



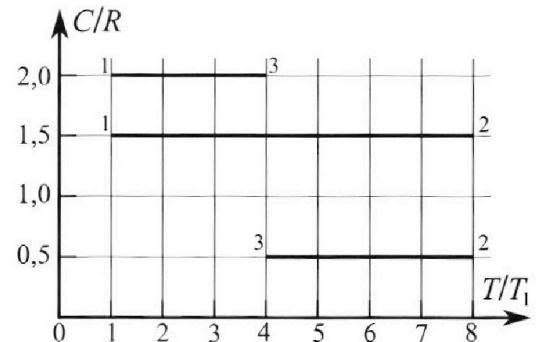
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02

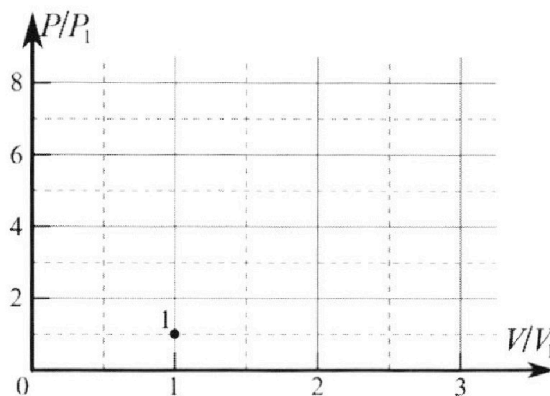


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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).

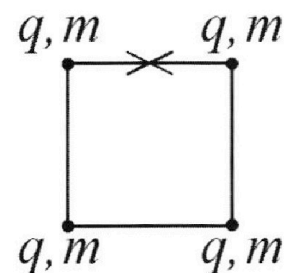


- 1) Найдите работу  $A_{31}$  внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 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  $\epsilon_0$ . 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.

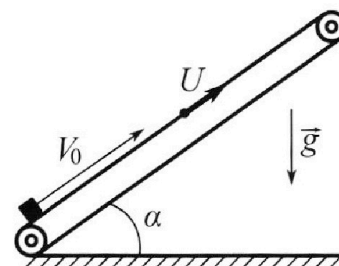
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  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.).

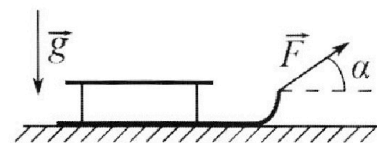
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

3) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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  $\mu$  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,

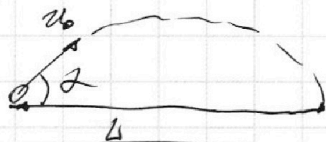
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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

в1. а)



$$v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}}$$

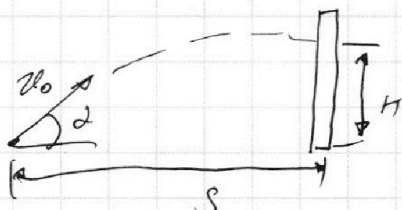
$$v_0 = \sqrt{200} \frac{m}{s}$$

Время полета:  $t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$

$$v_x = v_0 \cos \alpha = \text{const}$$

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

б)



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

Как сказано, что  $H = H_{\max}$ , значит иная функция  $H(\alpha)$  найдем  $\tan \alpha_{\max}$

$$(H_{\max})' = 0 = \left( S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2} (\tan^2 \alpha + 1) \right)' = S \tan \alpha' - \frac{g S^2}{2 v_0^2} (\tan \alpha)'$$

$$0 = S \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot 2 \cdot \tan \alpha \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$1 = \frac{2 g S}{2 v_0^2} \tan \alpha \Rightarrow \tan \alpha_{\max} = \frac{2 v_0^2}{v_0^2 g S}$$

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

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

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

$$S = v_0 \sqrt{\frac{4 v_0^2}{4 g^2} - \frac{2 H}{g}}$$

$$S = 16 \text{ м}$$

Ответ:  $v_0 = 10 \sqrt{2} \frac{m}{s}$       $S = 16 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

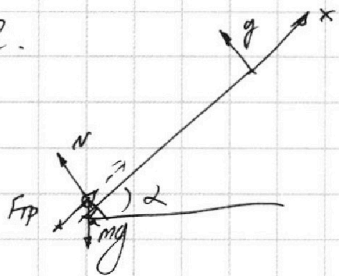
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



n2.



II 3-я закон:  $Oy: N = mg \cos \alpha$

$Ox: m a_x = -\mu mg \cos \alpha$  (потом шар движется вверх)  $= -mg \sin \alpha$

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

После того как движется вниз

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

1) До остановки:  $a_x = -10(0,6 + 0,8 \cdot 0,5) \frac{m}{c^2} = -10 \frac{m}{c^2}$ ,

значит и импульс  $T$ , он уже останется, так  $0T > v_0$

Время до остановки:  $t = \frac{v_0}{a_x} \quad t = 0,6c$

После остановки:  $a_x' = -10(0,6 - 0,4) \frac{m}{c^2} = -2 \frac{m}{c^2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow S = \frac{v_0}{2} \cdot t + \frac{|a_x| (T-t)^2}{2}$$

$$S = \frac{6}{2} \cdot 0,6 \text{ м} + \frac{2 \cdot 0,4^2}{2} \text{ м} = 1,8 \text{ м} + 0,16 \text{ м} = 1,96 \text{ м}$$

2) Коробка будет иметь скорость  $u$  в начале, при  $v_0$  подходе и при спуске.

Опишем процесс: коробка будет подниматься и прение будет действовать вниз, пока  $v_x > u$ , когда же  $v_x = u$  проскальзывание пропадет, а где когда  $u_x < u$  сила прения будет действовать вверх. В первом этапе все равно начальная  $u = 0$ .

$$T_{11} = \frac{v_0 - u}{a_x} \Rightarrow T_{11} = \frac{6-1}{10} c = \text{или } 0,5c$$

После этого  $a = a_x'$ :  $T_{12} = T_{11} + \Delta T \quad \Delta T = \left| \frac{2u}{a_x'} \right| \quad \Delta T = \frac{2 \cdot 1}{2} c = 1c$

$T_{12} = 1,5c$ , окончательно:  $T_1 = \begin{bmatrix} 0,5c \\ 1,5c \end{bmatrix}$

Коробка остановится в момент времени:  $T_{11} + \frac{\Delta T}{2}$ :

$$L = \frac{v_0 - u}{2} \cdot T_{11} + \frac{u}{2} \Delta T = \frac{5}{2} \cdot 0,5 \text{ м} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \text{ м} = \frac{5}{4} \text{ м} + \frac{1}{4} \text{ м} = 1,5 \text{ м}$$

Ответ:  $S = 1,96 \text{ м} \quad T_1 = \begin{bmatrix} 0,5c \\ 1,5c \end{bmatrix} \quad L = 1,5 \text{ м}$ .

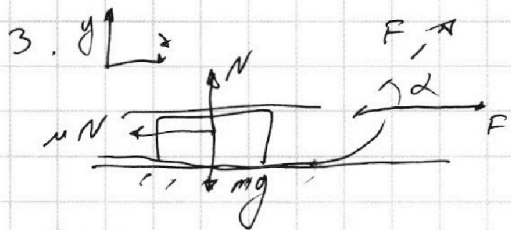
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



То условием связи до приобретения или энергии  $\kappa$  проходит один и тот же путь  $S$ :

ЗСЭ: 1)  $-F_{тр1} S + F S = \kappa$       2)  $-F_{тр2} S + F \cos \alpha S = \kappa$

Плоская  $\Rightarrow$  движение. Ц.м:  $\sum F_y = 0$ :  $N_1 = mg$

Отсюда  $F_{f1} = \mu N_1 = \mu mg$

$N_2 = mg - F \sin \alpha$

$F_{тр2} = \mu mg - \mu F \sin \alpha$

$-F_{тр1} S + F S = -F_{тр2} S + F \cos \alpha S$

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

$\mu F \sin \alpha = F(1 - \cos \alpha) \Rightarrow \mu =$

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

После действия внешних сил, скорость увеличивается:

$\mu mg = ma$

$a = \frac{v^2}{s}$

$t = \frac{v}{a}$

$a = \frac{v^2}{2s}$

$\mu g = \frac{v^2}{2s}$

$\frac{m v^2}{2} = \kappa \Rightarrow v^2 = \frac{2\kappa}{m}$

$\mu g = \frac{\kappa}{2ms}$

$s = \frac{\kappa}{\mu mg}$

$s = \frac{\kappa \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg}$

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

$s = \frac{\kappa \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg}$

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!

№4.

а) Найти работу внешних сил, найдя работу газа  $A_{31}$ .

ЗЦЗ:  $\Delta Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31}$   
ист. тепло изм. внут. энер.

$\Delta Q_{31} = C_{31} \Delta T_{31}$  - не определяем.

$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} R \cdot \Delta T_{31}$

$A_{31}' = -A_{31} = \int (T_3 - T_4) (C_{31} - \frac{3}{2} R)$

$A_{31} = \int (T_3 - T_4) (C_{31} - \frac{3}{2} R)$

$A_{31} = 300 \cdot 8,31 \text{ Дж} \approx 2,5 \text{ к Дж}$

б)

$\eta = \frac{Q_+ + Q_-}{Q_+}$ , здесь  $Q_+$  - подогретая ( $>0$ ),  $Q_-$  - охлажденная ( $<0$ ).

$Q_+ = \int (C_{12} \cdot (T_2 - T_1))$   $Q_- = \int (C_{23} (T_3 - T_2) + C_{31} (T_1 - T_3))$

$\eta = \frac{C_{12} T_2 - C_{12} T_1 + C_{23} T_3 - C_{23} T_2 + C_{31} T_1 - C_{31} T_3}{C_{12} T_2 - C_{12} T_1}$

$= \frac{T_1 (C_{31} - C_{12}) + T_2 (C_{12} - C_{23}) + T_3 (C_{23} - C_{31})}{C_{12} (T_2 - T_1)}$

$\eta = \frac{T_1 \cdot 0,5 R + 8 T_1 \cdot 1 R + 4 T_1 \cdot (-1,5) R}{1,5 R \cdot 7 T_1} = \frac{0,5 + 8 - 6}{10,5} =$

$= \frac{2,5}{10,5} = \frac{5}{21}$

в) Типа ~~полностью независимости~~ можно записать уравнение параметров  $p V^n = \text{const}$ , где  $n = \frac{C_p - C}{C_v - C}$ , найдем  $n$  для

для процессов:  $n_1 = \frac{5 - \frac{3}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{3}{2}} = \infty$   $n_2 = \frac{5 - \frac{1}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{1}{2}} = 2$   $n_3 = \frac{5 - \frac{3}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{3}{2}} = -1$

Найдём  $p_2, V_2$ :  $p_1 V_1 = \sqrt{R T_1}$   $p_2 V_2 = \sqrt{R T_2}$   $\Rightarrow \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2}$   $p_1 V_1 = p_2 V_2$   $p_1 = p_2$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$   $V_2 = V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 8 V_1$   $p_2 = p_1$

$p_3, V_3$ :  $p_1 V_1^{-1} = p_3 V_3^{-1} \Rightarrow \frac{p_1}{p_3} = \frac{V_1}{V_3}$   $\frac{p_1 V_1}{p_3 V_3} = \frac{T_1}{T_3}$

$\frac{V_1}{V_3} = \sqrt{\frac{T_1}{T_3}}$   $V_3 = V_1 \sqrt{\frac{T_1}{T_3}} = 2 V_1$

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!



Тип поставленной задачи *температура* *давление* *плотность* *процесс*

$pV^n = const$ , где  $n = \frac{c_p - c}{c_v - c}$  наугад  $n$  для процессов:  
 $n_1 = \frac{\frac{5}{2} - \frac{3}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{3}{2}} \rightarrow \infty$      $n_2 = \frac{\frac{5}{2} - \frac{1}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{1}{2}} = 2$      $n_3 = \frac{\frac{5}{2} - \frac{4}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{4}{2}} = -1$

для 1-2:  $p_1 V_1^\infty = p_2 V_2^\infty \Rightarrow V_1 = V_2$      $\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{\gamma R T_1}{\gamma R T_2}$

$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$      $p_2 = p_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 8p_1$  ;     $p_2 = 8p_1$      $V_1 = V_2$

для 2-3:  $p_2 V_2^2 = p_3 V_3^2$      $\frac{p_2 V_2}{p_3 V_3} = \frac{T_2}{T_3}$      $\frac{V_2^2}{V_3^2} \cdot \frac{V_1}{V_3} = \frac{T_2}{T_3}$

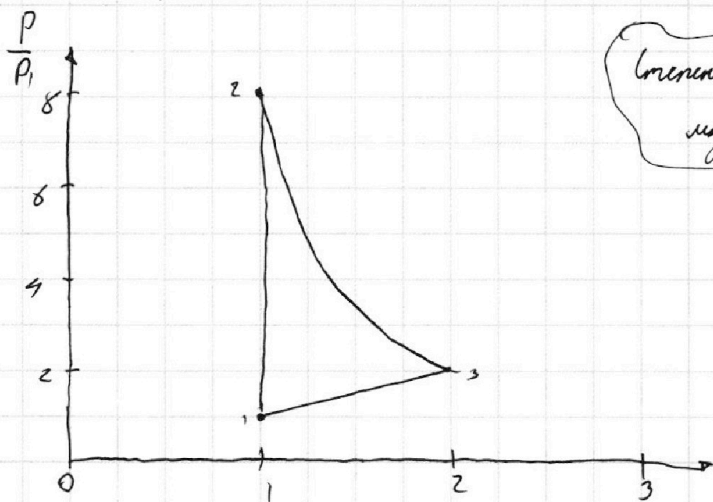
$V_3 = V_2 \cdot \frac{T_2}{T_3} = V_1 \cdot 2$

$p_3 = p_2 \cdot \left(\frac{V_2}{V_3}\right)^2 = 8p_1 \cdot \frac{1}{4} = 2p_1$

1-2 - прямая  $\perp$  оси  $V_1$

1-3 - прямая

$p_3 = p_2 \cdot \left(\frac{V_2}{V_3}\right)^2$ , тогда 2-3 температурная функция  
 $p = p_2 V_2^2 \cdot \frac{1}{V_2^2}$   
 обратно пропорциональна



Температурная функция нарисована

Ответ:  $A_{61} = 2,5 \times A_{12}$

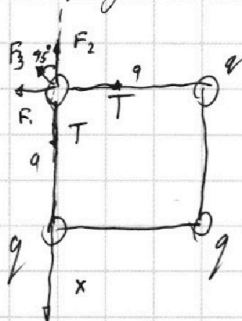
$\eta = \frac{5}{21}$

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!



N 5. а) Нарисуем силы, действующие на один шарик:



$$O_x: F_2 + F_3 \cdot \cos 45^\circ = T$$

В силу симметрии расстояние всех нижних будет равно.

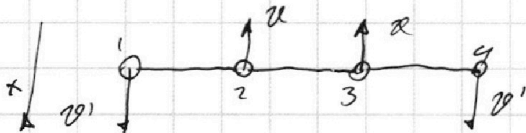
$$F_3 = k \frac{q^2}{(\sqrt{2}a)^2} = k \frac{q^2}{2a^2} \quad F_2 = k \frac{q^2}{a^2}$$

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

$$q = \sqrt{\frac{4a^2 T}{k(\sqrt{2}+4)}} \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \Rightarrow q = 4a \sqrt{\frac{\pi\epsilon_0 T}{\sqrt{2}+4}}$$

б) Попробуем, что в силу симметрии у двух верхних шаров будет такая же скорость или нет. Энергия одинакова, а у двух нижних она одинакова между собой:  
Пусть у верхних -  $v_1$ , а у нижних -  $v_2$

ЗСЭ:  $W_0 = 2K_1 + 2K_2 + W$   $W_0$  - начальная энергия взаимодействия,  $W$  - конечная.



По 3-му закону сохранения импульса:

$$2m v_{2x} + 2m v_{3x} = 0 \quad v_{3x}' = -v_{2x}'$$

значит в этот момент кин. энергия всех шариков равна  $K$ .

$$4K = W_0 - W = \sum_{i=1}^4 q(\varphi_{i0} - \varphi_i) = q \sum_{i=1}^4 (\varphi_{i0} - \varphi_i)$$

Пронумеруем шарики.

Начальное у каждого шарика  $\varphi_0$  одинаково и равно:

$$\varphi_0 = \frac{kq}{a} \cdot 2 + \frac{kq}{\sqrt{2}a} = \frac{kq}{2a} (4 + \sqrt{2}) \quad \varphi_1 = \varphi_4 = k \frac{q}{a} + k \frac{q}{2a} + \frac{kq}{3a} =$$

$$= \frac{kq}{6a} (6 + 3 + 2) = \frac{11}{6} \frac{kq}{a} \quad \varphi_2 = \varphi_3 = \frac{kq}{a} \cdot 2 + \frac{kq}{2a} = \frac{5kq}{2a}$$

$$4K = q \left( 2 \left( \frac{kq}{2a} (4 + \sqrt{2}) \right) - \frac{11}{6} \frac{kq}{a} \right) + 2 \left( \frac{kq}{2a} (4 + \sqrt{2}) - \frac{5kq}{2a} \right) = q \left( 2kq \frac{4 + \sqrt{2}}{2a} - \frac{11}{3} \frac{kq}{a} - 5 \frac{kq}{a} \right) = \frac{kq^2}{a} \left( 8 + 2\sqrt{2} - \frac{11}{3} - 5 \right) = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{1}{3} (9 + 6\sqrt{2} - 11) = \frac{kq^2}{3a} (6\sqrt{2} - 2)$$



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!

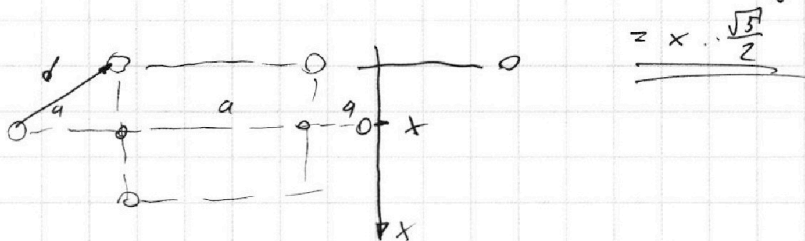


$$K = \frac{kq^2}{12a} (6\sqrt{2} - 2)$$

в) Так как внешние силы не действуют, а как мы видели в предыдущем пункте:

$U_{12} = U_{13} \Rightarrow \Delta X_{14} = -\Delta X_{23}$  Пусть  $x = 0$  в т. где шарик находится шарик, т.к. шарик на одной прямой

на координатной оси, обозначим ее  $x$   
 $x = -(x + a) \quad x = \frac{a}{2}$ , тогда  $d = \sqrt{x^2 + a^2} = \sqrt{\frac{a^2}{4} + a^2} =$



$$= x \cdot \frac{\sqrt{5}}{2}$$

~~Ответ:~~ Возвращаясь к  $d$ ): мы получили  $K = \frac{kq^2}{12a} (6\sqrt{2} - 2)$   
 подставим  $q$ :  $K = \frac{6\sqrt{2} - 2}{12 \cdot 3} \cdot \frac{k \cdot 4a^2 T}{k(4 + \sqrt{2})} = \frac{6\sqrt{2} - 2}{12 + 3\sqrt{2}} a T$

Ответ:  $q = 4a \sqrt{\frac{\pi T \epsilon_0}{\sqrt{2} + 4}}$   $K = \frac{6\sqrt{2} - 2}{12 + 3\sqrt{2}} a T$   
 $d = x \cdot \frac{\sqrt{5}}{2}$



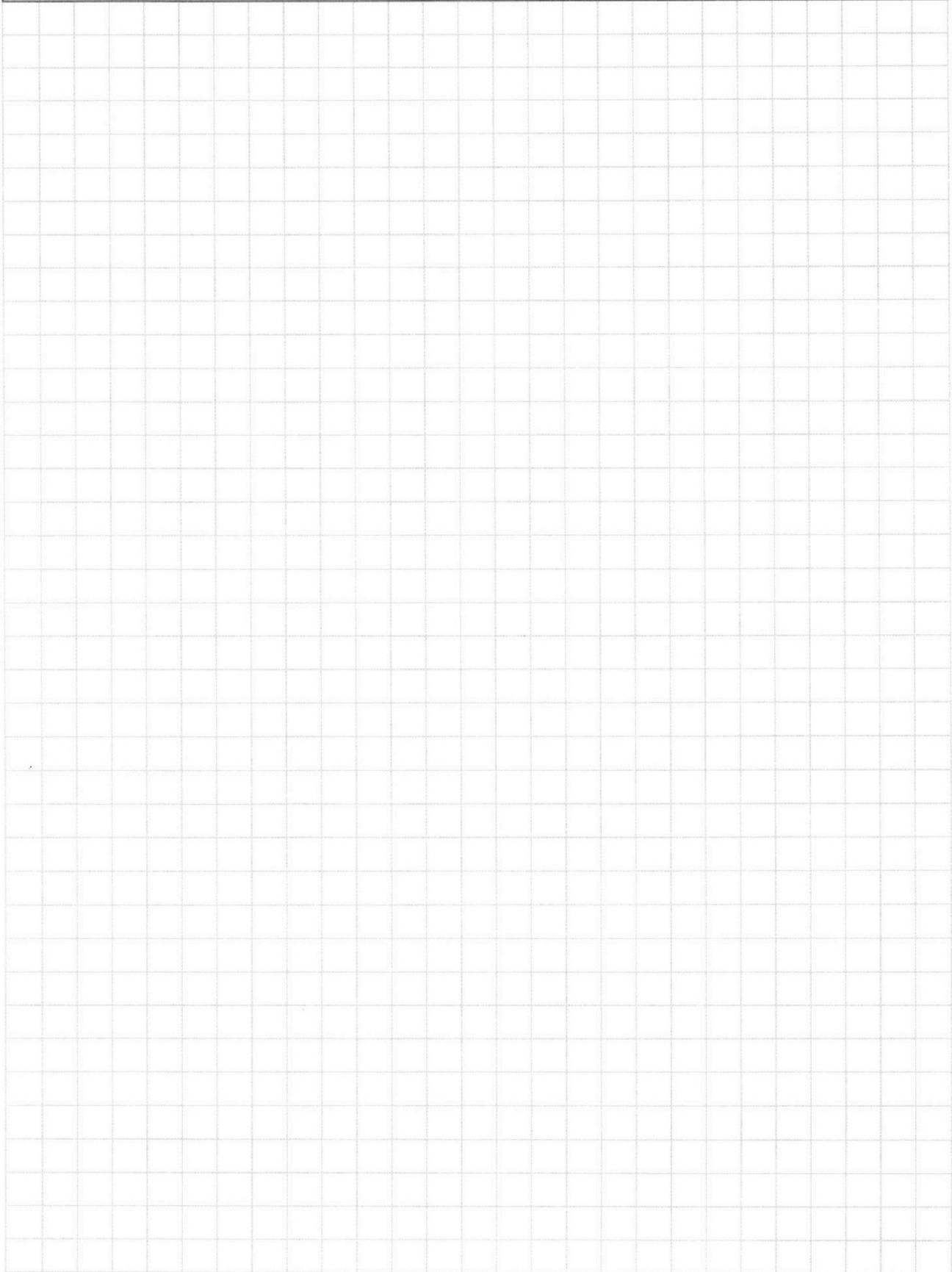
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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!



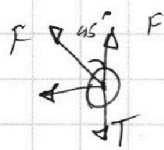
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МОТИ**

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



$$T = F_1 + F_2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = F_1 = \frac{kq^2}{d^2}$$

$$= \frac{kq^2}{d^2} + \frac{kq^2\sqrt{2}}{4a} = \frac{kq^2(4+\sqrt{2})}{4a} \quad F_2 = k \frac{q^2}{2a}$$

$$q = \frac{4aT}{k(4+\sqrt{2})}$$

$$Q_0 = \frac{kq}{d} \cdot 2 + \frac{kq}{\sqrt{2}a} =$$

$$= \frac{kq \cdot 4}{2a} + \frac{kq\sqrt{2}}{2a} = \frac{kq(4+\sqrt{2})}{2a}$$

$$Q_1 = Q_4 = \frac{kq}{d} + \frac{kq}{2a} + \frac{kq}{2a} = \frac{kq}{6a} (6+3+2) = \frac{11}{6} \frac{kq}{a}$$

$$Q_2 = Q_3 = \frac{kq}{a} \cdot 2 + \frac{kq}{2a} = \frac{5kq}{2a}$$

$$A = 4Q_0 - Q_1 - Q_2 - Q_3 - Q_4 = \frac{kq}{a} \left( 4 \frac{4+\sqrt{2}}{2} - \frac{11}{6} \cdot 2 - \frac{5}{2} \cdot 2 \right) =$$

$$= \frac{kq}{a} \left( 8 + 2\sqrt{2} - \frac{11}{3} - 5 \right) = \frac{kq}{a} \cdot \frac{1}{3} (24 + 6\sqrt{2} - 11 - 15) =$$

$$= \frac{kq}{a} \cdot \frac{1}{3} (24 + 6\sqrt{2} - 11 - 15) = \frac{kq}{a} \cdot \frac{1}{3} (6\sqrt{2} - 2)$$

$$k = \frac{kq^2}{4a} \cdot \frac{1}{3} (6\sqrt{2} - 2) \quad \sqrt{1 + \frac{1}{4}} = \sqrt{\frac{5}{4}} = \frac{\sqrt{5}}{2}$$

$$q = \sqrt{\frac{4a^2 T}{k(\sqrt{2}+4)}} = 4a \sqrt{\frac{\pi T \epsilon_0}{\sqrt{2}+4}}$$

$$q^2 = 16a^2 \frac{\pi T \epsilon_0}{\sqrt{2}+4}$$

$$k = \frac{6\sqrt{2}-2}{3\sqrt{2}} \cdot \frac{kq^2}{a} = \frac{6\sqrt{2}-2}{3(\sqrt{2}+4)} a T$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1     2     3     4     5     6     7



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



$$n_1 = \frac{5-3}{3-3} = \infty$$

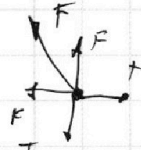
$$\frac{p_1}{p_3} = \frac{v_1}{v_3} \quad \frac{p_1 v_1}{p_3 v_3} = \frac{T_1}{T_3} \quad \frac{v_1}{v_3} = \sqrt{\frac{T_1}{T_3}} \quad v_3 = v_1 \cdot \sqrt{\frac{T_3}{T_1}} = 2v_1$$

$$p_3 = p_1 \frac{v_3}{v_1} = 2p_1$$

$$p_2 v_2^2 = p_3 v_3^2$$

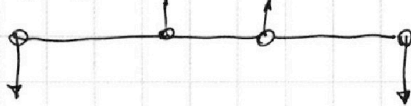
$$p_3 = p_2 \cdot \left(\frac{v_2}{v_3}\right)^2$$

$$p = \frac{p_1}{v_1} \cdot v$$



$$Q_+ = 1,5 \cdot 7 = 7 + 3,5 = 10,5$$

$$Q_- = 2 \cdot 3 + 0,5 \cdot 4 = 6 + 2 = 8$$



$$p_2 = p_3 \cdot 4 = 300R$$

$$p_3 = \frac{p_2}{4} = \frac{8p_1}{4} = 2p_1$$

$$p_2 v_2^2 = p_3 v_3^2 \quad 2p_1$$

$$A_{31} = 1 \cdot 3 T_1 \cdot 0,5 R =$$

$$= 1 \cdot 3 \cdot 200 \cdot 0,5 R =$$

$$\sqrt{200} \cdot \sqrt{\frac{200}{100} - \frac{22}{10}} = \sqrt{200} \cdot \sqrt{2 - 0,22} = \sqrt{200} \cdot \sqrt{1,78} = \sqrt{256} =$$

$$= 16$$

$$8,31 \cdot 3 = 24,93$$

$$p_2 v_2^2 = p_3 v_3^2$$

$$\eta = \frac{10,5 - 8}{195} = \frac{2,5}{195} = \frac{5}{21}$$

$$\frac{p_2 v_2}{p_3 v_3} = \frac{T_2}{T_3} \quad \frac{v_3}{v_2} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$1-2 \quad v = \text{const}$$

$$2-3 \quad p v^2 = \text{const}$$

$$v_3 = v_2 \cdot \frac{T_2}{T_3} = 2v_1$$

$$3-1 \quad \frac{p}{v} = \text{const}$$

$$p_1 v_1^2 = p v_2^2 \quad p = p_1 v_1^2 \cdot \frac{1}{v_2^2}$$

$$v_1 = v_2$$

$$\frac{p_1 v_1}{T_1} = \frac{p_2 v_2}{T_2} \quad p_2 = p_1 \frac{T_2}{T_1} = 8p_1$$

$$\frac{p_1}{p_3} = \frac{v_1}{v_3}$$

$$\frac{p_1 v_1}{p_3 v_3} = \frac{T_1}{T_3} \quad \frac{v_1}{v_3} = \sqrt{\frac{T_1}{T_3}} \quad v_3 = v_1 \cdot \sqrt{\frac{T_3}{T_1}} = 2v_1$$

$$p_3 = p_1 \cdot \frac{v_3}{v_1} = 2p_1$$



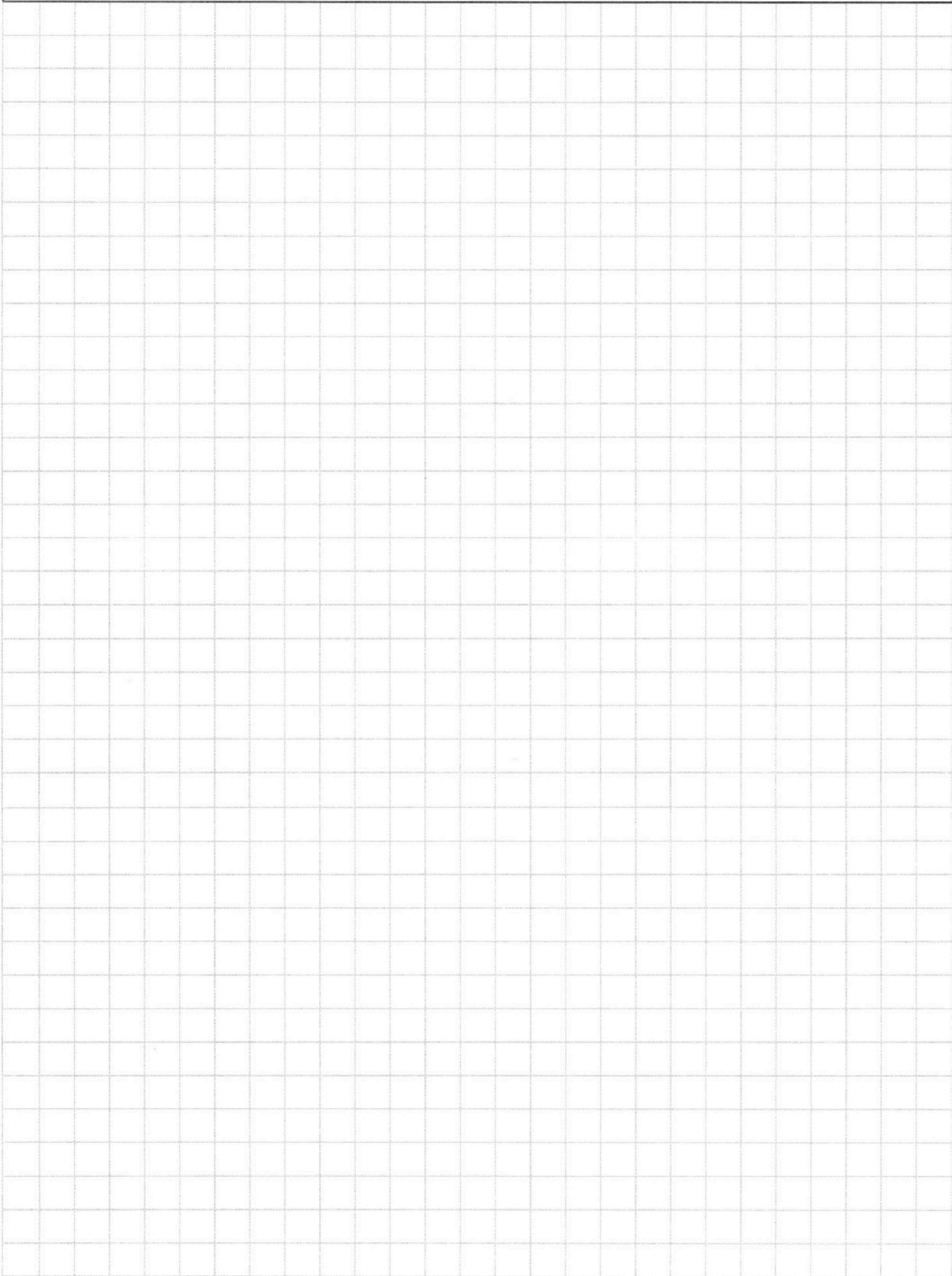
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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!





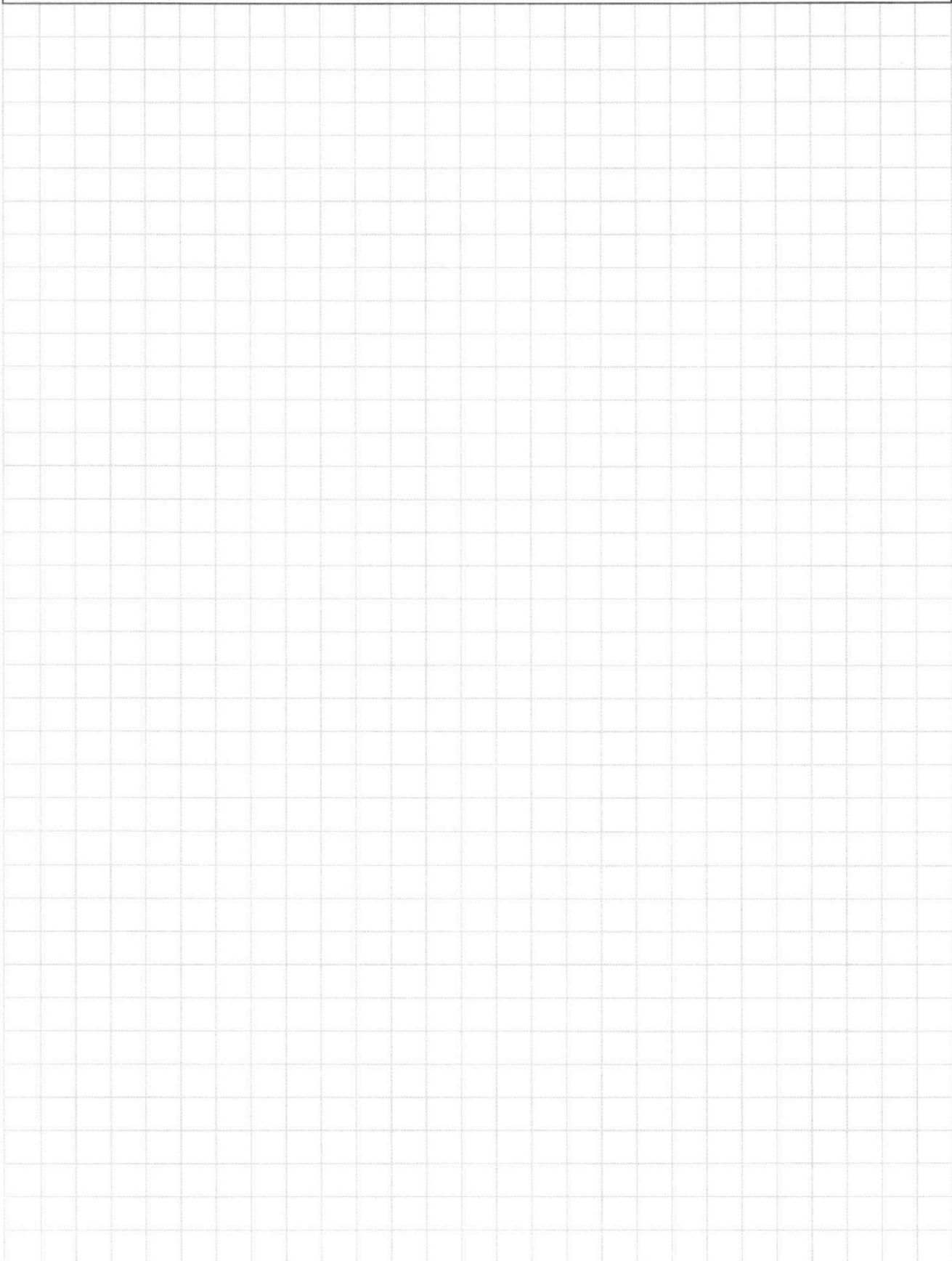
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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!



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

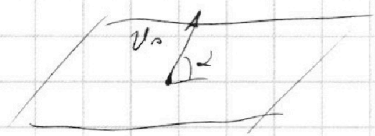
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

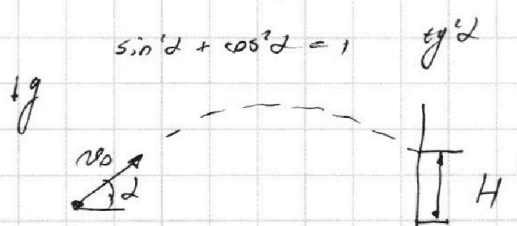
$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = \tan^2 \alpha + 1$$



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

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

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



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

$$H = v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} = S \cdot \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$S (\tan \alpha)' = \left( \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \right)' = \frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{\cos^2 \alpha} = S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2 (\tan^2 \alpha + 1)}$$

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

$$0 = \frac{S}{\cos^2 \alpha} - \frac{g S^2}{v_0^2} 2 \tan \alpha \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\frac{g S}{2 v_0^2} \tan \alpha = 1$$

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

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

2.

1)  $N = mg - F \sin \alpha$      $F \cos \alpha S - \mu (mg - F \sin \alpha) S = K$

2)  $N = mg$

$F_{TP} = \mu mg$

$-\mu mg S + F S = K$

$F_{TP} = \mu (mg - F \sin \alpha)$

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

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

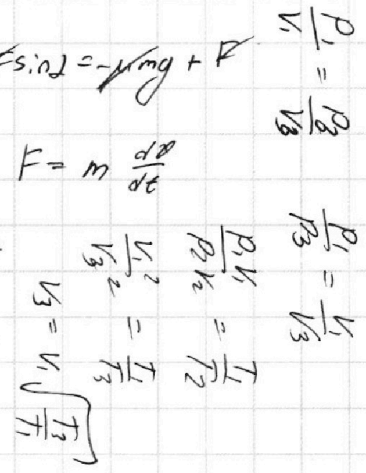
$F = m \frac{dv}{dt}$

$k = \mu mg S$

$F \cos \alpha - \mu mg +$

$F_a = F - \mu mg$

$ma = F - \mu mg$



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!

$$\Delta Q_{31} = A_{31} + \int R(T_1 - T_3) \quad C \int (T_1 - T_3) = A_{31} + \int R(T_1 - T_3)$$

$$A_{31} = \int (T_1 - T_3)(C - R)$$

$$C \int dT = p dV + \frac{3}{2} \int R dT$$

$$\eta = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}}$$

$$C \int = p \frac{dV}{dT} + \frac{3}{2} \int R$$

$$Q_{12} = 10,5 T_1 R$$

$$Q_{31} = 2R \cdot 3T_1 = 6R T_1$$

$$Q_{23} = 0,5 R (8-4) T = 2R T$$

$$p \frac{dV + V dp}{dT} = \frac{2,5}{10,5} \int R$$

$$(p dV + V dp) \frac{C}{R} = p dV + \frac{C_V}{R} p dV + \frac{C_V}{R} V dp \quad p_2 V_2^2 = p_3 V_3^2$$

$$\frac{V_3}{V_2}$$

$$p dV + V dp C = p dV R + C_V p dV + C_V V dp \quad \frac{p_2 V_2}{p_3 V_3} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$C p dV + V dp C = p dV \cdot C_p + V dp \cdot C \quad \frac{V_2}{V_3} \frac{V_3^2}{V_2^2} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{p_3}{p_1} = \frac{V_1^2}{V_3^2}$$

$$-V dp (C_V - C) = p dV (C_p - C)$$

$$V_3 = V_2 \cdot \frac{T_2}{T_3}$$

$$V dp = p dV \frac{C_p - C}{C - C_V}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1^n}{V_2^2}$$

$$p_1 V_1^n = p_2 V_2^n$$

$$\frac{p_2 V_3}{p_1 V_1} = \frac{T_3}{T_1}$$

$$\frac{dp}{p} = \frac{dV}{V} \cdot \frac{C_p - C}{C - C_V} = n$$

$$\frac{p_2}{p_3} = \frac{V_2}{V_3}$$

$$p_2 V_3$$

$$n_1 = \frac{\frac{5}{2} - \frac{3}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{3}{2}} = 0$$

$$p_1 = p_2$$

$$\frac{p_2}{V_2} = \frac{p_3}{V_3}$$

$$n_2 = \frac{\frac{3}{2} - \frac{4}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{4}{2}} = -1$$

$$\frac{p}{V} = \text{const}$$

$$\frac{p_1 V_1}{p_3 V_3} = \frac{T_1}{T_3}$$

$$n_3 = \frac{\frac{3}{2} - \frac{4}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{1}{2}} = \frac{4}{2} = 2$$

$$p_2 V_2 = \int R T_2 \quad p_3 V_3 = \int R T_3$$

$$p_1 V_1 = \int R T_1$$

$$p_1 V_2 = \int R T_2 \quad \left(\frac{V_3}{V_2}\right)^2 = \frac{T_3}{T_2} = \frac{1}{2}$$

$$p_1 V_1 = \int R T_1$$

$$p_3 V_3 = \int R T_3$$

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

$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{8}{\sqrt{2}} V_1$$

$$\frac{p_2 V_2}{p_3 V_3} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{V_2 p_3}{V_1 p_2} = \frac{T_3}{T_2} = \frac{V_3}{2}$$

$$p_1 V_1^2 = p_3 V_3^2$$

$$\frac{p_2 V_2}{p_3 V_3} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$p_2 V_2^2 = p_3 V_3^2$$

$$\frac{p_2}{p_3} = \left(\frac{V_3}{V_2}\right)^2$$

$$\frac{V_3}{V_2} = \frac{T_2}{T_3}$$