



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.

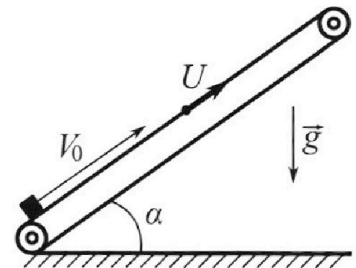
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

Ускорение с вободного 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.).

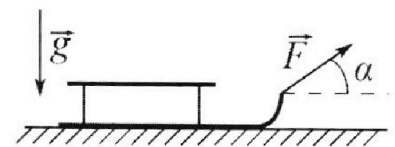
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

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.

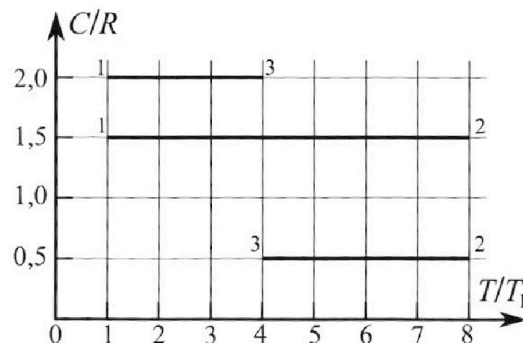
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02

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



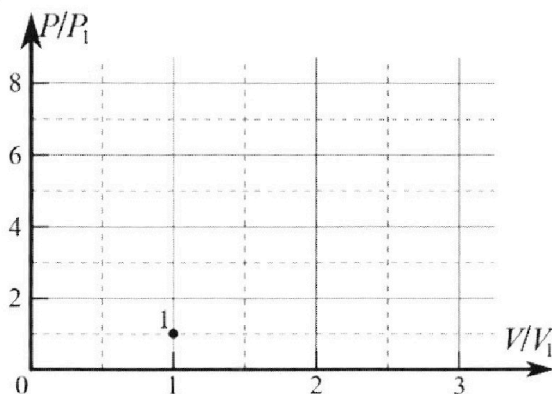
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3,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

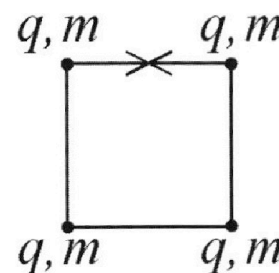
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

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.



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.



$$v_0 \cos \alpha = v_x = \text{const} \quad (\bar{g}_x = 0)$$

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

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

$$v_0^2 = \frac{gL}{2 \cos \alpha \sin \alpha} = \frac{10 \cdot 20}{2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{10 \cdot 20}{2 \cdot \frac{2}{4}} = 200$$

$$v_0 = \sqrt{200} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \sqrt{\frac{400}{2}} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{20}{\sqrt{2}} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{20\sqrt{2}}{2} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 14,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Уравнения траектории

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

$$x = v_0 \cos \alpha t \rightarrow t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha}$$

$$y = \frac{v_0 \sin \alpha}{v_0 \cos \alpha} x - \frac{g}{2} \cdot \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$y = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2} (\operatorname{tg}^2 \alpha + 1) = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2} \operatorname{tg}^2 \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2}$$

Мы максимизируем это,  $y \rightarrow \max \Rightarrow y'(x) = 0$

$$\Rightarrow x - 2 \operatorname{tg} \alpha \frac{gx^2}{2v_0^2} - 0 = 0 \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{v_0^2}{gx}$$

это max  $y$  при зафиксированном  $x$  где  $y$  — высота,  $x$  — расстояние по горизонтали

$$\Rightarrow y = x \cdot \frac{v_0^2}{gx} - \frac{gx^2}{2v_0^2} \cdot \frac{v_0^2}{gx} - \frac{gx^2}{2v_0^2}$$

$$y = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gx^2}{2v_0^2} \quad \text{Теперь для стены, } y = H, \quad x = S - \text{найти.}$$

$$H = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \quad 3,6 = \frac{200}{20} - \frac{10S^2}{400} \quad \frac{S^2}{40} = 10 - 3,6$$

$$S^2 = 6,4 \cdot 40 = 6,4 \cdot 5 \cdot 8 = 32 \cdot 8 = 4 \cdot 8 \cdot 8 = 2^2 \cdot 8^2 \quad (\text{все в м})$$

$$S = \pm \sqrt{2^2 \cdot 8^2} = 2 \cdot 8 = 16 \text{ м} \quad (\text{отрицательный знак задает сторону нуля, берем положительный})$$

Ответ:  $v_0 = 14,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;  $S = 16 \text{ м}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



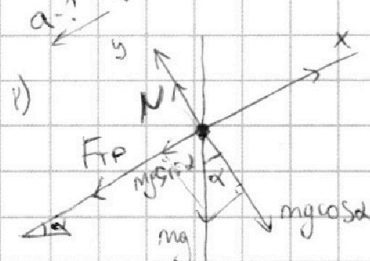
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

2

Задача 2



ось x:  $mg \sin \alpha + \mu N = ma$

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

ось y:  $mg \cos \alpha - N = 0$

$\cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$

$\Rightarrow a = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha$

$a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 10 \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{5} + \frac{3}{5} \right) = 10 \frac{11}{10} \frac{m}{c^2}$

$\Rightarrow S = v_0 t - \frac{at^2}{2} = 6 \cdot 1 - \frac{10 \cdot 1^2}{2} = 1 \text{ м}$  по выводу, что  $\frac{v_0}{a} < t_0 \Rightarrow$  она остановилась и покатилась вниз с начальной скоростью.

$\frac{v_0}{a} = \frac{6}{10} = 0,6 \text{ с}$  За эту 0,6 с

$S_1 = v_0 t - \frac{at^2}{2} = 6 \cdot 0,6 - \frac{10 \cdot 0,6^2}{2} = 3,6 - \frac{10 \cdot 0,36}{2} = 3,6 - \frac{3,6}{2} \Rightarrow$

$S_1 = 1,8 \text{ м}$  затем едет вниз;  $a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) =$

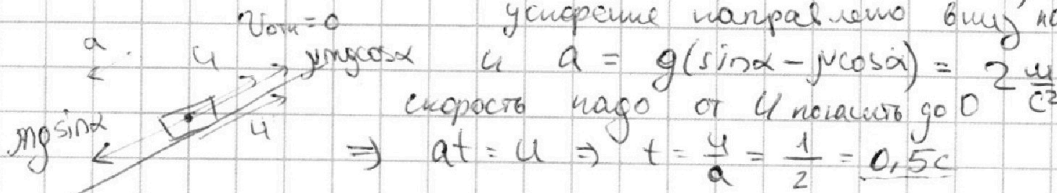
$S_2 = \frac{at^2}{2} = \frac{2 \cdot (1 - 0,6)^2}{2} = \frac{2 \cdot 0,4 \cdot 0,4}{2} = 0,16 \text{ м}$   
 $= 10 \left( \frac{3}{5} - \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{5} \right) = 2 \frac{m}{c^2}$

$\Rightarrow \underline{S' = 1,96 \text{ м}}$

2) Поскольку Fтр направлена против вылета  $v_{0T_1}$ , а  $v(T_1) = u$ , то это значит, все время пока блок ехал поверху, сила Fтр действовала вверх по оси x.  $\Rightarrow a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 10 \frac{m}{c^2}$

Какой надо подобрать  $\Delta v = v_0 - u = at, \Rightarrow T_1 = \frac{v_0 - u}{a} = \frac{6 - 1}{10} = 0,5 \text{ с}$

3) В моменте 0,5 с ( $T_1$ ) имеем картину: Теперь  $v_{0T_1} = 0$ , ускорение направлено вниз по OX



$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 2 \frac{m}{c^2}$   
скорость надо от  $u$  уменьшить до 0  
 $\Rightarrow at = u \Rightarrow t = \frac{u}{a} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ с}$

$\Rightarrow$  путь 0,5 с движется вверх:  $L_1 = 6 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{2} = 3 - \frac{2,5}{2} = 1,75 \text{ м}$

$\Rightarrow$   $L_2 = 1 \cdot 0,5 - \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{2} = 1 \cdot 0,5 - 0,5 \cdot 0,5 = 0,5(1 - 0,5) = 0,25 \text{ м}$

$\Rightarrow \underline{L = 2 \text{ м}}$

Ответ: 1)  $S = 1,96 \text{ м}$  2)  $T_1 = 0,5 \text{ с}$  3)  $L = 2 \text{ м}$



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

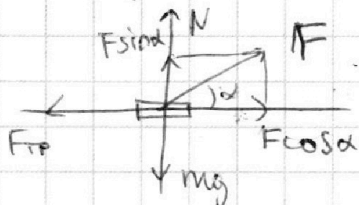
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



3

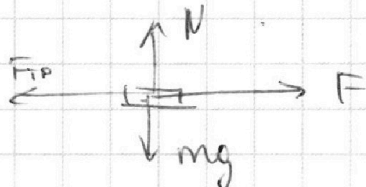
### Задача 3

1) случай 1)



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

случай 2)



$$F - \mu mg = ma$$

$$k = \frac{mv^2}{2}$$

$$k_1 = k_2, m = \text{const.}$$

$$\Rightarrow v_1^2 = v_2^2$$

$$\frac{v^2}{2a} = S; \quad S_1 = S_2$$

$$v_1^2 = v_2^2$$

$$\Downarrow a_1 = a_2$$

Приравняем:  $F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = F - \mu mg$   
 $\cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1$

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

\* Объявим опрацюатор; масса санок известна и составляет m

2) ЗОЗ не используем. После преобразований действие F, остается только  $F_{тр} \Rightarrow$  она и заараст  $v \rightarrow 0$ ,

$$\Rightarrow K_1 - K_2 = K - 0 = K; \quad k = A_{тр}$$

$$k = \mu mg S \rightarrow S = \frac{k}{\mu mg} = \frac{k}{mg} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

Ответ: 1)  $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$  2)  $S = \frac{k}{mg} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1     2     3     4     5     6     7

**МФТИ**

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

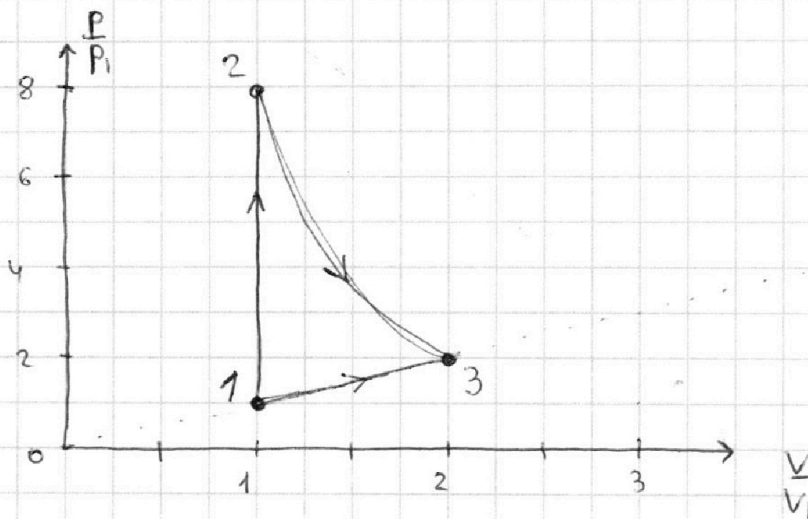


4

Задача 4 Газ одноатомный,  $i=3$ .

3) На графике представлены пилитроновые процессы для которых действует известное соотношение  $n = \frac{C-C_p}{C-C_v}$  или  $C = \frac{i}{2}R + \frac{R}{1-n}$  (Доказывается из дифф. формы I УТД)

$1 \rightarrow 3: C = 2R \rightarrow n = -1 \quad PV^{-1} = \text{const} \quad P \sim V$   
 $1 \rightarrow 2: C = 1,5R \rightarrow C = C_v \rightarrow$  изохора  
 $2 \rightarrow 3: C = 0,5R \rightarrow n = 2 \quad PV^2 = \text{const} \quad P \sim \frac{1}{V^2}$



$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{8T_1}$$

$$P_2 = 8P_1$$

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2}$$

$$T_2 = 4T_1$$

2-3 это степенная зависимость  $P \sim \frac{1}{V^2}$

1)  $A_{31} = Q + \Delta U$   $Q = \Delta U + A_{31}$   
 $A_{31} = 2R \cdot (4200 - 4200) = \frac{3}{2}R(200 - 800) + A_{31}$   
 Инт.  $Q = C \int dT$ ,  $\Delta U = \frac{3}{2} \int R dT$   
 $A_{31} = -600 \cdot 2R + 600 \cdot \frac{3}{2}R \Rightarrow A_{31} = 1200R - 900R = 300R$   
 $\Rightarrow$  сигнал ( $A_T < 0$  (тк внешние))

$$A_{\text{внеш}} = 300 \cdot 8,31 \text{ Дж} = 2493 \text{ Дж} \approx 2,5 \text{ кДж}$$

Ответ: 1) 2,5 кДж ; 3)  $\rightarrow$  график

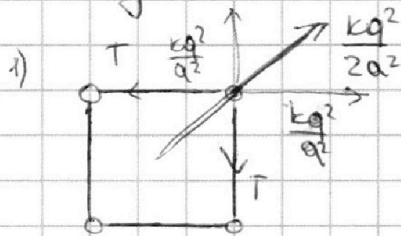
1  2  3  4  5  6  7

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



5

Задача 5



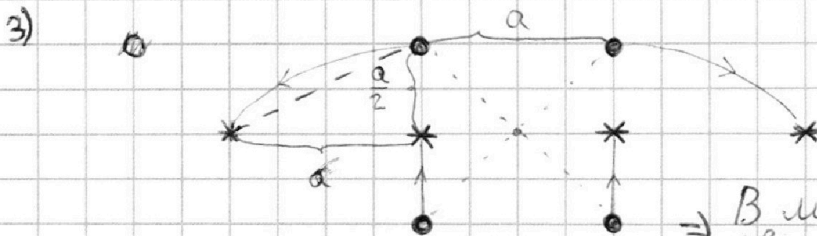
Камни просят

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

$$\frac{gm^2}{a^2} \ll k \frac{q^2}{a^2}$$

$$T = \frac{kq^2}{a^2} \left( \frac{4+\sqrt{2}}{4} \right) \quad |q| = a \sqrt{\frac{T}{k \left( \frac{4+\sqrt{2}}{4} \right)}}$$

$$|q| = a \cdot \sqrt{\frac{T}{\frac{4+\sqrt{2}}{4} \cdot 4 \cdot 51 \epsilon_0}} = a \cdot \sqrt{51 \epsilon_0 T} \cdot \sqrt{\frac{1.6}{4+\sqrt{2}}} \approx 3 = a \sqrt{351 \epsilon_0 T}$$

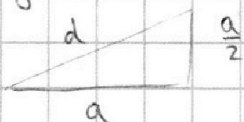


x - это заряды  
полюса перемещ.  
● - это в центре

В момент времени они  
уменьшаются с  $U_1 = U_2 = U_3 = U_4$

Поскольку сила внутренняя, ц.м. покоится. Ц.м. находится  
он на пересечении диагоналей квадрата, а поток  
на средней линии шариков. (симметрия гарантирует)

Отсюда:



$$d^2 = a^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2 = a^2 + \frac{a^2}{4} = \frac{5}{4} a^2$$

$$d = \frac{a \cdot \sqrt{5}}{2} \approx a \cdot \frac{2.23}{2} \approx a \cdot 1.15$$

2)  $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q}$ .  $\varphi_1$  потенциал у всех шариков.

$$\varphi_1 = \frac{kq}{a} + \frac{kq}{a} + \frac{kq}{a\sqrt{2}} = \frac{kq}{a} \left( 2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{kq}{a} \left( 2 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) = \frac{kq}{a} \cdot \frac{4+\sqrt{2}}{2}$$

$$E_{c1} = \frac{kq^2}{a} \cdot (8 + 2\sqrt{2})$$

$$E_{c2} = 2 \left( \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} \right) + 2 \left( \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a} \right) + 4K$$

$$4K = \frac{kq^2}{a} (8 + 2\sqrt{2}) - 2 \left( \frac{12kq^2}{a} + \frac{kq^2}{3a} \right) = \frac{kq^2}{a} \left( 8 + 2\sqrt{2} - \frac{2 \cdot 43}{3} \right) \approx \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{64}{3}$$

$$K = \frac{6.4 \cdot a^2 \cdot 51 \cdot 9 \cdot \epsilon_0 \cdot T}{4 \cdot 51 \cdot \epsilon_0 \cdot a \cdot 3} \approx 1.6 a T$$

\* Кинетическая работа не совершается.

Ответ: 1)  $|q| = a \sqrt{351 \epsilon_0 T}$  2)  $K = 1.6 a T$  3)  $d = 1.15 a$





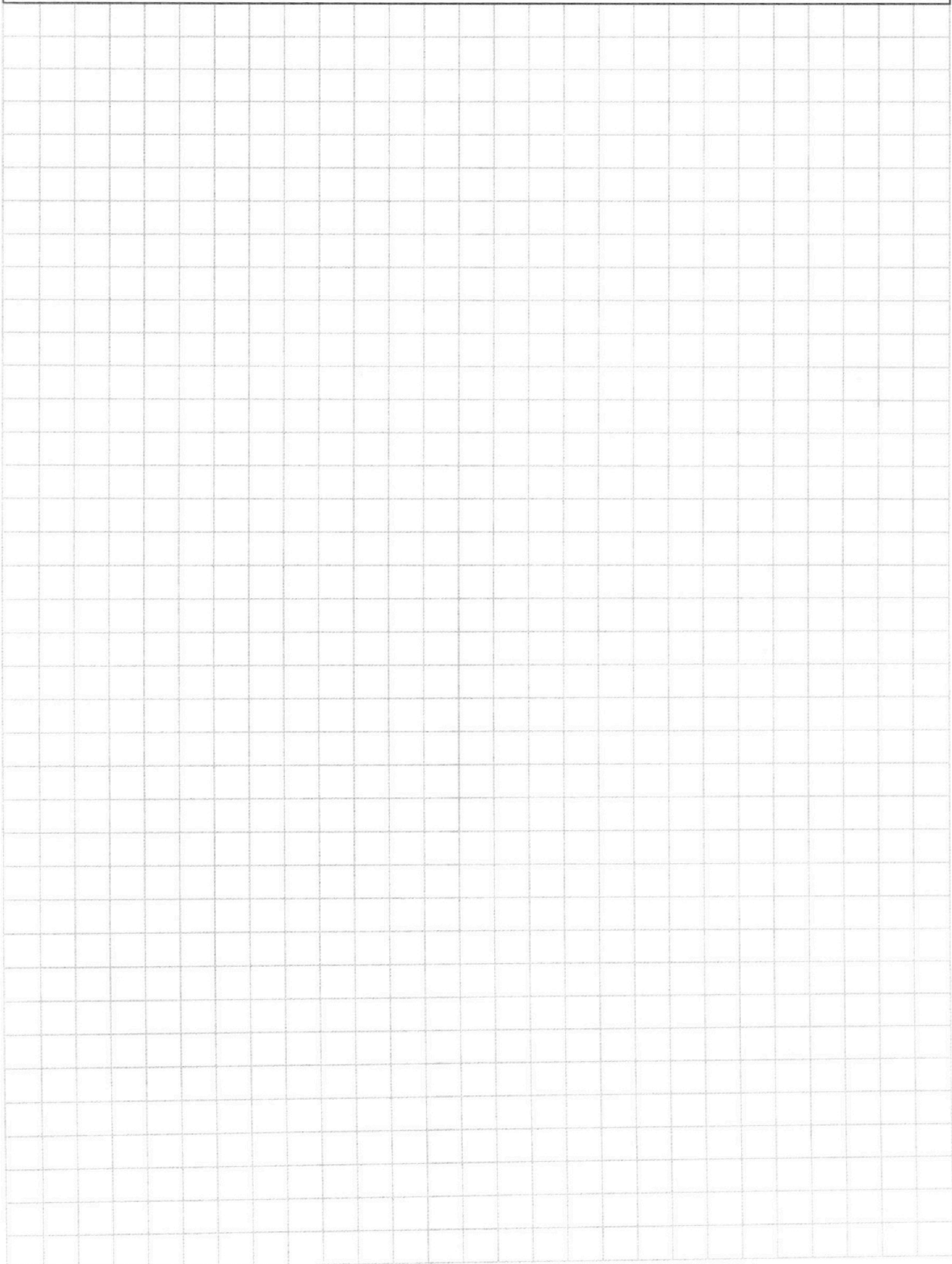
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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



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

$\frac{-2}{-2} = 2$   
 $\frac{0,5-2,5}{0,5-1,5} = \frac{-2}{-1}$   
 $\frac{0,5-2,5}{0,5-1,5} = \frac{-2}{-1}$   
 $\frac{0,5-2,5}{0,5-1,5} = \frac{-2}{-1}$

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

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

$$T a^2 = \frac{kq^2}{1} + \frac{kq^2}{2\sqrt{2}}$$

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

$$r = \frac{T a^2 \cdot 4\sqrt{2} \epsilon_0}{2,8 + 1} \cdot 2,8 = T a^2 \cdot 4\sqrt{2} \epsilon_0 \cdot \frac{2,8}{3,8} = T a^2 \cdot 5\sqrt{2} \epsilon_0 \cdot \frac{4 \cdot 1,4}{1,9} = T a^2 \cdot 35\sqrt{2} \epsilon_0$$

$\frac{1,5-2,5}{1,5-1,5} = \frac{-1}{0}$   
 $\frac{0,5-2,5}{0,5-1,5} = \frac{-2}{-1}$   
 $\frac{0,5-2,5}{0,5-1,5} = \frac{-2}{-1}$

$\varphi = \frac{A}{q}$   
 $\varphi_1 = \frac{kq}{a} + \frac{kq}{a} + \frac{kq}{a\sqrt{2}} = \frac{kq}{a} + \frac{kq}{2a} + \frac{kq}{3a}$   
 $\varphi_2 = \frac{kq}{a} + \frac{kq}{2a} + \frac{kq}{3a}$   
 $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{kq}{a} + \frac{kq}{a} + \frac{kq}{a\sqrt{2}} - \frac{kq}{a} - \frac{kq}{2a} - \frac{kq}{3a} = \frac{kq}{2a} + \frac{kq}{a\sqrt{2}} - \frac{kq}{3a}$   
 $\Delta\varphi = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{1+3\sqrt{2}}{6} + \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{\sqrt{2}-1}{1}$   
 $A = \varphi q = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{1+3\sqrt{2}}{6}$   
 $\Delta\varphi q = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{1+3\sqrt{2}}{6} + \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{\sqrt{2}-1}{1}$   
 $\frac{kq}{a} + \frac{kq}{a} + \frac{kq}{a\sqrt{2}} - \frac{kq}{a} - \frac{kq}{2a} - \frac{kq}{3a} = \frac{kq}{2a} + \frac{kq}{a\sqrt{2}} - \frac{kq}{3a}$   
 $\frac{kq}{a\sqrt{2}} - \frac{kq}{2a} - \frac{kq}{a} \left( \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{2} \right) = \frac{kq^2}{a} \left( \frac{1+3\sqrt{2}+3\sqrt{2}-3}{3} \right) = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{-2+6\sqrt{2}}{3} = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{6\sqrt{2}-2}{3}$

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!



$$1 \rightarrow 3 \quad C = 2R$$

$$1 \rightarrow 2 \quad C = \frac{3}{2}R$$

$$2 \rightarrow 3 \quad C = \frac{1}{2}R$$

$$\frac{3}{2}R + \frac{R}{1-n} = 2R$$

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

$$\frac{R}{1-n} = 0,5R$$

$$1-n = 2 \quad (n = -1)$$

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

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

$$PV^{-1} = \text{const}$$

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

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

$$\frac{1}{1-n} = -1$$

$$PV = \nu RT$$

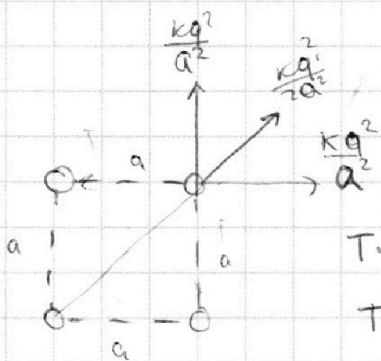
$$\frac{P}{V} = \frac{\nu RT}{V^2}$$

$$\frac{3}{2}R + \frac{R}{1-n} = \frac{3}{2}R$$

$$1-n = 1$$

$$\frac{R}{1-n} = 0$$

$$n = 0$$



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

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

$$2 \cdot 5,41 = 10,8$$

$V = \text{const}$   
 $T = \text{const}$

$PV = \text{const}$

$$\frac{kq^2}{a^2} = T \frac{\sqrt{2} \cdot 2}{2\sqrt{2} + 1}$$

$$\frac{kq^2}{a^2} =$$

$$\frac{5,2}{5,41} = 0,9$$

$$T \cdot 1,41 = \frac{1 \cdot q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2} (1,91)$$

$$\frac{16}{5,41} = 2$$

$$q^2 = T \cdot \frac{1,41}{1,91} \cdot 4\pi\epsilon_0 \cdot a^2$$

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

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

$$q = \sqrt{\frac{T a^2}{k \cdot \left( \frac{4 + \sqrt{2}}{4} \right)}} = a \sqrt{\frac{T}{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{4 + \sqrt{2}}{4}}} = a = a \cdot 4 \sqrt{\frac{T 5\pi\epsilon_0}{4 + \sqrt{2}}}$$

$$= a \cdot \sqrt{5\pi\epsilon_0 T} \cdot \sqrt{\frac{16}{4 + \sqrt{2}}} = a \sqrt{5\pi\epsilon_0 T} \cdot \sqrt{\frac{16}{5,41}} \approx a \sqrt{35\pi\epsilon_0 T}$$

$$q^2 = T a^2 \cdot 1,61 \cdot 1,91 \cdot 4\pi\epsilon_0$$

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

$$P^2 V^2 = 3P'V$$

$$T = 3T'$$

$$\frac{P'}{P} = \frac{T}{T'}$$

$$\frac{P'}{P} = \frac{T}{3T}$$

$$T_2 = 8T_1$$

$$P_1 V_1 = 1 \quad P_2 V_2 = 3$$

$$V_1 = V_2$$



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!



Меридиан

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

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

$$x = \frac{gx^2}{v_0^2} \operatorname{tg} \alpha$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_0^2}{gx} = 200$$

$$\left( x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2} \operatorname{tg}^2 \alpha \right) \dot{v}_0 \alpha = 3 - 1,25 = 1,75$$

$$= x - 2 \operatorname{tg} \alpha \frac{gx^2}{2v_0^2} =$$

$$= x - \frac{gx^2}{v_0^2} \operatorname{tg} \alpha = 0$$

умг

$$3,6 = x \cdot \frac{v_0^2}{gx} - \frac{gx^2}{2v_0^2} \left( \frac{v_0^4}{g^2 x^2} + 1 \right) = \frac{v_0^2}{g} - \frac{gx^2 \cdot v_0^4}{2v_0^2 g^2 x^2} - \frac{gx^2}{2v_0^2} =$$

$$= \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gx^2}{2v_0^2} = 3,6 \quad 6,4 \cdot 5 = 32$$

$$\frac{200}{10} - \frac{200}{20} - \frac{10x^2}{400} = 3,6$$

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

$$\frac{x^2}{40} + 3,6 - 10 = 0$$

$$\frac{x^2}{40} = 6,4$$

$$x^2 = 6,4 \cdot 40$$

$$x^2 = 6,4 \cdot 5 \cdot 8$$

$$x^2 = 32 \cdot 8$$

$$x^2 = 4 \cdot 8 \cdot 8$$

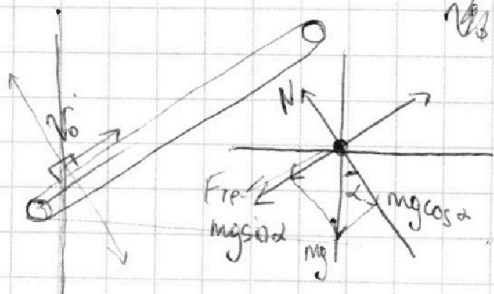
$$x^2 = 2^2 \cdot 8^2$$

$$x = 2 \cdot 8 = 16 \text{ м}$$

$$\sin \alpha = 0,6 = \frac{6}{10} = \frac{3}{5}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \sqrt{\frac{25 - 9}{25}} = \sqrt{\frac{16}{25}} = \frac{4}{5}$$

$$\begin{cases} \sin \alpha = \frac{3}{5} \\ \cos \alpha = \frac{4}{5} \end{cases}$$



$$a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$S = v_0 t - \frac{at^2}{2} =$$

$$= 6 \cdot t - \frac{10 \cdot t^2}{2} = 6 - 5 = 1 \text{ м}$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$N + mg \sin \alpha = ma$$

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

$$a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

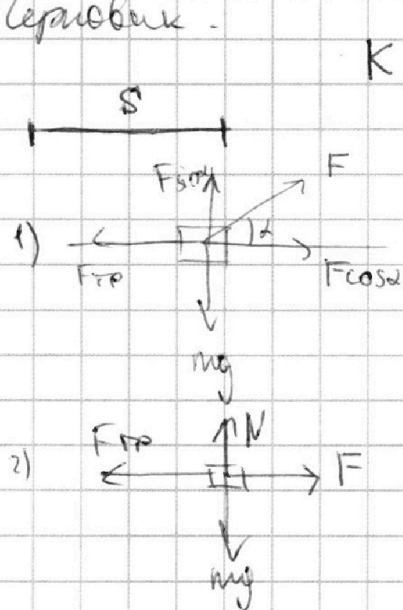
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



Условие.



$$K = \frac{mv^2}{2} \quad \frac{v^2}{2a} = s$$

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

$$\mu mg = ma \cdot F - ma$$

$$F - \mu mg = ma$$

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

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

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

$$K = \frac{mv^2}{2} = \mu mg s$$

$$K = \frac{mv^2}{2} = \frac{mv^2}{2a} \cdot a \Rightarrow$$

$$s = \frac{v^2}{2a} = \frac{v^2}{2} \cdot \frac{1}{a}$$

$$K = m \cdot s \cdot a$$

$$a = \mu g \quad a = \frac{3}{2}g$$

$$K = m \cdot s \cdot \mu \cdot g$$

$$\frac{mv^2}{2} = K$$

$$\mu mg s = \frac{mv^2}{2}$$

$$pV = DRT$$

$$pV' = \text{const}$$

$$\mu mg s = K \quad s = \frac{K}{\mu mg}$$

$$C = \frac{1}{2}R + \frac{1}{1-n}$$

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

$$1 \rightarrow 3 \quad pV^{-1} = \text{const}$$

$$1 \rightarrow 2 \quad p = \text{const}$$

$$C = \frac{3}{2}R + \frac{1}{1-n}R$$

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

$$C_p = iR$$

$$\frac{C - C_p}{C - C_v} = n$$

$$2R = 1.5R + \frac{1}{1-n}R$$

$$n = -1$$

$$C_p = C_v + R$$

$$V = \text{const} \Rightarrow$$

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

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

$$C_p = \frac{1}{2}R + \frac{1}{1-n}R = \frac{3}{2}R$$

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!



$$\varphi_{c1} = \frac{kq}{a} \cdot (8 + 2\sqrt{2})$$

$$\varphi_{c2} = 2 \left( \frac{kq}{a} + \frac{kq}{a} + \frac{kq}{2a} \right) + 2 \left( \frac{kq}{a} + \frac{kq}{2a} + \frac{kq}{3a} \right) =$$

$$= 2 \frac{5kq}{a} + 2 \frac{11kq}{6a} = 2 \cdot \frac{41kq}{6a} = \frac{82kq}{6a} = \frac{41kq}{3a}$$

$$\left( \frac{41}{3} - 8 - 2\sqrt{2} \right) \frac{kq}{a} = \frac{41 - 24 - 6\sqrt{2}}{3} \frac{kq}{a} =$$

$$= \frac{17 - 6\sqrt{2}}{3} \frac{kq}{a} = \frac{17 - 8,4}{3} \frac{kq}{a} = \frac{8,6}{3} \frac{kq}{a} \approx 2,9 \frac{kq}{a}$$

$$\frac{kq^2}{3} \cdot \frac{8,6}{a} \cdot \frac{1}{4} = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{8,6}{12} = \frac{1 \cdot 8,6 \cdot a^2 \cdot \cancel{57} \cdot \epsilon_0 \cdot T}{4 \cancel{57} \epsilon_0 a^2 \cdot 12}$$

$$= \frac{8,6 a^2 \epsilon_0 T}{4 \cancel{57} \epsilon_0 \cdot 4} = \frac{8,6 a T}{16} = \frac{4,3}{8} a T \approx 1,8 a T$$

$$\frac{kq^2}{a} \cdot \frac{4 + \sqrt{2}}{2} = \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a} + K$$

$$12 \cdot 0,87 = \frac{12 \cdot 87}{100}$$

$$\frac{kq^2}{a} \left( \frac{4 + \sqrt{2}}{2} - 1 - \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) = K$$

$$\frac{kq^2}{a} \left( \frac{4 - 2 - 1 + 1,41}{2} - \frac{1}{3} \right) = \frac{kq^2}{a} (1,2 - 0,33) = \frac{kq^2}{a} \cdot 0,87$$

$$\frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a} = \frac{3kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{3a}$$

$$= \frac{4kq^2}{a} + \frac{kq^2}{3a} = \frac{13kq^2}{3a} \Rightarrow \frac{26kq^2}{3a}$$

$$8 + 2\sqrt{2} - \frac{2 \cdot 13}{3} = \frac{24 + 6\sqrt{2} - 26}{3} = \frac{6\sqrt{2} - 2}{3} = \frac{8,4 - 2}{3} = \frac{6,4}{3} \approx 2,1$$

$$\frac{6\sqrt{2} - 2}{4} = \frac{3\sqrt{2} - 1}{2} = \frac{3 \cdot 1,4 - 1}{2} = \frac{5,2 - 1}{2} = \frac{4,2}{2} = 2,1$$

$$\frac{6,4}{4} = 1,6$$

$$\frac{6\sqrt{2} - 2}{3} \cdot \frac{1}{4 \cancel{57} \epsilon_0} \cdot \frac{a^2 \cdot \cancel{57} \epsilon_0 T}{a} =$$

$$\frac{3\sqrt{2} - 1}{2} = \frac{3,7}{2}$$

$$= \frac{6\sqrt{2} - 2}{4} \cdot a T = \frac{6 \cdot 1,4 - 2}{4} \cdot a T = \frac{8,4 - 2}{4} a T = \frac{6,4}{4} a T = 1,6 a T$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad T_2 = 4T_1$$

$$8,31 \cdot 3 = 2493$$