



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.

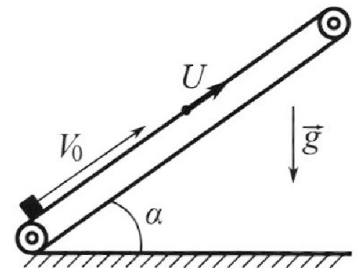
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение с вободного падения $g = 10$ м/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.).

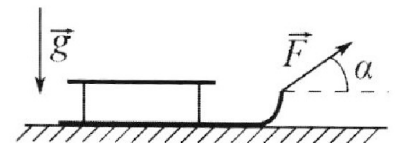
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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 .

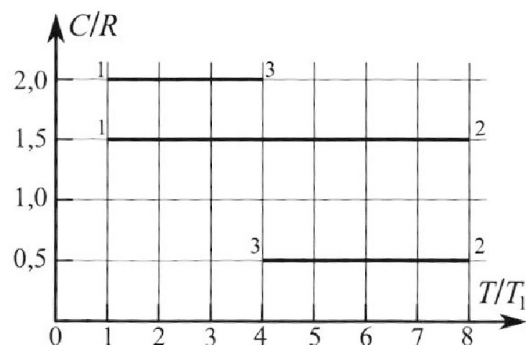
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

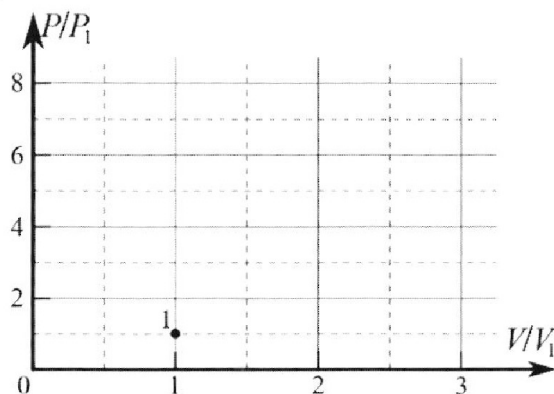
Вариант 10-02

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).

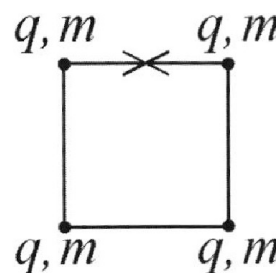


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

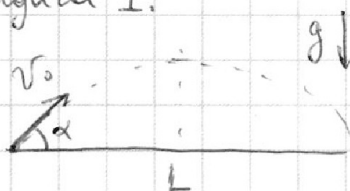
МФТИ

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



①

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

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

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

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

$$y = x \tan \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2} (\underbrace{\tan^2 \alpha + 1}_{\text{с.т.о.}}) = x \tan \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2} \tan^2 \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2}$$

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

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

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

$$\Rightarrow y = x \cdot \frac{v_0^2}{gx} - \frac{gx^2}{2v_0^2} \cdot \frac{v_0^4}{g^2 x^2} - \frac{gx^2}{2v_0^2}$$

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

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

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

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

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

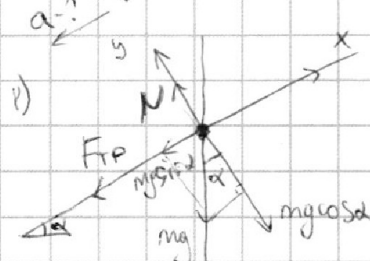
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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



2

Задача 2



по x: $mg \sin \alpha + \mu N = ma$

по y: $mg \cos \alpha - N = 0$

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

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

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

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

$\Rightarrow S = v_0 t - \frac{a t^2}{2} = 6 \cdot 1 - \frac{10 \cdot 1^2}{2} = 1 \text{ м}$ по условию, что

$\frac{v_0}{a} < t_0 \Rightarrow$ она остановится и покатится вниз с меньшей скоростью.
 $\frac{v_0}{a} = \frac{6}{10} = 0,6 \text{ с}$ За эти 0,6 с

$S_1 = v_0 t - \frac{a t^2}{2} = 6 \cdot 0,6 - \frac{10 \cdot 0,36}{2} = 3,6 - \frac{3,6}{2} = 3,6 - 1,8 \Rightarrow$

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

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

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

2) Поскольку Fтр направлена против ветра $v_{0\text{вн}}$, а $v_{\text{вн}} = u$, то это значит, все время пока дул ветер вверх, сила Fтр действовала вверх по оси x. $\Rightarrow a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 10 \frac{m}{c^2}$
Какой надо подобрать $\Delta v = v_0 - u = a t$, $\Rightarrow t_1 = \frac{v_0 - u}{a} = \frac{6 - 1}{10} = 0,5 \text{ с}$

3) В течение 0,5 с (t_1) имеем картину: Теперь $v_{0\text{вн}} = 0$, ускорение направлено вниз по ox
 $a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 2 \frac{m}{c^2}$
скорость надо от u уменьшить до 0
 $\Rightarrow a t = u \Rightarrow t = \frac{u}{a} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ с}$

$\Rightarrow$ 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) $L = 2 \text{ м}$

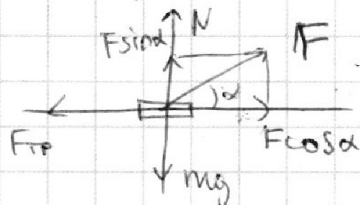
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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



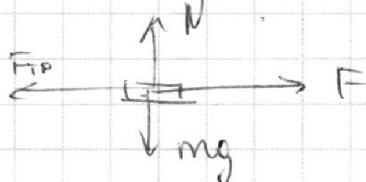
Задача 3

1) случай 1)



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

случай 2)



$$F - \mu mg = ma$$

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

$$K_1 = K_2, m = \text{const.}$$

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

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

$$v_1^2 = v_2^2$$

$$\Downarrow a_1 = a_2$$

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 ограничитель; масса санок
изменяема и составляет m

2) ЗСЭ не выполняется. После прекращения действия F,
остается только $F_{тр} \Rightarrow$ она и заарестует $v \rightarrow 0$,

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

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

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

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!

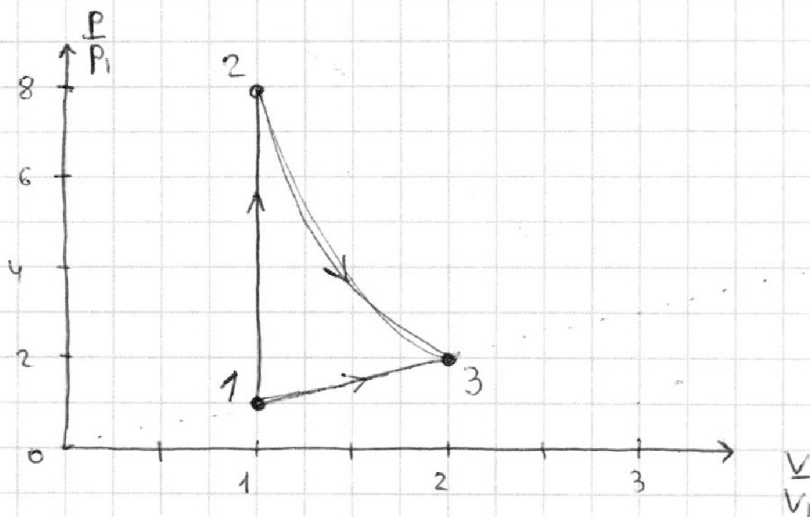


4

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 и II)

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



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

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

$$P_2 = 8P_1$$

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

$$T_2 = 4T_1$$

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

1) $A_{31} = Q + \Delta U$ $Q = \Delta U_{31} + A_{31}$
 $A_{31} = 2R \cdot (4200 - 4200) = \frac{3}{2}R(200 - 800) + A_{31}$
 $\int_{12} Q = C \int_{12} dT$, $\Delta U = \frac{3}{2}R \Delta T$
 $A_{31} = -600 \cdot 2R + 600 \cdot \frac{3}{2}R \Rightarrow A_{31} = 1200R - 900R = 300R$
 $\Rightarrow$ сигнал ($A_{31} < 0$ (т.к. внешнее))

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

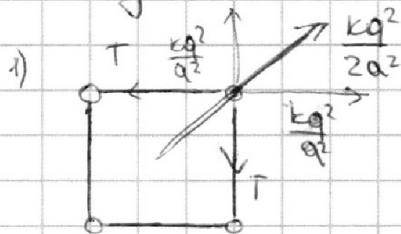
1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

МФТИ

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



Задача 5



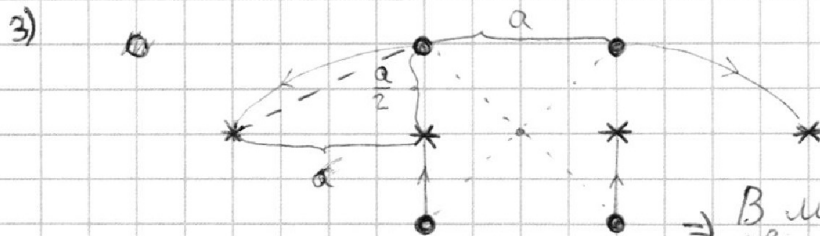
Камни пролетают.

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

$$\frac{6m^2}{a^2} \ll k \frac{q^2}{a^2}$$

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

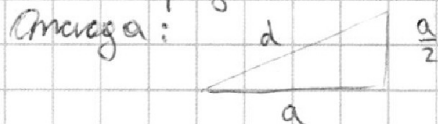
$$|q| = a \cdot \sqrt{\frac{T}{\frac{4+\sqrt{2}}{4} \cdot 4 \cdot 51 \epsilon_0}} = a \cdot \sqrt{51 \epsilon_0 T} \cdot \sqrt{\frac{1.6}{4+\sqrt{2}}} \approx 3 = a \sqrt{351 \epsilon_0 T}$$



x - это заряды
по обе перемыч.
● - это в центре

⇒ В момент времени они
двигаются с $v_1 = v_2 = v_3 = v_4$

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



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

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

2) $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q}$. φ_1 потенциал у всех шариков.

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

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

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

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

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

* Кинетическая работа не
совершается.

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



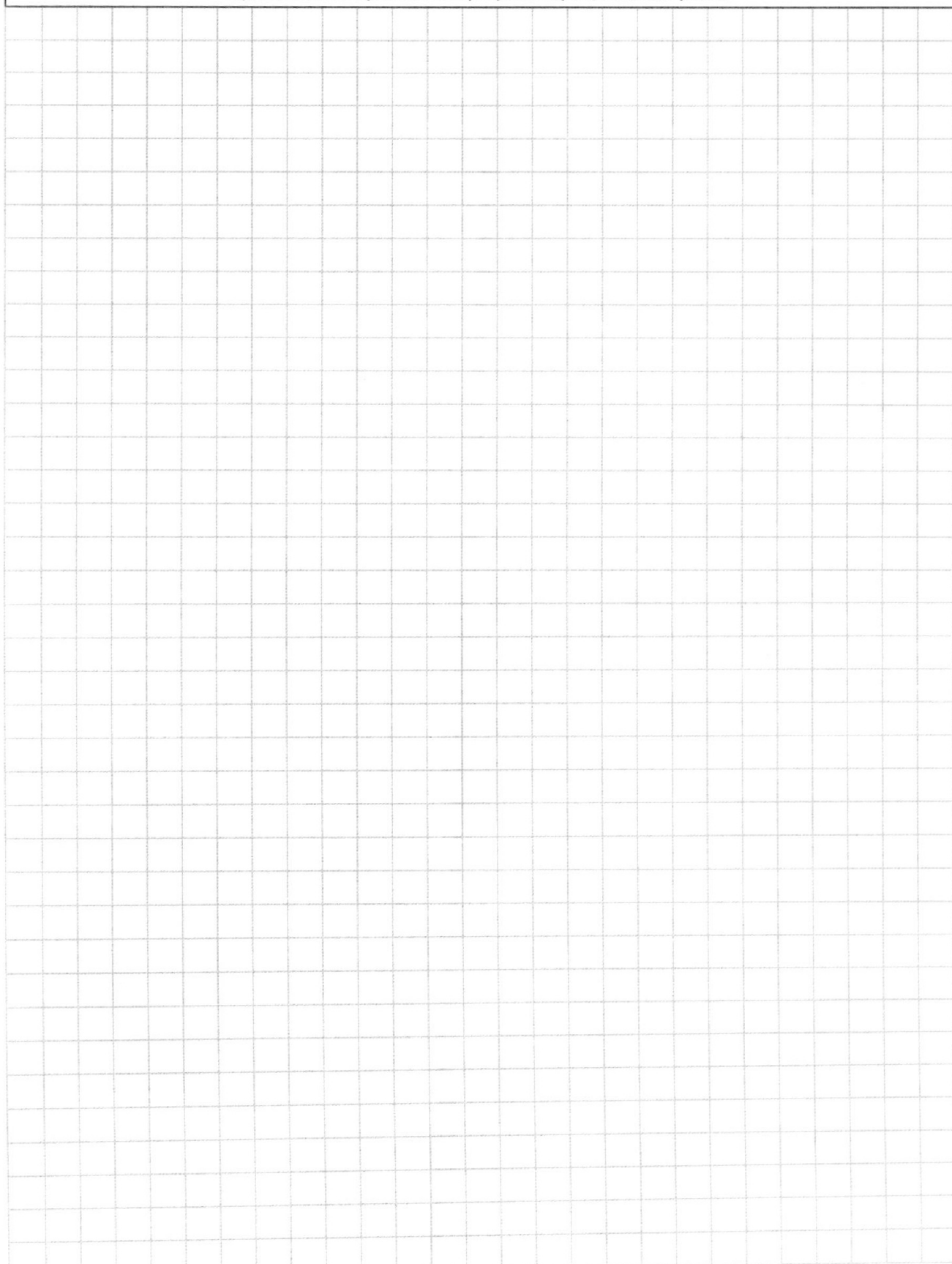
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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!



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

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

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

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

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

$$\varphi = \frac{A}{q}$$

$$\varphi_1 = \frac{kq}{a} + \frac{kq}{a} + \frac{kq}{a\sqrt{2}} - kq$$

$$\varphi_2 = \frac{kq}{a} + \frac{kq}{2a} + \frac{kq}{3a}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{kq}{a} + \frac{kq}{a} + \frac{kq}{a\sqrt{2}} - \frac{kq}{a} - \frac{kq}{2a} - \frac{kq}{3a} = \frac{kq}{2a} + \frac{kq}{a\sqrt{2}} - \frac{kq}{3a}$$

$$= \frac{kq}{6a} + \frac{kq}{a\sqrt{2}} = \frac{kq}{a} \left(\frac{1}{6} + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) = \frac{kq}{a} \cdot \frac{1+3\sqrt{2}}{6}$$

$$A = q\varphi = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{1+3\sqrt{2}}{6}$$

$$\Delta\varphi q = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{1+3\sqrt{2}}{3} + \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{\sqrt{2}-1}{1}$$

$$= \frac{kq^2}{a} \left(\frac{1+3\sqrt{2}}{3} + \sqrt{2}-1 \right) = \frac{kq^2}{a} \left(\frac{1+3\sqrt{2}+3\sqrt{2}-3}{3} \right) = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{-2+6\sqrt{2}}{3} = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{6\sqrt{2}-2}{3}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

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

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

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

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

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

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

$$1-n=2 \quad \boxed{n=-1}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$1-n=1$$

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

$$n=0$$

$$PV = \nu RT$$

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

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

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

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

$$V = \text{const}$$

$$T = \text{const}$$

$$PV = \text{const}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$q^2 = T a^2 \cdot 1,49 \cdot 1,91 \cdot 4\pi\epsilon_0$$

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

$$P_1 V_1 = 3 P_2 V_2$$

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

$$T = 3 T_1$$

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

$$T_2 = 8 T_1$$

$$V_1 = V_2$$

$$P_1 V_1$$

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

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

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!



Мерников

$$\left(x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2} \operatorname{tg}^2 \alpha\right)' = 0$$

умг

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

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

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

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

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

$$= \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gx^2}{2v_0^2} = 3,6$$

$$6,4 \cdot 5 = 32$$

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

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

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

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

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

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

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

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

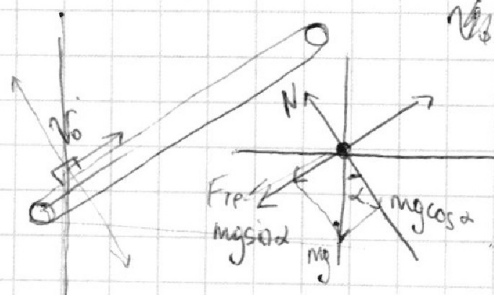
$$x^2 = 2^2 \cdot 8^2$$

$$x = 2 \cdot 8 = 16 \text{ м}$$

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

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

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



$$N = mg \cos \alpha$$

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

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

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

$$a = g \left(\frac{4}{5} + \frac{3}{5} \right) = 10 \left(\frac{7}{5} \right) = 14$$

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

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

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

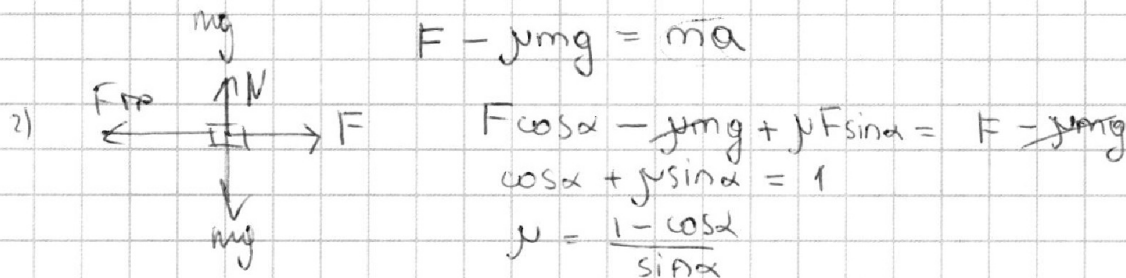
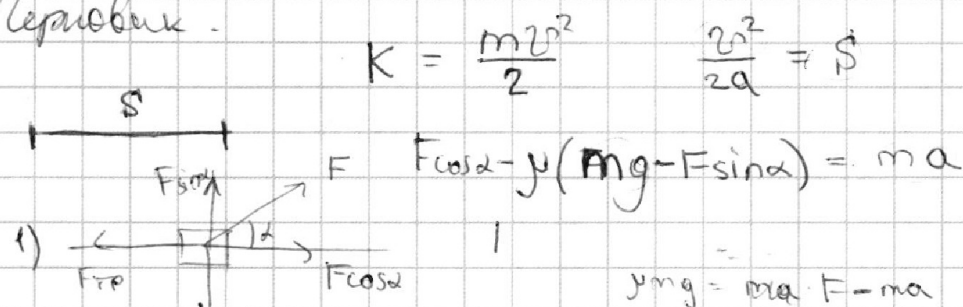
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Черновик.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$n = -1$$

$$C_P = C_V + R$$

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

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

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

$$a = \mu g$$

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

$$pV = \nu RT$$

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

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

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

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

$$C_P = 1$$

$$\frac{C - C_P}{C - C_V} = n$$

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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!

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

$8,31 \cdot 3 = 2493$