



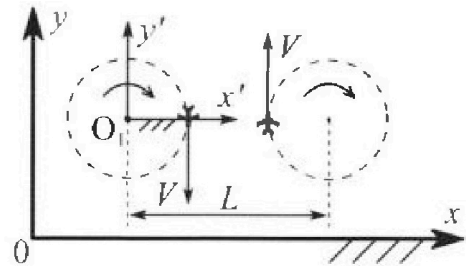
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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.

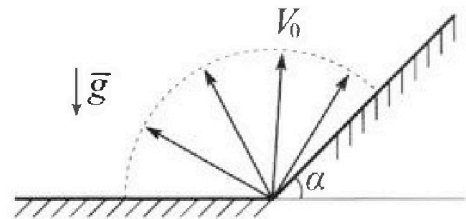


1. На сколько δ процентов вес каждого летчика больше силы тяжести, действующей на летчика?

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} .

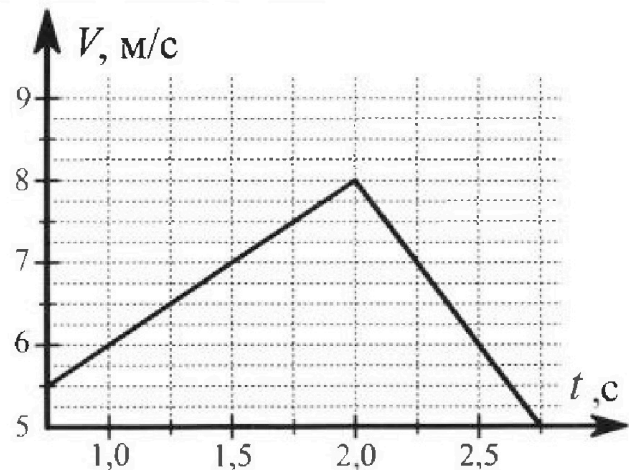
2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшая продолжительность полета одного из осколков $T = 9$ с. Ускорение свободного падения $g = 10$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



1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.

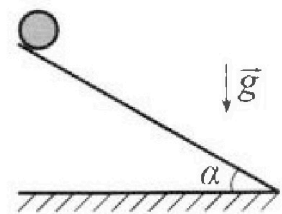
2. На каком максимальном расстоянии S от точки старта упадет осколок на склон?

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.



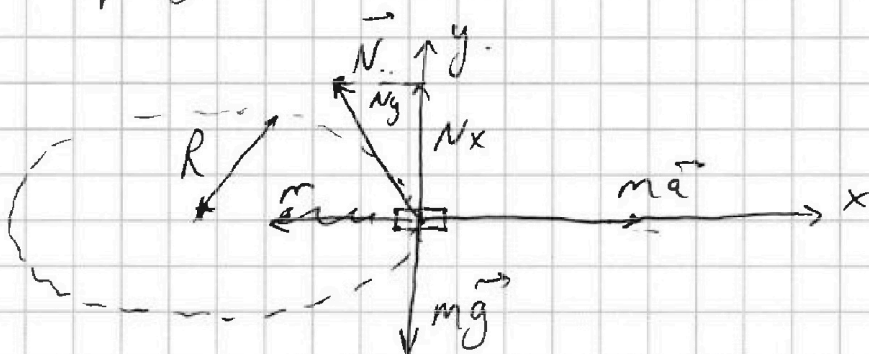
1 2 3 4 5 6 7

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



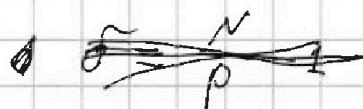
$N = P$ - все действующий на летчика.

По Ox : $mg - N_x = 0$

По Oy : $ma - N_y = 0$; $a = \frac{v^2}{R}$

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

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



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

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

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

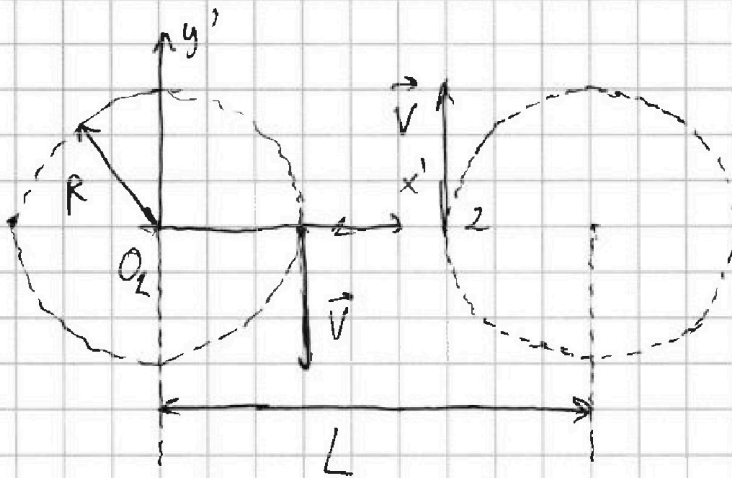


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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.

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

Ответ: 28%; 200 м/с.

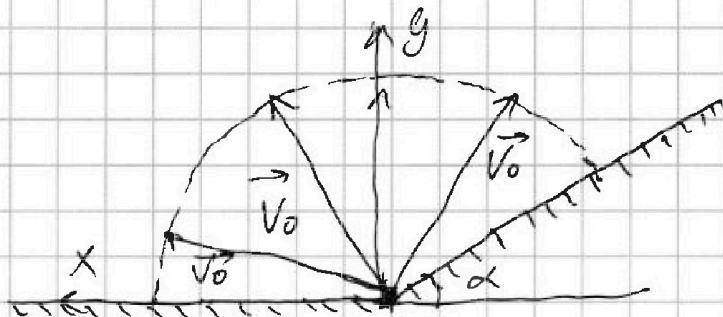


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

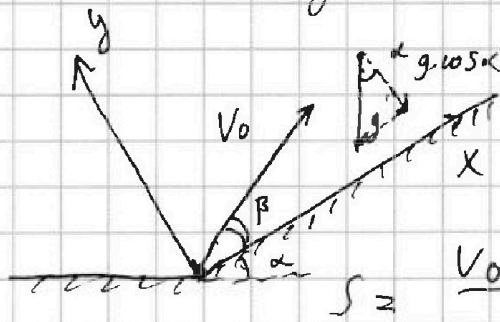
Время полета осколка равно.

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

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

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

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



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

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

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



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.

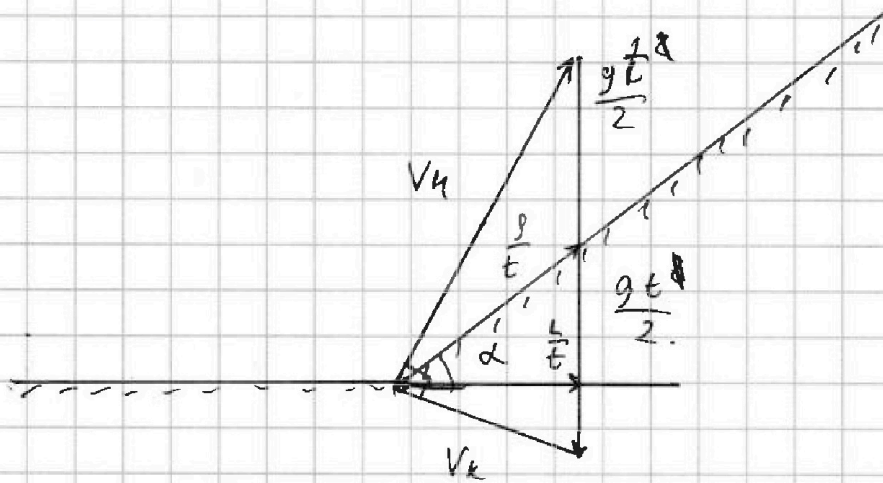
1 2 3 4 5 6 7

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!

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

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



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

$$V_h^2 + V_k^2 = \frac{g^2 t^2}{2} \quad (gt)^2$$

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

$$V_h V_k = Lg = \frac{\sqrt{3}}{2} Sg$$

$$V_h^2 + V_k^2 = 2Sg$$

$V_k < V_h$ - т.к. тело поднимается на высоту.

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

$$V_k = \sqrt{\frac{1}{2} Sg} = \sqrt{\frac{1}{3}} \cdot 202,5 \text{ м}.$$



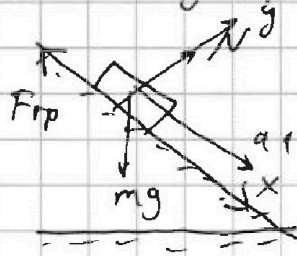
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Сначала маляда движется вниз по
слону, α_1 ускорение равно:



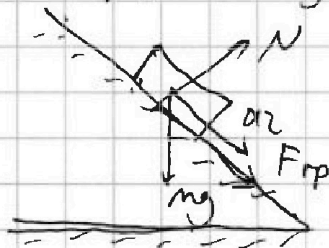
$$\alpha_{x1}: mg \cdot \cos \alpha - N = 0$$

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

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

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

Теперь рассмотрим движение маляды вверх



аналогично получаем:

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

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

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

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



$\frac{mv^2}{2}$ т.к. движение

в системе бочка - вода

происходит в однородном поле силы тя-

жести и других сил действующая на систему, $\Delta E = 0$

$$-2mgh + \frac{mV^2}{2} + \frac{mV^2}{2} + \frac{mV^2}{2} + \frac{mV^2}{2} = 0$$

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



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!

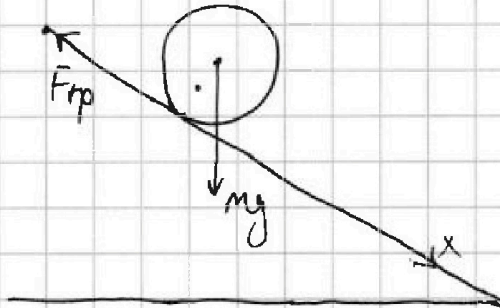
Т.к. боца движется с постоянным ускорением :)

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

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

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

$$a = 1,2 \text{ м/с}^2$$



Боца будет двигаться с проскальзыванием

при:)

$$m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha \geq m a.$$

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

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

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

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:

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

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

$$\frac{N_{\Gamma}}{N_K} = \frac{\int_{\Gamma}}{\int_K}$$

$$C_v \int \Delta T_2 = (C_{kv} \int_K + C_{\Gamma v} \int_{\Gamma}) \Delta T_2$$

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

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

$$\int = \int_K + \int_{\Gamma}$$

$$2R \int_K + 2R \int_{\Gamma} = \frac{5}{2} R \int_K + \frac{3}{2} R \int_{\Gamma}$$



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!

$$J_k = J_r$$

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

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

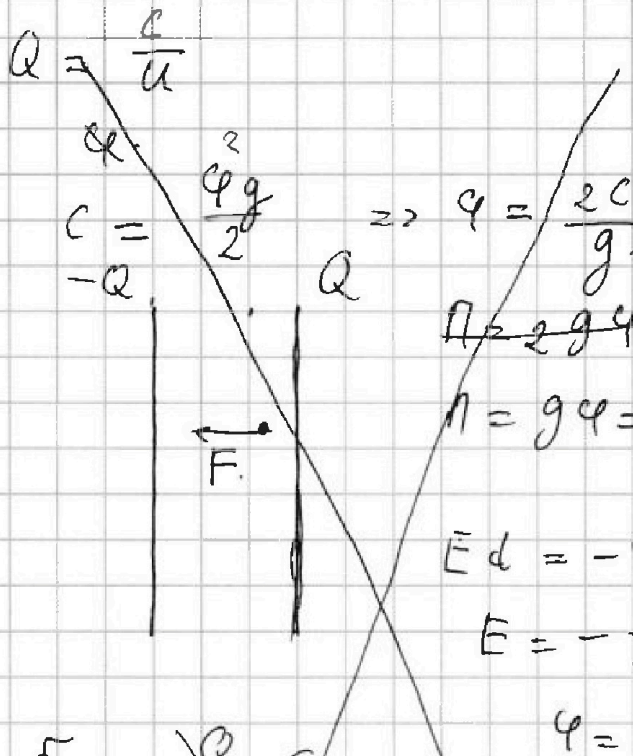


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

$C = \frac{qg}{2g} = \frac{kQq}{d}$

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

$R_{кр} = \frac{F}{mV_0^2} = \frac{8Cq}{3d m V_0^2} = \frac{8Cq}{3d V_0^2}$

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

F - Потенциальная + Кинетическая энергия

- во состоянии. $\Delta P + \Delta K = 0$

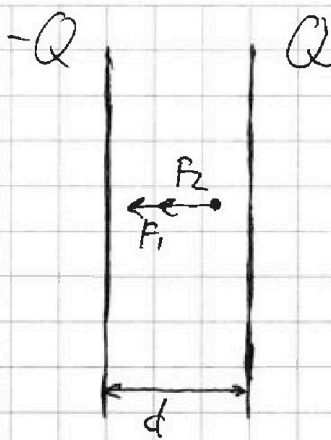


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

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

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

$$F = E q = \frac{dCq}{Q} \text{ — направ. лев } \& \text{ справа на-}$$

сроне зарядов $-Q$.

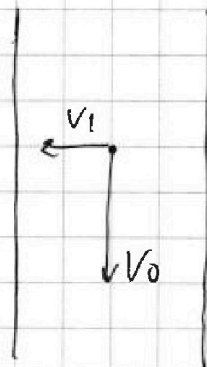
$$|F| = \frac{dCq}{Q}$$

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

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

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

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



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

$$v_1^2 = 2a \frac{d}{\gamma} = \frac{a d}{2} = \frac{dC \gamma d}{2Q \cdot \gamma} =$$

$$= \frac{C \gamma d^2}{2Q}$$

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

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

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 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 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!

