



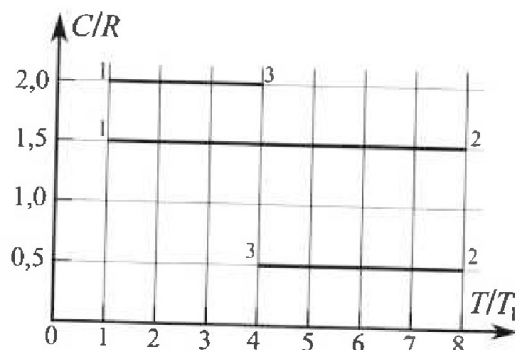
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

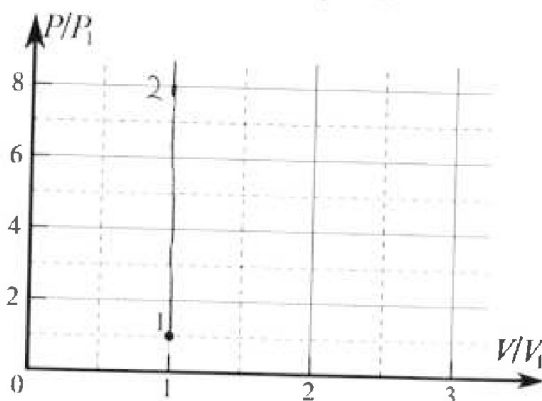
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



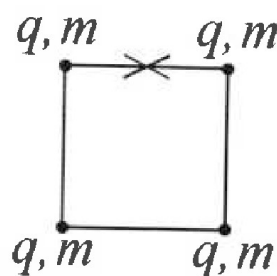
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



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



- 1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика. Одну нить пережигают.
- 2) Найдите кинетическую энергию K любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.
- 3) На каком расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)? Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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



1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета $L = 20$ м.

1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью V_0 к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна $H = 3,6$ м.

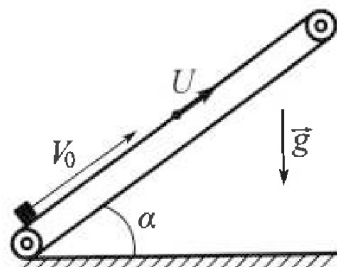
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$.

Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь S пройдет коробка в первом опыте к моменту времени $T = 1$ с?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 1$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 6$ м/с (см. рис.).

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

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же кинетической энергии K на одинаковых участках пути.

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

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

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

2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

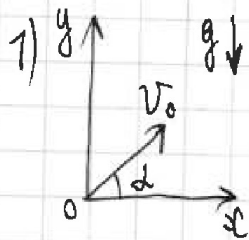
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице!

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

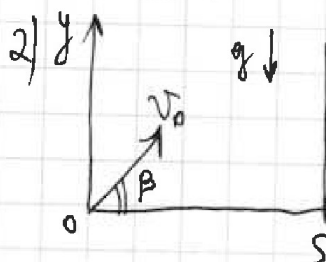
Задача 1.



$v_x = v_0 \cos \alpha$ τ - время полёта v_0 - нач. скор.

$$\begin{cases} L = v_0 \cos \alpha \tau \\ 0 = v_0 \sin \alpha \tau - \frac{g \tau^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \tau = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} \\ L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \end{cases}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 20}{\sin 90^\circ}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



τ_1 - время полёта до стенки, v_0 - нач. скор.

$$\begin{cases} S = v_0 \cos \beta \tau_1 : Ox \\ v_0 \sin \beta \tau_1 - \frac{g \tau_1^2}{2} = H : Oy \end{cases}$$

$$H = v_0 \sin \beta \cdot \frac{S}{v_0 \cos \beta} - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \beta} = S \tan \beta - \frac{g S^2 (1 + \tan^2 \beta)}{2 v_0^2}, \text{ м.к.}$$

$$\frac{1}{\tan \beta} \cdot \frac{1}{\cos^2 \beta} = 1 + \tan^2 \beta$$

$$H = S \tan \beta - \frac{g S^2}{2 v_0^2} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \tan^2 \beta$$

$$S = \text{const}$$

$$H_{\max} = \frac{-S}{2 \left(-\frac{g S^2}{2 v_0^2} \right)} = \frac{v_0^2 S}{g S} = \frac{v_0^2}{g}$$

$$H = H_{\max} \text{ при } \tan \beta = \frac{-S}{2 \left(-\frac{g S^2}{2 v_0^2} \right)} = \frac{v_0^2}{g S}$$

$$\Rightarrow H_{\max} = S \frac{v_0^2}{g S} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot \frac{v_0^4}{g^2 S^2} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} - \frac{v_0^2}{2g}$$

с учётом $H_{\max} = H = 3,6 \text{ м}$:

$$-H + \frac{v_0^2}{2g} = \frac{g}{2 v_0^2} S^2 \Rightarrow S = \sqrt{2 v_0^2 \frac{1}{g} \left(-H + \frac{v_0^2}{2g} \right)}$$

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!

$$S = \sqrt{2 \cdot 200 \frac{1}{10} \left(3,6 + \frac{200}{20} \right)} \text{ м} = \sqrt{40 \left(10 - 3,6 \right)} \text{ м} = \sqrt{40 \cdot 6,4} \text{ м} \\ = \sqrt{4 \cdot 64} \text{ м} = 2 \cdot 8 \text{ м} = 16 \text{ м}$$

Ответ: 1) $v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 1,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) $S = \sqrt{\frac{2v_0^2}{g} \left(\frac{v_0^2}{2g} - H \right)} = 16 \text{ м}$



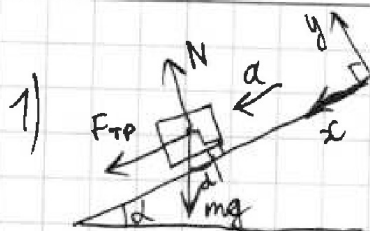
На одной странице можно оформлять только одну задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

Задача 2.



В 1-м опыте $\vec{F}_{тр}$ - сила трения - вдоль по склону
(против см. скор.)

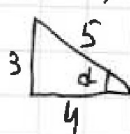
ускор. коробки: $ox: F_{тр} + mg \sin \alpha = ma$ II з-н Ньют. по оси

$F_{тр} = \mu N$ (по з-ну Кул.-тирм.)
если прскл.

$oy: N = mg \cos \alpha$

$$\Rightarrow a = \frac{\mu N}{m} + g \sin \alpha = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$\sin \alpha = 0,6$$



$$\cos \alpha = 0,8$$

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

$$= \left(6 \cdot 1 - 10 \cdot (0,5 \cdot 0,8 + 0,6) \frac{1^2}{2} \right) \text{ м} = \left(6 - (4 + 6) \frac{1}{2} \right) \text{ м} = 1 \text{ м}$$

$$\text{коробка остановится через } t_0 = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{6}{10(0,5 \cdot 0,8 + 0,6)} =$$

$$= 0,6 \text{ с} < T \Rightarrow \text{вышли. } S - \text{верный ответ}$$

2) для второго опыта до достиж. коробки скор. v всё так же

$\Rightarrow$ ~~скор. кор.~~ $v = v_0 - a T_1$

$$T_1 = \frac{v_0 - v}{a} = \frac{v_0 - v}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{6 - 1}{10(0,5 \cdot 0,8 + 0,6)} = \frac{5}{4 + 6} \text{ с} = 0,5 \text{ с}$$

3) Путь шайбы L_1 до достиж. скор $v = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$:

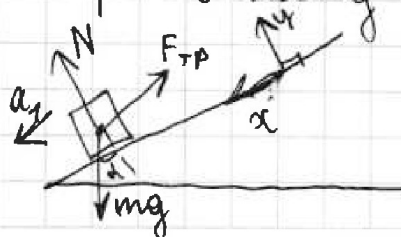
$$L_1 = v_0 T_1 - \frac{a T_1^2}{2} = \frac{v_0^2 - v^2}{2a} = \frac{v_0^2 - v^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

на далее скор. шайбы становится меньше скор лент v и
относит. скор. направлена вниз по склону $\Rightarrow$ сила трения
вверх по склону и $F_{тр} = \mu N$, т.к. есть прскл. ш.

II з-н Ньют. для шайбы

$$ox: m a_1 = mg \sin \alpha - F_{тр}$$

$$oy: N = mg \cos \alpha$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

$$a_1 = g \sin \alpha - \frac{\mu mg \cos \alpha}{m} = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

Путь вверх по склону от мом. врем., когда скор. равна v_0 до мом. достижения нулевой скор. L_2 :

$$L_2 = \frac{v^2}{2a_1} = \frac{v^2}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$$

полное перемещ. кор-ки: $L = L_1 + L_2 = \frac{v_0^2 - v^2}{2g|\mu \cos \alpha + \sin \alpha|} + \frac{v^2}{2g|\sin \alpha - \mu \cos \alpha|}$

$$L = \frac{6^2 - 1^2}{2 \cdot 10 |0,5 \cdot 0,6 + 0,6|} + \frac{1^2}{2 \cdot 10 |0,6 - 0,5 \cdot 0,6|} = \left(\frac{35}{2 \cdot 10} + \frac{1}{2 \cdot 2} \right) \mu =$$
$$= (1,75 + 0,25) \mu = 2 \mu$$

Ответ: 1) $S = v_0 T - g |\mu \cos \alpha + \sin \alpha| \frac{T^2}{2} = 1 \mu$

2) $T_1 = \frac{v_0 - v}{g |\mu \cos \alpha + \sin \alpha|} = 0,5 \text{ c}$

3) $L = \frac{v_0^2 - v^2}{2g |\mu \cos \alpha + \sin \alpha|} + \frac{v^2}{2g |\sin \alpha - \mu \cos \alpha|} = 2 \mu$



1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

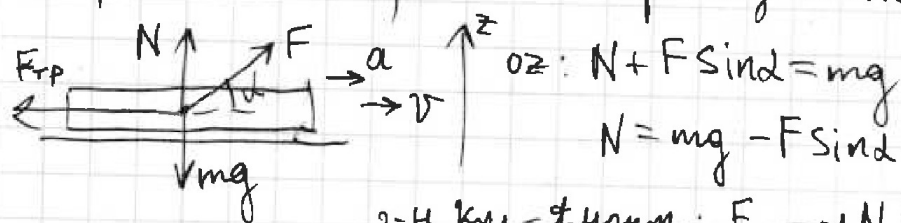
МФТИ

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

Задача 3.

1) считаем всё время движ. по горизонтальной, проекц. силы F на горизонт в 1-й сущ. равна $F_1 = F \cos \alpha$, во 2-й $F_2 = F$

① сущ.: работа силы F по перемещ. $A_F = \sum F_1 \Delta \ell = F_1 \sum \Delta \ell = F_1 L = F \cos \alpha L$, L - полн. перемещ. санок



$$\text{oz: } N + F \sin \alpha = mg$$

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

$$\text{з-н кр.-трения: } F_{\text{тр}} = \mu N = \mu (mg - F \sin \alpha)$$

$$\text{работа силы трен. } F_{\text{тр}} = \sum F_{\text{тр}} \Delta \ell = F_{\text{тр}} \sum \Delta \ell = F_{\text{тр}} L =$$

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

изменен. энергии санок равно K :

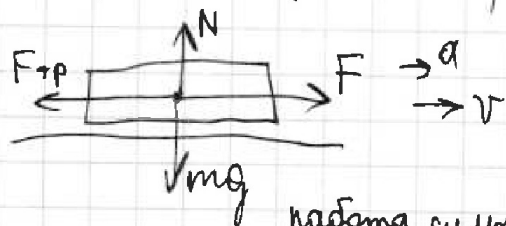
$$F \cos \alpha L - \mu (mg - F \sin \alpha) L = K$$

$$L = \frac{K}{F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha)}$$

$$A_F - A_{\text{тр}} = K$$

силы N и mg ра-
боты не соверш.,
т.к. перпендику-
лярны перемещ. в кажд.
мом. врем.

② сущ.: работа силы F по перемещ.: $A_F' = \sum F_2 \Delta \ell =$
 $= F_2 \sum \Delta \ell = F_2 L = FL$, L - то же самое перемещ., что и в 1-й сущ. (по услов.)



$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$\text{oz: } N = mg \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu mg$$

$$\text{работа силы трен.: } F_{\text{тр}} L = \mu mg L = A_{\text{тр}}'$$

$$A_F' - A_{\text{тр}}' = K$$

$$FL - \mu mg L = K \Rightarrow L = \frac{K}{F - \mu mg}$$

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

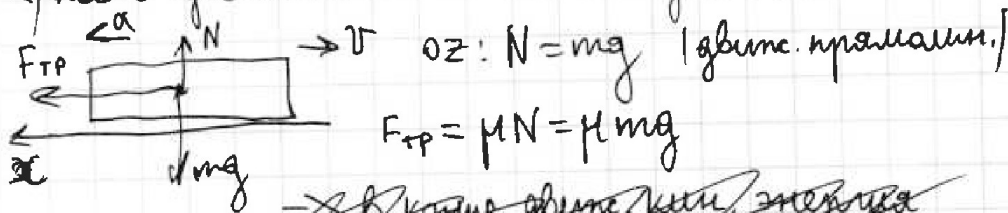
$$\Rightarrow F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) = F - \mu mg$$

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

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

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

2) после достижения к сила F не действ.



$$F_{тр} = \mu N = \mu mg$$

~~→ движение по горизонтали~~

оз:

$$\text{По 3-м Ньют. оз: } ma = F_{тр} = \mu mg$$

$$a = \mu g$$

$$\text{нач. скор. } k = \frac{mv_0^2}{2}, v_0^2 = \frac{2k}{m}$$

$$\text{пути } S = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{2k}{m \cdot 2\mu g} = \frac{k}{\mu mg}$$

$$\text{Ответ: } 1) \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}; \quad 2) S = \frac{k}{\mu mg}.$$



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!

Задача 4.

1) по условию: $\nu=1$ (моль), степ. своб. газа $i=3$ (одноат.)

наизв. под графиком $C(T)$ пропорц. наизв. телом темп

$$\delta Q = C \Delta T \nu \Rightarrow \delta Q = \sum C \Delta T \nu = \sum C \Delta T, \text{ т.к. } \nu=1$$

участок 3-1: темп. уменьш. $\Rightarrow$ тепло забирается

$$Q_{31} = C_{33} \Delta T_{31} = -2R(4T_1 - T_1) = -6RT_1$$

$$\text{измен. внутр. эн-ии газа } \Delta U_{31} = \frac{i}{2} \nu R \Delta T_{31} = \frac{3}{2} R(T_1 - 4T_1) = -4,5RT_1$$

1-е начало термодинамики:

$$Q_{31} = \Delta U_{31} - A_{31} \Rightarrow -6RT_1 = -4,5RT_1 + A_{31}$$

$$A_{31} = -1,5RT_1$$

$$A_{31} = 1,5 \cdot 8,31 \cdot 200 \text{ Дж} = 2493 \text{ Дж}$$

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

2) уравнение Клаузиуса-Менг.: $p_1 V_1 = \nu R T_1 = R T_1$

2) наизв. и отпущ. тепло (с уч. знака) обозн. Q_+ и Q_-

$$\eta = \frac{Q_+ + Q_-}{Q_+} = 1 + \frac{Q_-}{Q_+} \quad \text{теплота наизв. только на участке 1-2}$$

$$Q_+ = Q_{12} = C_{12}(8T_1 - T_1) = 1,5R \cdot 7T_1 = 10,5RT_1$$

$$Q_- = C_{31}(T_1 - 4T_1) + C_{23}(4T_1 - 8T_1) = -2R \cdot 3T_1 - 0,5R \cdot 4T_1 = -8RT_1$$

$$\eta = 1 + \frac{Q_-}{Q_+} = 1 - \frac{8RT_1}{10,5RT_1} = 1 - \frac{80}{105} = \frac{25}{105} = \frac{5}{21} \approx 0,23 \quad (23\%)$$

$$\begin{array}{r} 5 \overline{) 21} \\ -10 \\ \hline 11 \\ -10 \\ \hline 1 \\ -0 \\ \hline 10 \\ -09 \\ \hline 1 \end{array}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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

МФТИ

3) 4-е ур-ние Клайп. - Менг $p_1 V_1 = \nu R T_1 = R T_1$

$$p_2 V_2 = R T_2 = R \cdot 8 T_1 = 8 R T_1 \quad p_3 V_3 = R T_3 = 4 R T_1$$

для кажд. из ур. зав. $Q(T)$ - линейн.

$$\delta Q = \frac{3}{2} (p dV + V dp) + p dV$$

методом. $C = \frac{\delta Q}{dT} = \frac{\delta Q}{p dV + V dp} R = \frac{3}{2} R + \frac{1}{1 + \frac{V dp}{p dV}} R$

$$p dV + V dp = R dT \quad dT = \frac{p dV + V dp}{R}$$

$$C = \frac{3}{2} R = 1,5 R \text{ при } \frac{dp}{dV} \rightarrow \infty, \text{ т.е. при } V = \text{const}$$

$$\Rightarrow \text{т.к. в проц. 1-2 } C_{12} = \frac{3}{2} R'$$

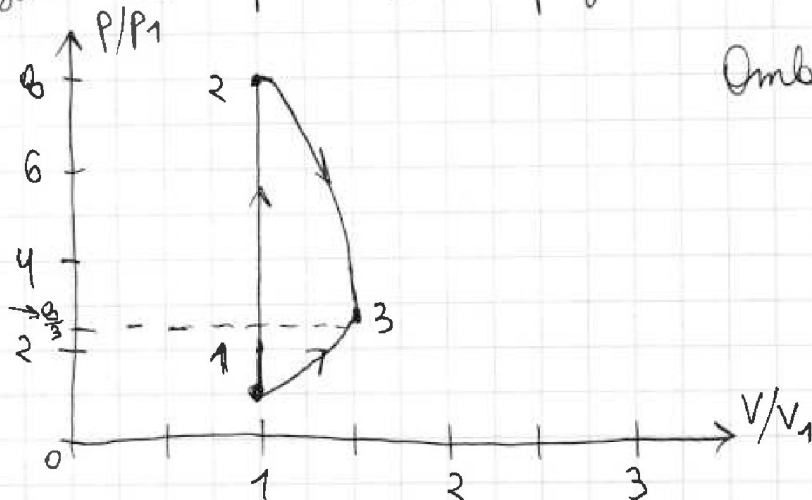
$$V_1 = V_2, p_2 = \frac{8 R T_1}{V_1} = 8 p_1 \text{ проц. 1-2 процесс } C V = \text{const}$$

$$\text{в проц. 1-2 } C = \text{const} \Rightarrow \delta Q = C dT = \frac{3}{2} (p dV + V dp) + p dV$$

$$\frac{C}{R} (p dV + V dp) = \frac{3}{2} (p dV + V dp) + p dV$$

$$\left(\frac{C}{R} - \frac{3}{2} \right) \left(1 + \frac{V dp}{p dV} \right) = 1$$

за малое время dt в проц.



Ответ: 1) $A_{31} = +1,5 R T_1$

2) $\eta \approx 0,23$



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!

$$C \Delta T = \frac{3}{2} R \Delta T + p \Delta V : \text{малое измен. темп. газа, 1-е нач. терм.}$$

$$\left(C - \frac{3}{2} R\right) \Delta T = \frac{RT}{V} \Delta V$$

$$\left(C - \frac{3}{2} R\right) \frac{\Delta T}{T} = R \frac{\Delta V}{V}$$

$$\left(\frac{C}{R} - \frac{3}{2}\right) \frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta V}{V} \Leftrightarrow \text{в проц. с тем. } C = \text{const}$$

$$\left(\frac{C}{R} - \frac{3}{2}\right) \epsilon_T = \epsilon_V \quad \begin{array}{l} \text{относительн. измен. темп. и} \\ \text{объёма связаны линейно} \end{array}$$

$$\text{для проц. 2-3: } \left(\frac{0,5R}{R} - \frac{3}{2}\right) \epsilon_T = \epsilon_V$$

$$\epsilon_V = -\epsilon_T = -\frac{4T_1 - 8T_1}{8T_1} = 0,5$$

$$\frac{V_3 - V_2}{V_2} = 0,5 \Rightarrow V_3 = \frac{3}{2} V_2 = \frac{3}{2} V_1$$

$$\Rightarrow p_3 = \frac{4RT_1}{\frac{3}{2}V_1} = \frac{4p_1V_1}{\frac{3}{2}V_1} = \frac{8}{3} p_1$$

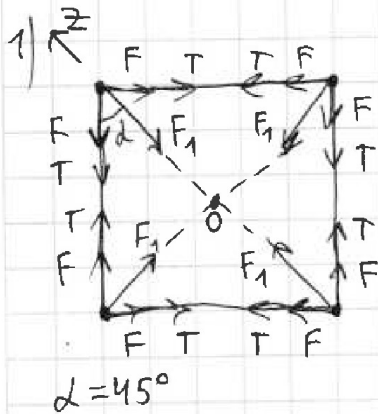
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Задача 5.

3-й Кул. $F = k \frac{q^2}{a^2}$ $F_1 = k \frac{q^2}{(a\sqrt{2})^2} = k \frac{q^2}{2a^2}$
 $F_1 = \frac{F}{2}$

т.к. все нити нерастягиваются, шарики в этот момент имеют все нормальные ускор. a_n , направл. к центру квадрата

$ma_n = 2F \cos \alpha + 2T \cos \alpha + \frac{F}{2} = F \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2} \right) + \sqrt{2} T$

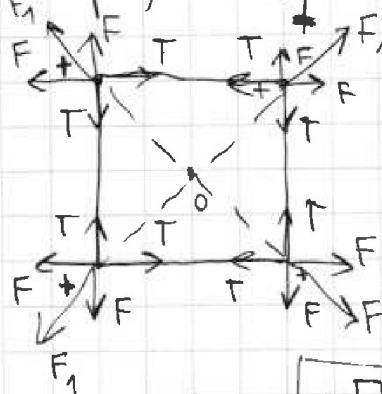
чтобы шарики наход. в равнов., сила $\vec{F}_1$ должна быть направл. в противополож. стор (шарики по диагонали отталкиваются)
 равнов. $0 \Rightarrow F_1 = 2 \cos \alpha (F + T)$

$\frac{F}{4 \cos \alpha} = F + T$, $\frac{F}{4 \frac{\sqrt{2}}{2}} = F + T$, $F \left(\frac{\sqrt{2}}{4} - 1 \right) = T$

$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a^2} \left(\frac{\sqrt{2}}{4} - 1 \right) = T$

$|q| = \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 a^2 T}{\frac{\sqrt{2}}{4} - 1}} = 4a \sqrt{\frac{\pi\epsilon_0 T}{\sqrt{2} - 4}}$

видно, что $|q|^2 < 0 \Rightarrow$ противореч., все шары отрицательно заряжены и отталкиваются



$F_1 + 2F \cos \alpha = 2T \cos \alpha$: равнов.

$F \left(\frac{1}{2} + \sqrt{2} \right) = T \sqrt{2}$

$F = \frac{2\sqrt{2}}{1+2\sqrt{2}} T = k \frac{q^2}{a^2} \quad |k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

$q = \sqrt{\frac{2\sqrt{2}}{1+2\sqrt{2}} 4\pi\epsilon_0 T a^2} = \sqrt{\frac{2\sqrt{2}}{1+2\sqrt{2}} \pi\epsilon_0 T} \cdot 2a$



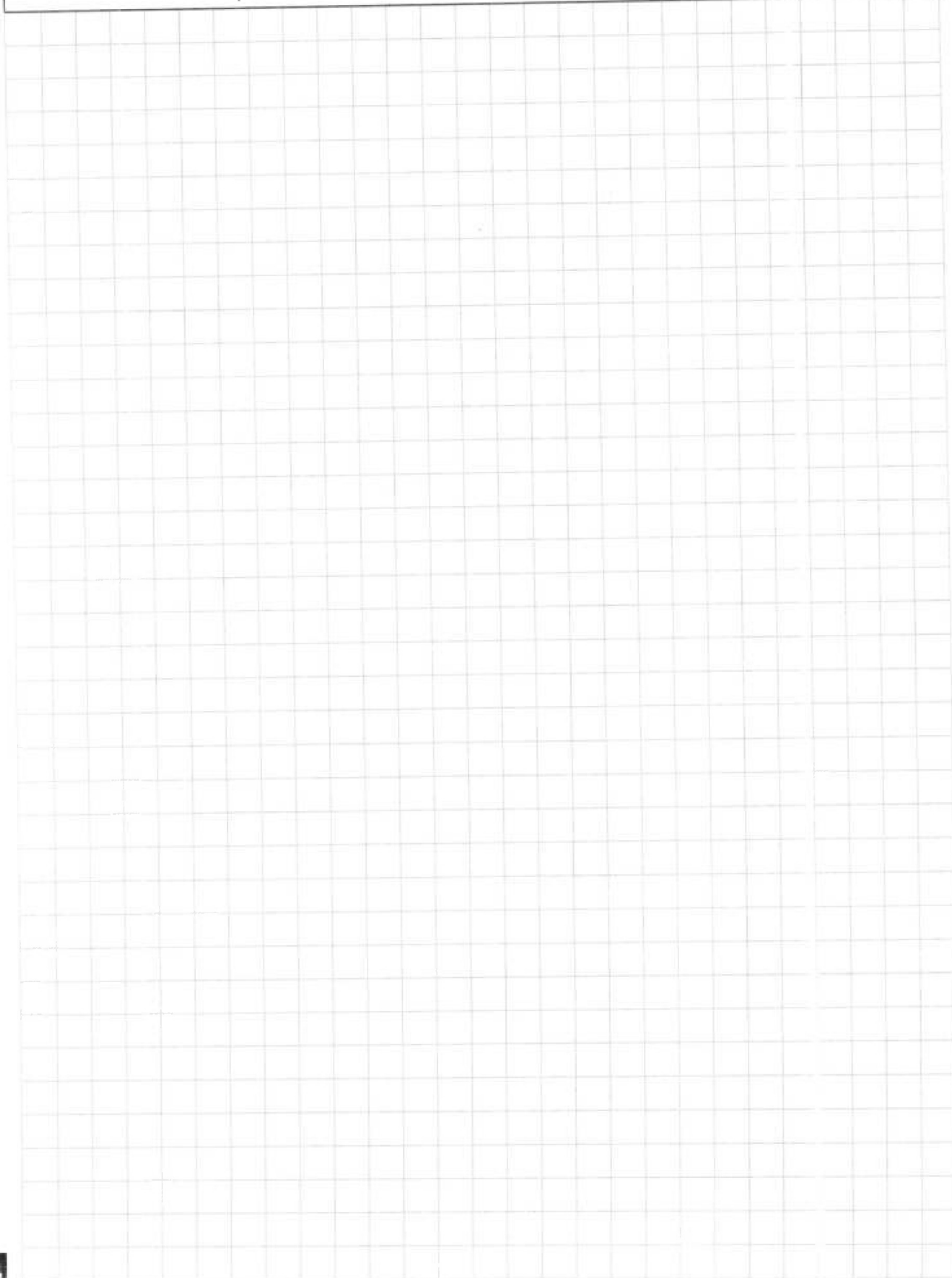
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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!

