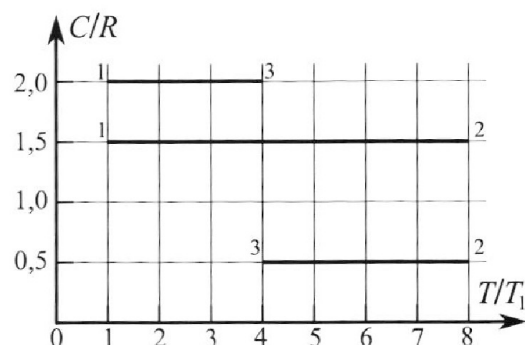


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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

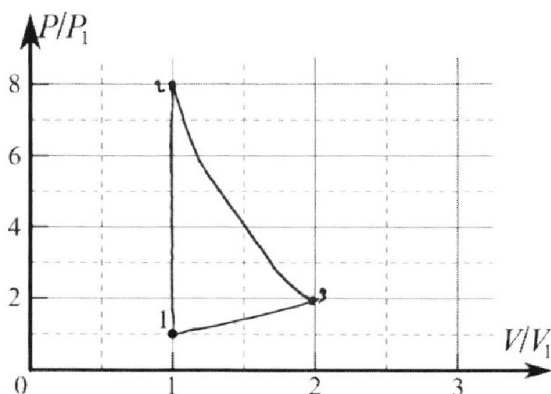
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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

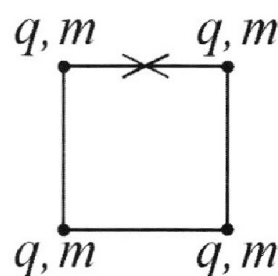
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

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)?

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.

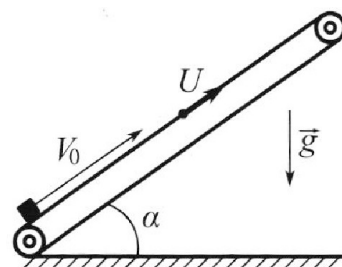
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободно го 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
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

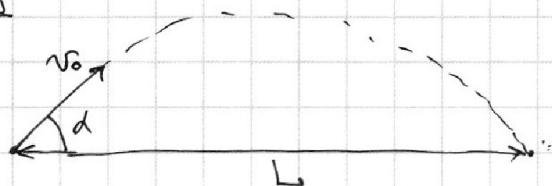
МФТИ

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



5.1

1)



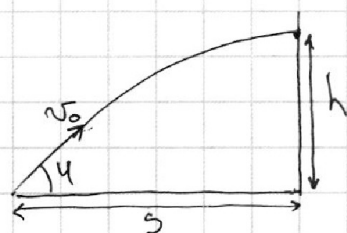
$$\alpha = 45^\circ$$

$$L = 20 \text{ м}$$

$$L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10}{1}} = 10\sqrt{2} \text{ (м/с)}$$

2)



γ - начальный угол

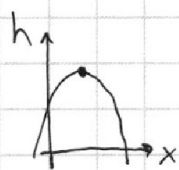
h - высота соударения

$$H = \max(h)$$

$$t_n = \frac{S}{v_0 \cos \gamma} \text{ - время полета до удара}$$

$$h = v_0 \sin \gamma t - \frac{gt^2}{2} = S \cdot \tan \gamma - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v_0^2} \cdot \left(\frac{1}{\cos^2 \gamma}\right) =$$

$$= S \tan \gamma - \frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot (\tan^2 \gamma + 1) = \left| \frac{gS^2}{2v_0^2} = p, \tan \gamma = x \right| = \underline{S \cdot x - px^2 - p}$$



Найдем максимум:

$$x = \frac{-S}{-2p} = \frac{S}{2p}$$

$$\max(h) = H = \frac{S^2}{2p} - \frac{S^2}{4p} - p = \frac{S^2}{4p} - p =$$

$$= \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

$$3,6 = \frac{200}{2 \cdot 10} - \frac{10}{2 \cdot 200} \cdot S^2$$

$$\frac{S^2}{40} = 10 - 3,6 = 6,4$$

$$S^2 = 64 \cdot 4 = (16)^2 \quad S = 16 \text{ м}$$

Ответ: $v_0 = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$
 $S = 16 \text{ м}$

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

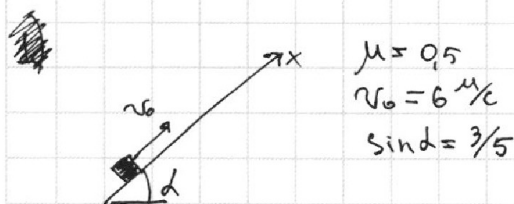
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

52



$$\mu = 0.5$$

$$v_0 = 6 \text{ м/с}$$

$$\sin \alpha = 3/5$$

$$\cos \alpha = 4/5$$

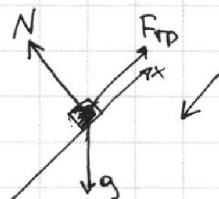
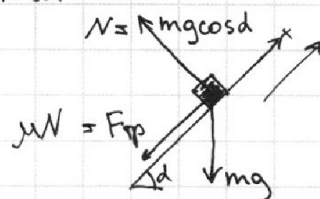
$$\tan \alpha = 3/4$$

$$\mu < \tan \alpha$$

⇓

Коробка заклинить не может
Значит всегда $F_{\text{тр}}$ скольжения

Р-м сил:



Введём ось Ox вдоль центра

$$a_x = -\mu g \cos \alpha - g \sin \alpha \quad \text{— ускорение при движении вверх}$$

$$a'_x = \mu g \cos \alpha - g \sin \alpha \quad \text{— ускорение при движении вниз}$$

1) S_1 — путь вверх, τ_1 — время движения вверх

S_2 — путь вниз, τ_2 — время движения вниз

$$|S_1| + |S_2| = S$$

$$\tau_1 + \tau_2 = T$$

$$a_x = -\frac{1}{2} \cdot 10 \cdot \frac{4}{5} - 10 \cdot \frac{3}{5} = -10$$

$$a'_x = 4 - 6 = -2$$

~~$$v_0 + a_x \tau_1 = 0$$~~

$$v_0 + a_x \tau_1 = 0$$

$$\tau_1 = -\frac{v_0}{a_x} = 0.6 \text{ (с)}$$

$$\tau_2 = 0.4 \text{ (с)}$$

$$S_1 = v_0 \tau_1 + \frac{a_x \tau_1^2}{2} = 3.6 - 1.8 = 1.8 \text{ (м)}$$

$$S_2 = \frac{a'_x \tau_2^2}{2} = -0.16 \text{ (м)}$$

Ответ: $S = 1.96 \text{ (м)}$

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!

2) Пересажусь в СО ленты, тогда

начальная скорость коробки $= v_0' = v_0 - u = 5 \text{ м/с}$

конечная скорость коробки $= u' = u - u = 0 \text{ м/с}$

$$v_0' + a_x T_1 = u' = 0$$

$$5 - 10 T_1 = 0$$

$$T_1 = 0,5 \text{ с} : \text{Ответ}$$

СО ленты инерциальна.
Значит ускорения не изменятся

3) конечная скорость коробки $= u'' = 0 - u = -1 \text{ м/с}$

В СО
ленты:

t_1' - время вверх L_1 - путь вверх

t_2' - время вниз, L_2 - путь вниз

$$|L_1| + |L_2| = L$$

$$t_1' = T_1 = 0,5 \text{ с}$$

$$L_1 = v_0' T_1 + a_x T_1^2 / 2 = 2,5 - 1,25 = 1,25 \text{ (м)}$$

$$L_2 = a_x' (t_2')^2 / 2 = -2 \cdot 0,25 / 2 = -0,25$$

$$a_x' \cdot t_2' = u''$$

$$-2 \cdot t_2' = -1$$

$$t_2' = 0,5 \text{ с}$$

$$L = 1,25 + 0,25 = 1,5$$



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~~ τ_1' - время вверх, L_1 - путь вверх

τ_2' - время вниз, L_2 - путь вниз

$L' = L_1 + L_2$ - перемещение в со-
леной

$$\tau_1' = \tau_1 = 0,5 \text{ с}$$

$$a_x' \cdot \tau_2' = u''$$

$$L_1 = v_0' \cdot \tau_1' + a_x' (\tau_1')^2 / 2 =$$

$$-2 \cdot \tau_2' = -1$$

$$= 2,5 - 1,25 = 1,25 \text{ (м)}$$

$$\tau_2' = 0,5 \text{ с}$$

$$L_2 = a_x' (\tau_2')^2 / 2 = -0,25 \text{ (м)}$$

$$L' = 1,25 - 0,25 = 1 \text{ (м)}$$

~~Время~~

За время $\tau_1' + \tau_2'$ лента проехала $u(\tau_1' + \tau_2') = 1 \text{ м}$

$$L = L' + 1 = 2 \text{ (м)}$$

Ответ: 2 м

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

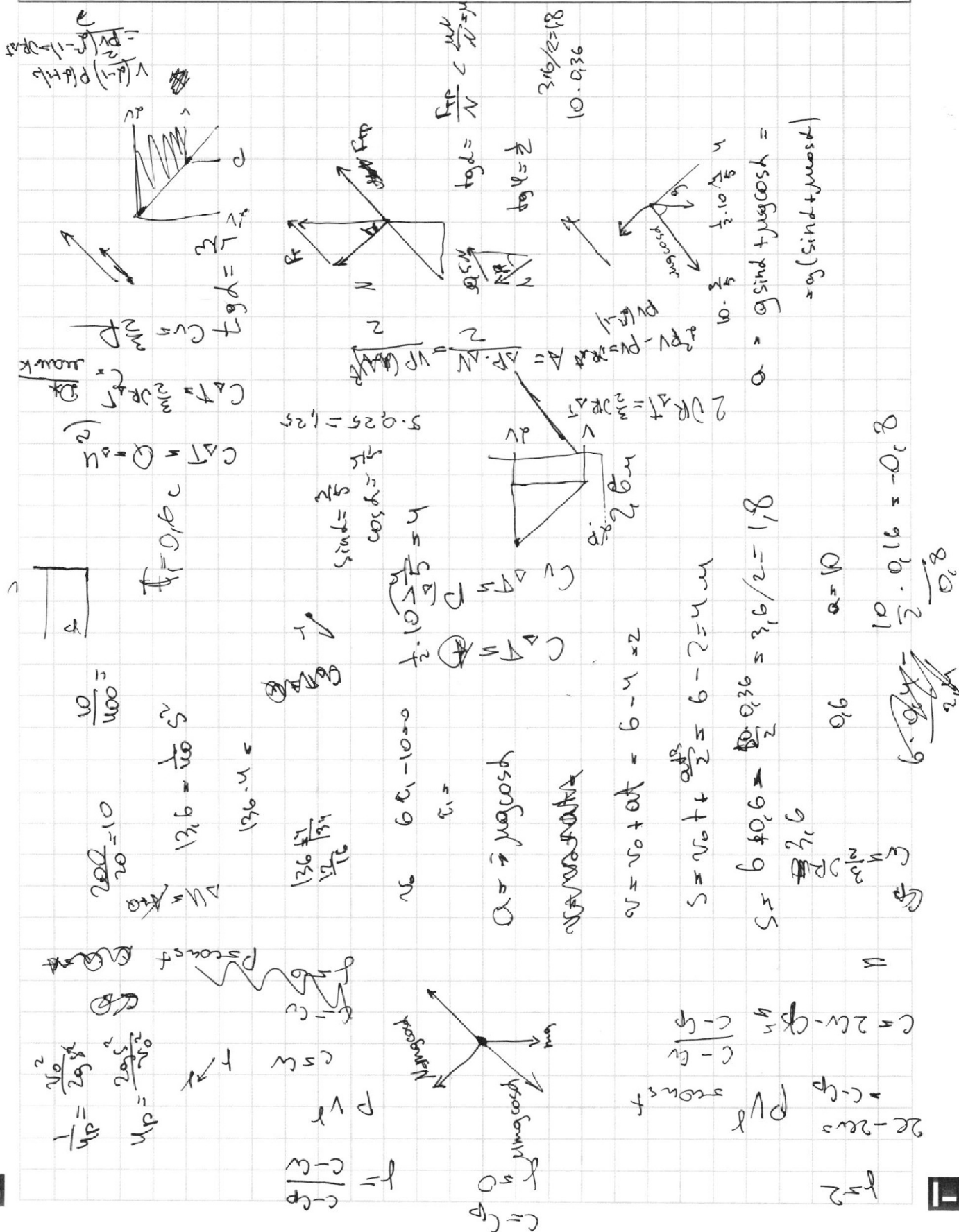
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

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

МФТИ



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

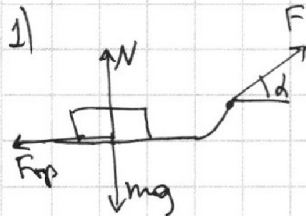
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



МФТИ

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

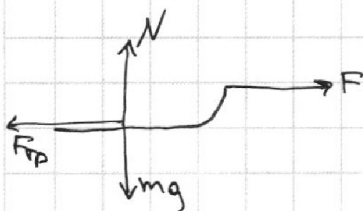
53



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

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$ma = \underline{F_x} - F_{\text{тр}} = \underline{F} - \mu mg + \mu F \sin \alpha + \underline{F \cos \alpha}$$



$$N' = mg$$

$$F'_{\text{тр}} = \mu N'$$

$$ma = F - F'_{\text{тр}} = F - \mu mg$$

Ускорения равны,
потому мы стартуем
из состояния покоя
и пути равны

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

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

2) $A_{\text{тр}} = k$

$$F_{\text{тр}} S = k$$

$$S = \frac{k}{\mu mg} \quad - \text{order}$$

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

54

$$C_V = \frac{3}{2} R$$

$$C_p = \frac{5}{2} R$$

1) $Q = \Delta U + A_r$

$$\Delta C_{\Delta T} = \Delta H + A_T$$

$$C = 2R$$

22/2/21

$$2 \Delta R_{AT} = \frac{3}{2} \Delta R_{AT} + A_r$$

$$A_r = \frac{1}{2} \partial R_{\Delta} T = -\frac{3}{2} \partial R T_1$$

$$A_{31} = -A_1 = \left[\frac{3}{2} RT_1 \right] \quad \text{oder: } \frac{3}{2} RT_1 = 2493 \text{ J}$$

2) 1 → 2 : $A = 0$, $Q = \frac{3}{2} n R \Delta T = \frac{21}{2} n R T_1$

$$2 \rightarrow 3: \quad \int \frac{1}{2} \Delta T = \frac{3}{2} n R \Delta T + A$$

$$A = -3RT = -4.0RT$$

$$Q = -20RT,$$

$$3 \rightarrow 1: A = -\frac{3}{2} RT_1$$

$$Q = -6 JRT_1$$

Answer $\rightarrow$ $Q_T = \frac{1}{2} C R T_1$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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

МФТИ



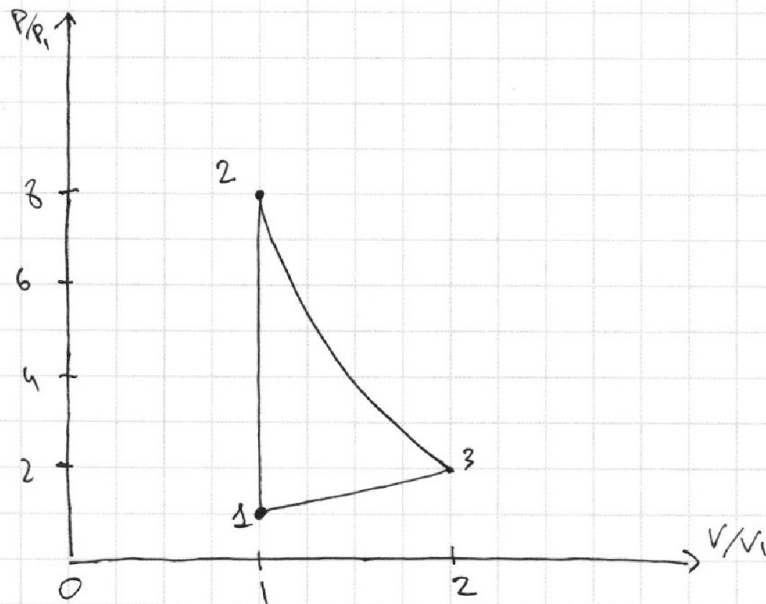
$$A_{\text{цикл}} = \Delta R T_1 \left(4 - \frac{3}{2}\right) = \frac{5}{2} \Delta R T_1$$

$$Q^+ = \frac{21}{2} \Delta R T_1$$

$$\eta = \frac{A_{\text{цикл}}}{Q^+} = \frac{5}{21}$$

Ответ: $\eta = \frac{5}{21}$

3)



1 → 2: $C = \frac{3}{2}R = C_V \Rightarrow V = \text{const}$

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

3 → 1: $C = 2R$ $P V^\gamma = \text{const}$

$\gamma = \frac{C - C_V}{C - C_V} = \frac{2 - \frac{5}{2}}{2 - \frac{3}{2}} = -1 \Rightarrow P V^{-1} = \text{const} \Rightarrow P \sim V$

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!

$$\frac{P_1 V_1}{P_3 V_3} = \frac{T_1}{T_3} = 4$$

$$P_1 = 2V_1$$

$$P_3 = 2V_3$$

$$V_1^2 = 4V_3^2$$

$$V_3 = 2V_1$$

2 → 3:

$$\gamma = \frac{1/2 - 5/2}{1/2 - 3/2} = 2$$

$$P \sim \frac{1}{V^2}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

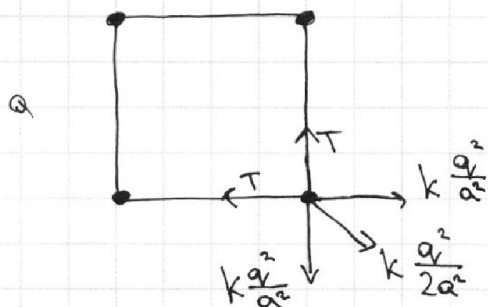
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

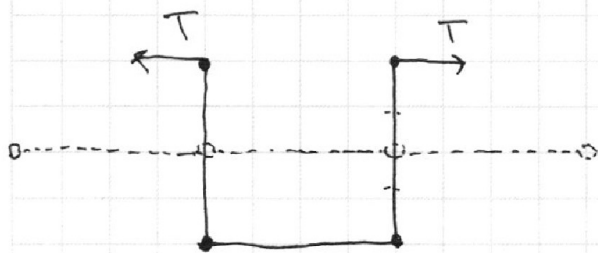
55

Все заряды одинаковые, иначе нити не могут быть натянуты



$$T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{\sqrt{2}}{4} \frac{kq^2}{a^2}$$

$$|q| = \sqrt{\frac{Ta^2}{k(1+\frac{\sqrt{2}}{4})}} = a \sqrt{\frac{T}{k(1+\frac{\sqrt{2}}{4})}} - \text{ответ.}$$



Центр масс остается на месте

Значит шарики будут располагаться
как на рисунке нумерован.



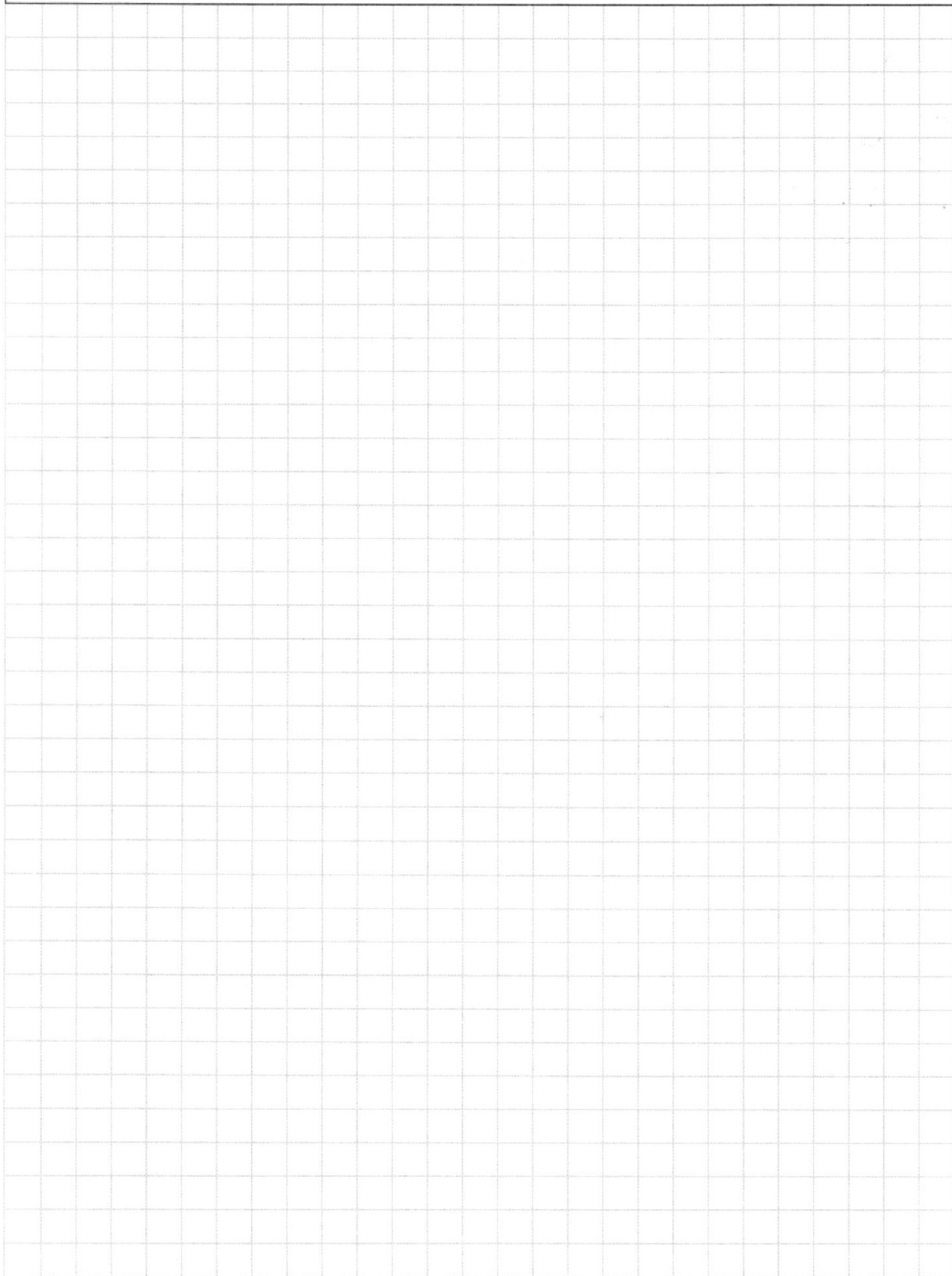
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$t_n = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$v_x = v_0 \cos \alpha$$

$$L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$v_0^2 = \frac{Lg}{\sin 2\alpha}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{Lg} = \sqrt{200} = 10\sqrt{2}$$

$\sin 90^\circ = 1$

$$d \tan \alpha - \frac{g}{2} \frac{d^2}{v_0^2} (\tan^2 \alpha + 1) = h$$

$$d \tan \alpha - \frac{g}{2} \frac{d^2}{v_0^2} \tan^2 \alpha - \frac{gd^2}{2v_0^2}$$

$$-p \tan^2 \alpha + d \tan \alpha - p$$

$$-px^2 + dx - p$$

$$-2xp + d = 0$$

$$x = \frac{d}{2p}$$

$$\frac{200}{144} = \frac{656}{656}$$

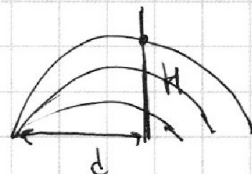
$$d^2 + 20d - 656 = 0$$

$$D = b^2 - 4ac \quad \frac{D}{4} = \left(\frac{b}{2}\right)^2 - ac = 100 + 656 = 756 = 34^2$$

$$\begin{array}{r} 756 \overline{) 2} \\ 6 \overline{) 151} \quad 2 \overline{) 378} \quad 2 \overline{) 1189} \\ 12 \overline{) 17} \quad 4 \overline{) 16} \quad 4 \overline{) 10} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \overline{) 12} \\ 12 \overline{) 12} \\ 0 \end{array}$$

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

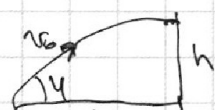


$$v_y = \sqrt{2gh}$$

$$h = \frac{v_y^2}{2g} = \frac{17^2}{2 \cdot 2} = 34$$

$$v_y = 10\sqrt{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 10$$

$$24$$



$$t = \frac{v_0 \cos \alpha}{g}$$

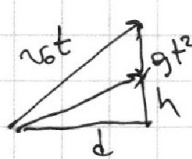
$$h = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

$$v_y = \sqrt{2gh}$$

$$\frac{3 \cdot 6 \cdot 10}{36} = 72$$

$$\sqrt{72} = 6\sqrt{2}$$

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$



$$\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = 5$$

$$\frac{1}{\cos^2}$$

$$\frac{1}{\cos^2} + 1 =$$

$$h = \frac{200 \cdot \frac{24}{25}}{20} = \frac{2 \cdot 24}{25 \cdot 5} = \frac{48}{5}$$

$$1 + \tan^2 =$$

$$\frac{\cos^2 \sin^2}{\cos^2} = \frac{1}{\cos^2}$$

$$3.6 = 10 \sin^2 \alpha$$

$$0.36 = \sin^2 \alpha$$

$$\sin \alpha = 0.6 = \frac{3}{5}$$

$$3.6 = \frac{36}{10} = 10 \cos^2 \alpha =$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$2 \sin \alpha \cos \alpha =$$

$$= \frac{24}{25}$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2} =$$

$$= \frac{-6 \pm \sqrt{34}}{2} =$$

$$= -10 + 34 = 24$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$C_p \Delta T = Q = \Delta U + A = \frac{1}{2} P \Delta V = \frac{1}{2} \gamma P \Delta T$$

$$C_p = \frac{5}{2} R$$

$$\Delta U = A + Q$$

$$A = P \Delta V$$

$$\frac{3}{2} P \Delta V$$

$$\frac{831 \cdot 3}{2493}$$

$$\gamma = 1$$

$$\gamma = \frac{C_p - C_v}{C_p} = \frac{5}{3}$$

$$-1 = \frac{2 - \frac{1}{2}}{2 - \frac{3}{2}} = \frac{3/2}{1/2} = 3$$

$$-1 = \frac{2 - \frac{5}{2}}{2 - \frac{3}{2}} = \frac{-1/2}{1/2} = -1$$

$$\frac{3}{2} \cdot 200 \cdot 8,31$$

$$C_p = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{1}{2} = \frac{x - \sqrt{2}}{x - \sqrt{2}} = \frac{2x - 5}{2x - 5}$$

$$x - \frac{3}{2} = 2x - 5$$

$$x = 5 - \frac{3}{2} = 3,5$$

$$\frac{3}{2} \gamma R \Delta T = \int P dV + Q C_p \Delta T$$

$$\frac{13}{2} \Rightarrow 6,5$$

$$\frac{-\frac{1}{2} + \frac{5}{2}}{-\frac{1}{2} + \frac{3}{2}} = 2$$

$$TV = \text{const}$$

$$PV^2 = \text{const}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T$$

$$A = \gamma R \Delta T = P \Delta V$$

$$Q = C_p \Delta T$$

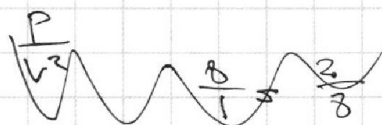
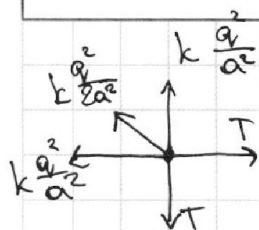
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

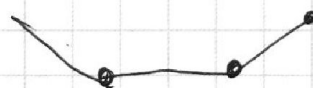
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

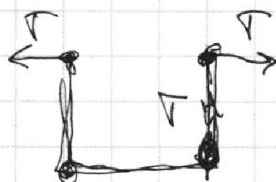


$$T = k \frac{Q^2}{a^2} + \frac{\sqrt{2}}{2} k \frac{Q^2}{2a^2} = k \frac{Q^2}{a^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4} \right)$$

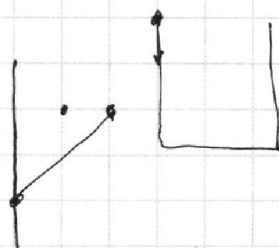


$$\sqrt{\frac{T a^2}{k(1 + \frac{\sqrt{2}}{4})}} = |a|$$

$$P V^2 = 8 \cdot 1 = 2 \cdot 2^2$$



$$\Delta U = Q$$

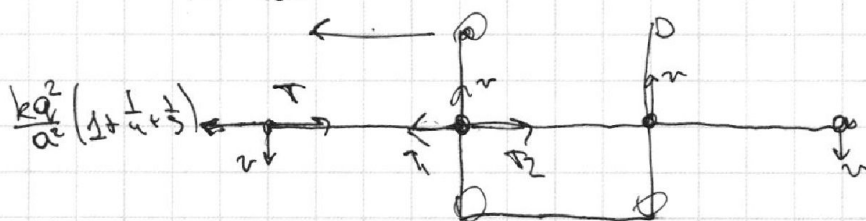


$$N = mg - F \sin \alpha$$

$$F \cos \alpha - \mu N =$$

$$T_1 + \frac{k Q^2}{a^2} = T_2$$

ум. на мере



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

$$= F + \mu mg$$

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

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