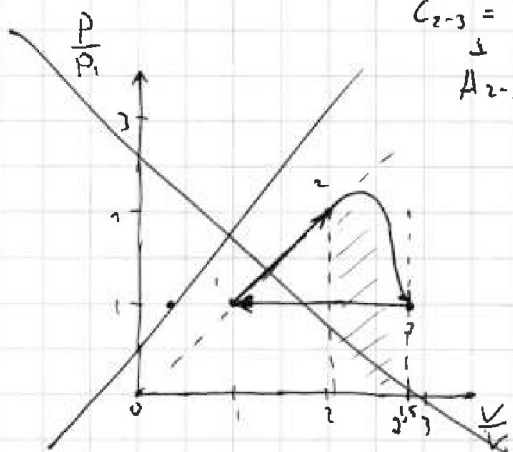
$$C_{3-2} = 0,5$$

$$A_{3-2} = -\nu R \Delta T$$



$$\nu R p_2 V_2 = p_1 V_1$$

$$p_2 V_2 - p_1 V_1 = (p_1 + p_2) \frac{V_2 + V_1}{2}$$

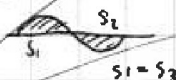


$$C_{2-3} = 0,5$$

$$A_{2-3} = -\nu R \Delta T_{2-3} \Rightarrow \text{изобара}$$

и изохора
какой-то процесс с произвольной его графиком

Потенциально, любой процесс можно задать на произвольном участке работы (напр. не изобара, а фрагмент синусоиды)



Поэтому произвольных графиков - только один из множества возможных.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

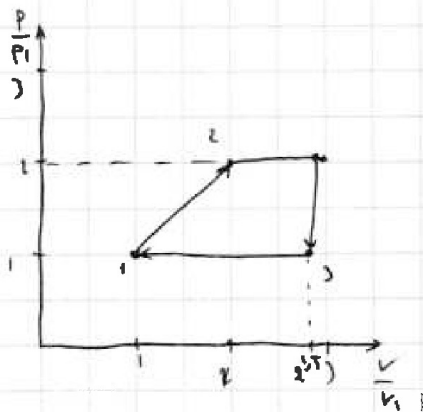
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Изобразим получен график:



$$A_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$$
$$= \left(\frac{2.5 - 1}{2} \right) \cdot \frac{1}{2}$$

Ответ: 1) $A_1 = 4986 \text{ Дж}$

2) $\eta \approx 20\%$

3) см. рис.

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

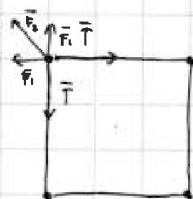
Отметьте крестиком номер задачи.

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:

$q; b;$
 $T=?$
 $v=?$
 $d=?$

Решение:

Запишем рав-во сил, прилож-
но к верхней левому углу
по горизонтальной оси:

$$T = F_1 + F_2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}, \text{ где}$$

F_1 - сила отталкивания с верхним
правым

F_2 - сила отталкивания с нижним
правым:

По 3. Кулона: $F_1 = \frac{kq^2}{b^2}$

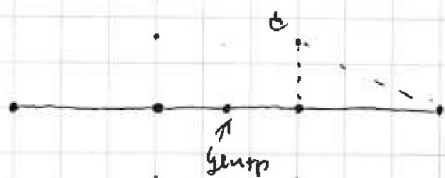
$$F_2 = \frac{kq^2}{2b^2}$$

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

2) По т. о движении центра масс. у.п. системы не
сдвинулся $\Rightarrow$ центр масс "гирлянд" в центре квадрата.

Из соображений симметрии система должна была остаться
симметричной по верт. оси, проходящей через центр квадрата.

Прямая горизонтальная (не верт, т.к. тогда нарушилась бы
симметрия в процессе движения)



Или энергетически, потому не могут
запасать энергию. Запишем
ЗСЭ у.п. правого верхнего угла:

$$\frac{d}{dt} \frac{kq^2}{b} + \frac{4}{\sqrt{2}} \frac{kq^2}{b} = \frac{2mv^2}{2} + \frac{2mv^2}{2} \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{b} \frac{mv^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{b} \frac{mv^2}{2} + \frac{kq^2}{b} \frac{mv^2}{2}$$

$$kq^2 \left(\frac{6\sqrt{2} + 6}{6\sqrt{2}b} + \frac{3\sqrt{2} + 2\sqrt{2}}{3b} \right) = \frac{mv^2}{2}$$

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!



$$kq^2 \left(\frac{mv^2 + 6}{6bv^2} \right) = \frac{mv^2}{2}$$

$$kq^2 \left(\frac{mv^2 + 6}{3bm} \right) = v$$

3) Теперь ещё раз
наметим фигуру и квадрат:



Как было, радиус кривизны шарик сфокусился на $\frac{b}{2}$ вниз
и на b вправо $\Rightarrow d = \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + b^2} = b\sqrt{\frac{1}{4} + 1} = b\frac{\sqrt{5}}{2}$

$$1) T = \frac{kq^2}{b} \left(1 + \frac{\sqrt{5}}{4} \right)$$

Other: $2) V = \sqrt{\frac{kq^2(6 + \sqrt{5})}{bm \cdot 3\sqrt{2}}}$

$$3) d = b\frac{\sqrt{5}}{2}$$

Рассм. наклон
норм X!

Other: $\frac{(arctg \frac{2x}{b}) \cdot \frac{1}{2}}{x} = \frac{V_2}{V_1}$

$$V_1 = V_2 \cdot \frac{x}{(arctg \frac{2x}{b}) \frac{b}{2}}$$

$$1) T = \frac{kq^2}{b} \left(1 + \frac{\sqrt{5}}{4} \right)$$

$$2) V = \sqrt{\frac{kq^2(8\sqrt{2} + 4)}{\sqrt{2}bm \left(1 + \frac{b}{2} (arctg \frac{2x}{b}) \right)}}$$

$$3) d = b\frac{\sqrt{5}}{2}$$

$$\sqrt{\frac{\frac{8kq^2}{bm} + \frac{4kq^2}{\sqrt{2}bm}}{1 + \frac{x}{\frac{b}{2} (arctg \frac{2x}{b})}}} = V_2$$

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!

