



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

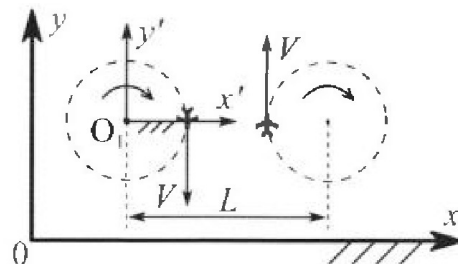
Вариант 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Во время выполнения пилотажного упражнения два самолёта летят в горизонтальной плоскости с одинаковыми по модулю скоростями $V = 80$ м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса $R = 800$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

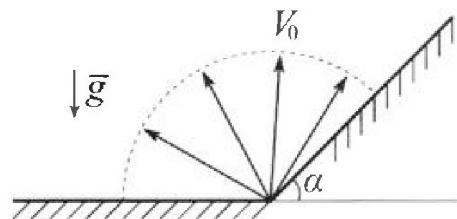
1. На сколько δ процентов вес каждого летчика больше силы тяжести, действующей на летчика?



В некоторый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального сближения. Расстояние между центрами окружностей $L = 2$ км. Вектор скорости каждого самолета показан на рисунке.

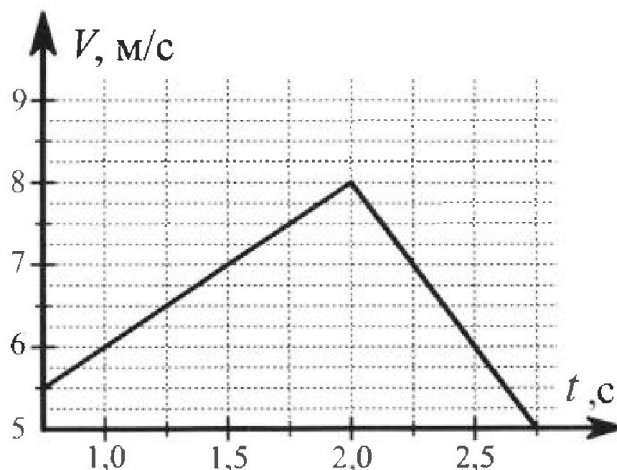
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшая продолжительность полета одного из осколков $T = 9$ с. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. На каком максимальном расстоянии S от точки старта упадет осколок на склон?

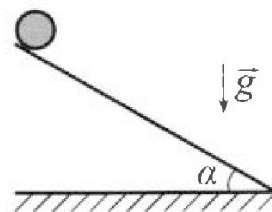
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по плоскости, сталкивается с упором, отскакивает от него и продолжает движение по плоскости. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



1. Найдите $\sin \alpha$, здесь α – угол, который наклонная плоскость образует с горизонтом.

Во втором опыте с той же наклонной плоскости скатывается без проскальзывания тонкостенная однородная цилиндрическая бочка, полностью заполненная водой. Начальная скорость нулевая. Масса воды равна массе бочки. Упор удален с наклонной плоскости. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.

2. С какой по величине скоростью V движется бочка после перемещения по вертикали на $h = 0,3$ м?
3. Найдите ускорение a , с которым движется бочка.
4. При каких величинах коэффициента μ трения скольжения бочка катится без проскальзывания?





Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. В изохорическом процессе к смеси идеальных газов гелия и кислорода подводят $Q = 600$ Дж теплоты. Температура смеси увеличивается на $\Delta T_1 = 15$ К. Если к той же смеси подвести то же самое количество теплоты в изобарическом процессе, то температура смеси повысится на $\Delta T_2 = 10$ К.

1. Найдите работу A смеси газов в изобарическом процессе.
2. Найдите теплоемкость C_V смеси в изохорическом процессе.
3. Найдите отношение $\frac{N_{\text{Г}}}{N_{\text{К}}}$ числа атомов гелия к числу молекул кислорода в смеси.

Указание: внутренняя энергия двухатомного газа кислорода $U = \frac{5}{2}PV$.

5. Частица с удельным зарядом $\gamma = \frac{q}{m} > 0$ движется между обкладками плоского конденсатора. Заряды обкладок конденсатора $Q > 0$ и $-Q$, ёмкость конденсатора C , расстояние между обкладками d . В некоторый момент частица движется параллельно обкладкам со скоростью V_0 на расстоянии $d/4$ от положительно заряженной обкладки.

1. Найдите радиус R кривизны траектории в этот момент времени.

Через некоторое время после вылета из конденсатора частица пересекает серединную плоскость конденсатора (плоскость, равноудаленную от обкладок).

2. С какой по величине скоростью V движется в этот момент частица?



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

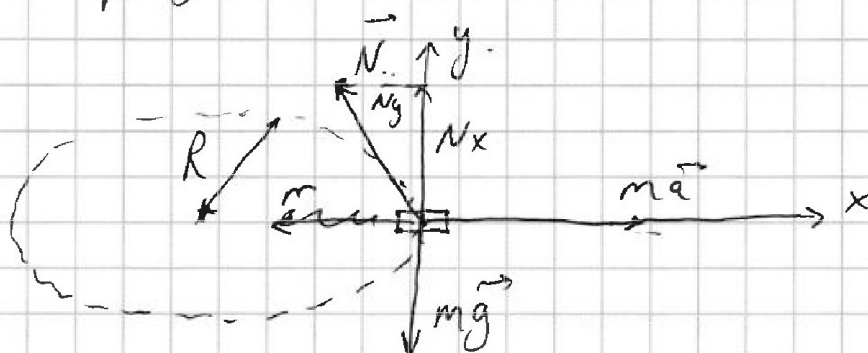
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Рассмотрим движение самолета в горизонтальной плоскости.

Перейдем в С.О. самолета



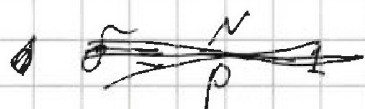
$N = P$ - все действующий на летчика.

По $O(x|z)$ $mg - N_x = 0$

По $O(y|z)$ $ma - N_y = 0$; $a = \frac{v^2}{R}$

$$N = \sqrt{N_x^2 + N_y^2}$$

$$N = m \sqrt{g^2 + \left(\frac{v^2}{R}\right)^2}$$



$$\sigma = \left(\frac{N}{mg} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{\sqrt{g^2 + \left(\frac{v^2}{R}\right)^2}}{g} - 1 \right) \cdot 100\%$$

$$= \left(\frac{\sqrt{(10)^2 + 8^2}}{10} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{\sqrt{164}}{10} - 1 \right) \cdot 100\% =$$

$$\approx \left(\frac{12,8}{10} - 1 \right) \cdot 100\% = 28\%$$

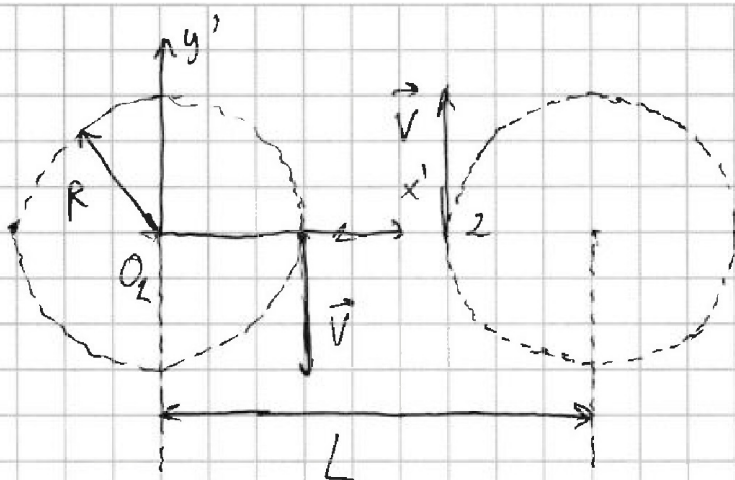


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Вращающаяся система отсчета $x'O_1y'$ — это система отсчета с центром в точке O_1 , её ~~ось~~ ось ~~движения~~ ось движется с угловой скоростью $\omega = \frac{V}{R}$

Скорость второго самолета, связан в этой системе отсчета равна.

$$\omega(L - R) + V = \frac{V(L - R)}{R} + V = \frac{VL - VR + VR}{R} = \frac{VL}{R} = \frac{80\% \cdot 2000\text{ м}}{800\text{ м}} = 200\%$$

Answer: 2. 28%; 200 %.

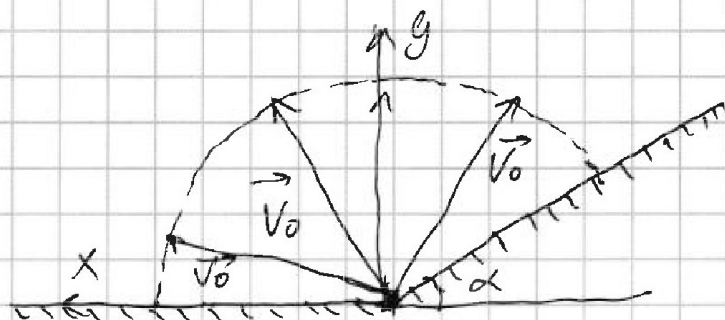


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Очевидно, что осколок, который дольше всего летит приземлится на горизонтальную поверхность.

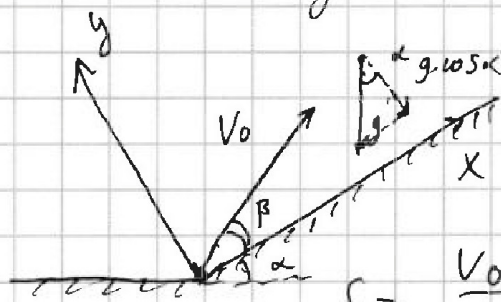
Время полета осколка равно.

$$V_{iyk} - V_{iyk}$$

$$T = \frac{V_{iyk} - V_{iyk}}{g} = \frac{2V_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

Чтобы длительность полета была максимальной, надо чтобы $\sin \alpha = 1$.

$$T = \frac{2V_0}{g} \Rightarrow V_0 = \frac{gT}{2} = \frac{10^4 \text{ м/с}^2 \cdot 9 \text{ с}}{2} = 45 \text{ м/с}$$



$$T_{\text{полета}} = \frac{2V_0 \sin \beta}{g \cdot \cos \alpha}$$

$$S = V_0 \cdot \cos \beta \cdot T_{\text{полета}} = \frac{2V_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g \cdot \cos \alpha}$$

$$S = \frac{2V_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g \cdot \cos \alpha} = \frac{4g^2 \sin \alpha V_0^2 \sin^2 \beta}{2g^2 \cdot \cos^3 \alpha}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

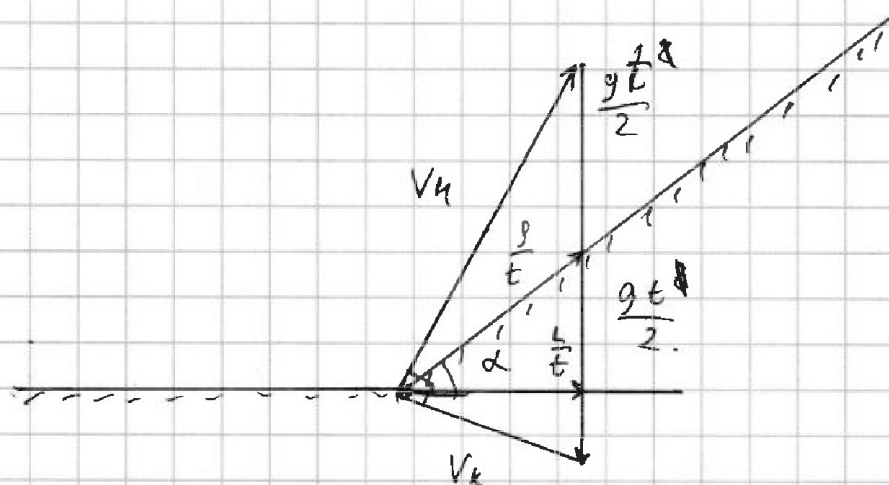
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$S = \frac{2V_0^2 \cos\beta \sin\beta}{g \cdot \cos\alpha} - \frac{2 \sin\alpha V_0^2 \sin^2\beta}{g \cdot \cos^2\alpha} =$$

$$S = \frac{2V_0^2}{g \cdot \cos\alpha} (\cos\beta \sin\beta - \tan\alpha \sin^2\beta)$$



Чтобы дальность полета была максимальной, надо чтобы угол между векторами касательной и конечной скорости был 90° .

$$V_H^2 + V_K^2 = \cancel{g^2 t^2} (gt)^2$$

$$\frac{gt}{2} = \frac{g}{t}$$

$$V_H V_K = Lg = \frac{\sqrt{3}}{2} Sg$$

$$V_H^2 + V_K^2 = 2Sg$$

1. $V_K < V_H$ — т.к. тело поднимается на высоту.

$$V_H = \sqrt{\frac{3}{2}} Sg \Rightarrow S = \frac{\sqrt{\frac{3}{2}} V_H^2}{g} = \frac{\sqrt{\frac{3}{2}} \cdot 2025}{10} \text{ м} =$$

$$V_K = \sqrt{\frac{1}{2}} Sg = \sqrt{\frac{1}{2}} \cdot 202,5 \text{ м}.$$



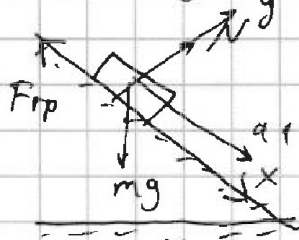
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

(начала маляба двигаться вниз по
сплону, её ускорение равно:)



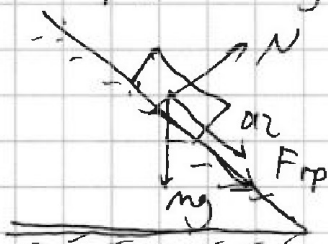
$$\text{Ох! } mg \cdot \cos \alpha - N = 0$$

$$mg \sin \alpha - \mu N = ma_1$$

$$mg \sin \alpha - \mu mg \cdot \cos \alpha = ma_1$$

$$a_1 = g \sin \alpha - \mu g \cdot \cos \alpha$$

Теперь рассмотрим движение малябы вверх



аналогично получаем:

$$a_2 = g \sin \alpha + \mu g \cdot \cos \alpha$$

$$a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{\frac{2 \text{ м/с}^2}{20 - 10} + \frac{2 \text{ м/с}^2}{2,50 - 20}}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 0,3$$

$$\frac{mv^2}{2} \cdot \frac{mR^2}{2} \cdot [\text{кг} \cdot \text{м}^2] \quad [\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}}]$$



$\frac{mv^2}{2}$ т.к. движение

в системе бочка - вода

происходит в однород-
ном поле или гравитационном

и других сил действующая на систему не, т.е. $n+k = \text{const}$ $\Delta n + \Delta k = 0$

$$-2mg h + \frac{mv^2}{2} + \frac{mv^2}{2} + \frac{mv^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = 0$$

$$\frac{5v^2}{2} = 2gh \Rightarrow v = \sqrt{\frac{4}{5}gh} = \sqrt{2,4} \text{ м/с}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
☐2
☐3
☒4
☐5
☐6
☐7
☐СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

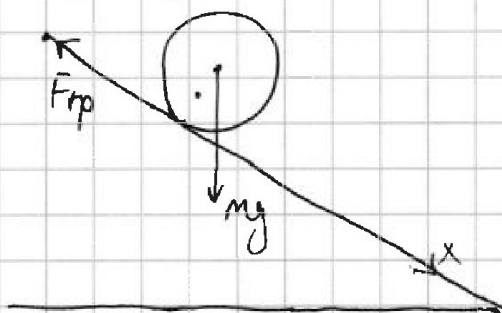
Т.к. бочка движется с постоянным ускорением :)

$$V = \sqrt{2 a \frac{h}{\sin \alpha}} =$$

$$V = \sqrt{2 a \frac{h}{\sin \alpha}}$$

$$\sqrt{2,4} = \sqrt{2 a \cdot 1}$$

$$a = 1,2 \text{ м/с}^2$$



Бочка будет двигаться с проскальзыванием
при:)

$$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \geq ma$$

$$\mu g \cos \alpha \leq g \sin \alpha - a$$

$$\mu \leq \frac{g \sin \alpha - a}{g \cos \alpha} = \frac{3 - 1,2}{10 \cdot \sqrt{0,91}} = \frac{1,8}{10 \cdot 0,95}$$

$$= \frac{1,8 \sqrt{91}}{100} = \frac{1,8}{\sqrt{91}}$$

Ответ: $\sin \alpha = 0,3$; $\sqrt{2,4} \text{ м/с}$; $1,2 \text{ м/с}^2$

$$\mu \leq \frac{1,8 \sqrt{91}}{100} \quad \mu \leq \frac{1,8}{\sqrt{91}}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$A = p \Delta V = \int R \Delta T_2 =$$

$$C_v + R = C_p$$

$$C_v \int \Delta T_1 = Q$$

$$C_p \int \Delta T_2 = Q$$

$$\frac{C_v \cdot 3}{C_p \cdot 2} = 1$$

$$\frac{3C_v}{2C_v + 2R} = 1$$

$$C_v = 2R$$

В изобарическом процессе:

$$A = p \Delta V = \int R \Delta T_2 = \frac{3 \int R \Delta T_2}{3} = \frac{Q}{3} = 200 \text{ Дж}$$

$$Q = 3 \int R \Delta T_2$$

$$\frac{N_r}{N_k} = \frac{\int_r}{\int_k}$$

$$C_v \int \Delta T_2 = (C_{kv} \int_k + C_{rv} \int_r) \Delta T_2$$

C_{kv} — молярная теплоемкость кислорода в изохорном процессе $C_{kv} = \frac{5}{2} R$.

C_{rv} — молярная теплоемкость гелия в изохорном процессе $C_{rv} = \frac{3}{2} R$.

$$\int = \int_k + \int_r$$

$$2R \int_k + 2R \int_r = \frac{5}{2} R \int_k + \frac{3}{2} R \int_r$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☒

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$J_K = J_r$$

$$\text{Значит: } \frac{N_r}{N_K} = 1$$

$$\text{Ответ: } 200 \text{ Дж; } 2R = 16,62 \frac{\text{Дж}}{\text{К.моль}}, \frac{N_r}{N_K} = 1.$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$Q = \frac{c}{u}$$

$$C = \frac{qg}{2}$$

$$-Q$$

$$Q$$

$$F$$

$$\Rightarrow q = \frac{2C}{g}$$

$$\Pi = 2gq$$

$$\Pi = gq = 2C$$

$$Ed = -q$$

$$E = -\frac{q}{d}$$

$$q = \sqrt{\frac{2C}{d}}$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{Q}{2\epsilon_0 d}$$

$$C = \frac{qg}{2} = \frac{\kappa Qg}{2d}$$

$$\frac{Cq}{2} = \frac{\kappa CQ}{2d}$$

$$F = ma = m\omega V_0 = m \frac{V_0^2}{R_{кр}}$$

$$R_{кр} = \frac{F}{mV_0^2} = \frac{8CQ}{3dmV_0^2} = \frac{8Cg}{3dV_0^2}$$

$$F = F_1 + F_2 = \frac{CQ}{2 \cdot \frac{d}{4}} + \frac{CQ}{2 \cdot \frac{3d}{4}} = \frac{8CQ}{3d}$$

т.е. Потенциальная + кинетическая энергия

- по состоянию. $\Delta \Pi + \Delta K = 0$

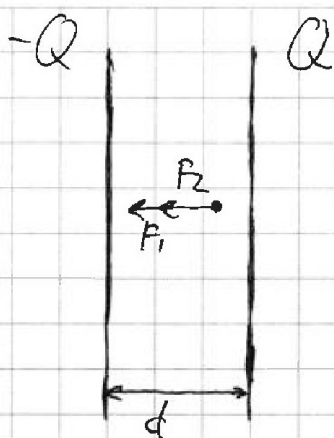


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
из

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$C = Q \varphi = - \frac{EQ}{d}$$

$$\varphi = - \frac{E}{d}$$

$$E = - \frac{dC}{Q}$$

$$F = E q = \frac{dCq}{Q} \text{ — направ-}$$

лен в сторону пла-
стин заряженных -Q.

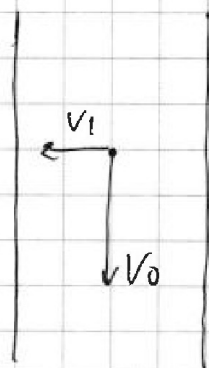
$$|F| = \frac{dCq}{Q}$$

$$C = g \varphi$$

$$ma = m \frac{v_0^2}{R} = F$$

$$R_{\varphi} = \frac{m v_0^2}{F} = \frac{m v_0^2 \cdot Q}{dCq} = \frac{Q v_0^2}{dC\gamma}$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{dCq}{Qm} = \frac{dC\gamma}{Q}$$



$$V = \sqrt{v_0^2 + v_1^2}$$

$$v_1^2 = 2a \frac{d}{4} = \frac{ad}{2} = \frac{dC\gamma d}{2Q \cdot 4} = \frac{C\gamma d^2}{8Q}$$

$$v_1^2 = 2a \frac{d}{4} = \frac{ad}{2} = \frac{dC\gamma d}{2Q} = \frac{d^2 C \gamma}{2Q}$$

$$V = \sqrt{v_0^2 + \left(\frac{d^2 C \gamma}{2Q} \right)}$$

$$\text{Order: } \frac{Q v_0^2}{dC\gamma} ; V = \sqrt{v_0^2 + \left(\frac{d^2 C \gamma}{2Q} \right)}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Ответ: $45 \frac{м}{с}$; $\sqrt{\frac{2}{3}} \cdot 202,5 \text{ м}$.



На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

