



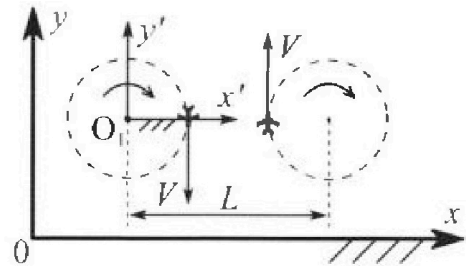
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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/с<sup>2</sup>.

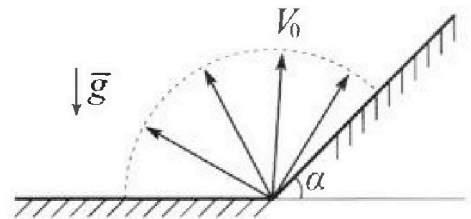


1. На сколько  $\delta$  процентов вес каждого летчика больше силы тяжести, действующей на летчика?

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  $\vec{U}$ .

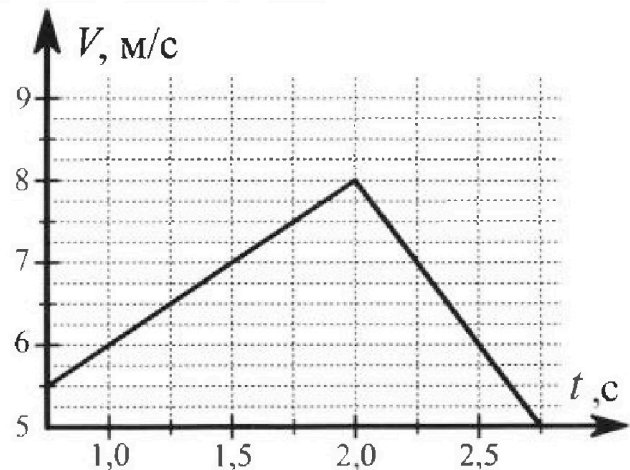
2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ . У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшая продолжительность полета одного из осколков  $T = 9$  с. Ускорение свободного падения  $g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



1. Найдите начальную скорость  $V_0$  осколков.

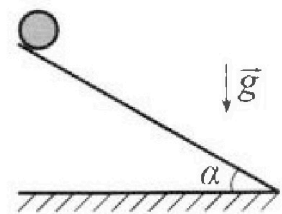
2. На каком максимальном расстоянии  $S$  от точки старта упадет осколок на склон?

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/с<sup>2</sup>.



1. Найдите  $\sin \alpha$ , здесь  $\alpha$  – 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  $\mu$  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.

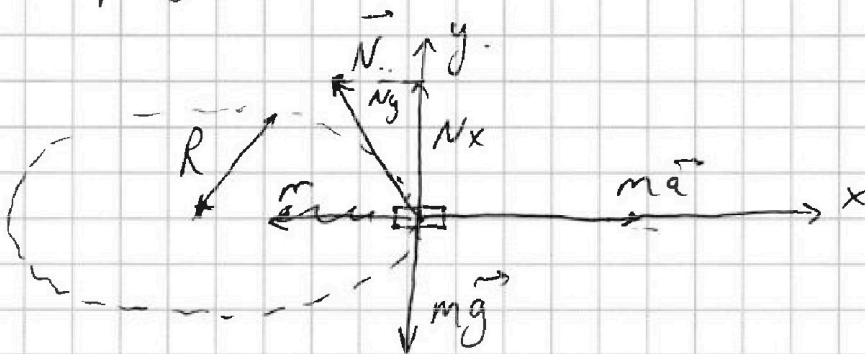
1  2  3  4  5  6  7

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 действующие на летчика.

$$\text{По } O(x|z): mg - N_x = 0$$

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

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

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



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

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

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







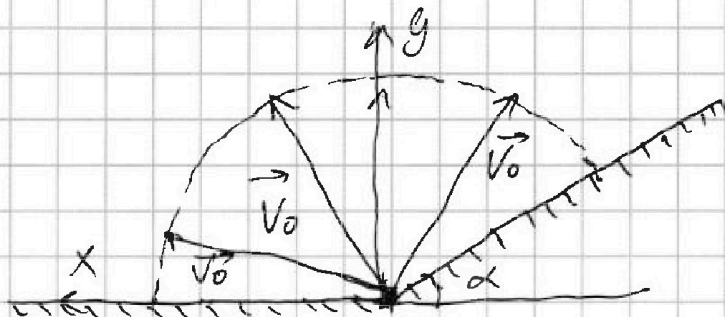


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

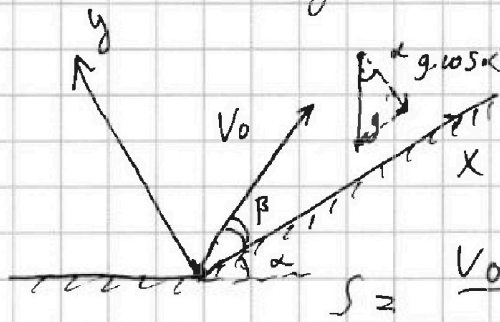
Время полета осколка равно.

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

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

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

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



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

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

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



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.

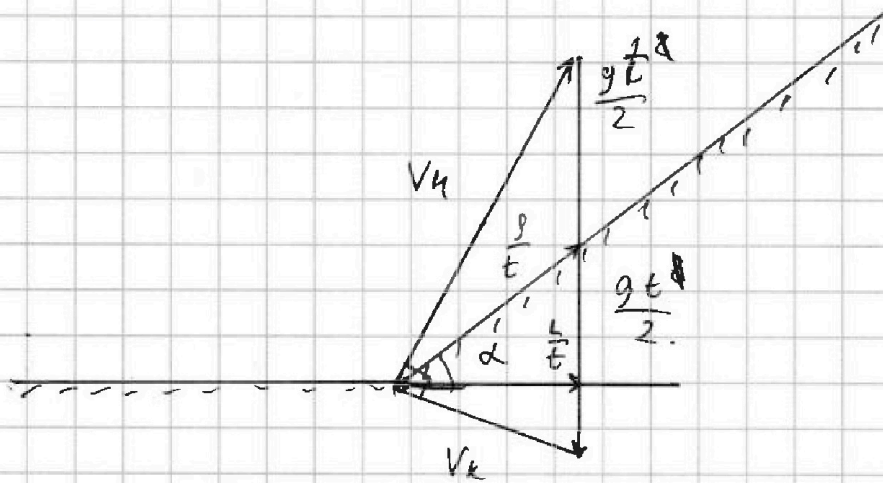
1  2  3  4  5  6  7

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!

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

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



Чтобы дальность полета была максимальной, надо чтобы угол между векторами максимальной и конечной скорости был  $90^\circ$ .

$$V_H^2 + V_K^2 = \frac{g^2 t^2}{4} (gt)^2$$

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

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

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

$V_K < V_H$  - т.к. тело поднимается на гору.

$$V_H = \sqrt{\frac{\sqrt{3}}{2} Sg} \Rightarrow S = \frac{\sqrt{3}}{g} V_H^2 = \frac{\sqrt{3}}{10} \cdot 2025 \text{ м} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot 202,5 \text{ м}$$

$$V_K = \sqrt{\frac{1}{2} Sg}$$





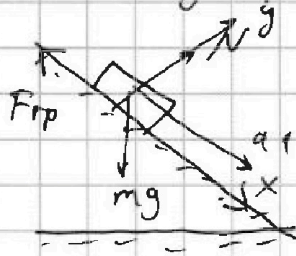
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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, её ускорение равно:



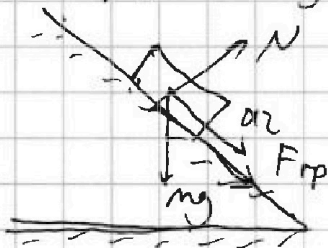
$$\text{Ох!}: mg \cdot \cos \alpha - N = 0$$

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

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

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

Теперь рассмотрим движение 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 не, то:  $n+k = \text{const}$   $\Delta n + \Delta k = 0$

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

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





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

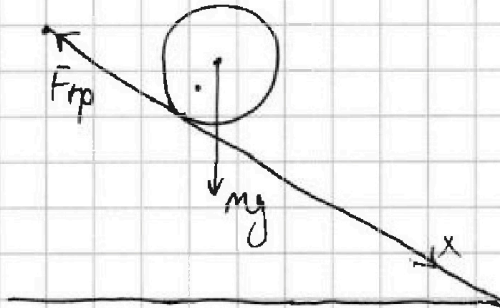
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Т.к. боца движется с постоянным ускорением:  $V = \sqrt{2a \frac{h}{\sin \alpha}} =$

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

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

$$a = 1,2 \text{ м/с}^2$$



Боца 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:

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

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

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

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

$C_{kv}$  — 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!

$$J_k = J_r$$

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

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





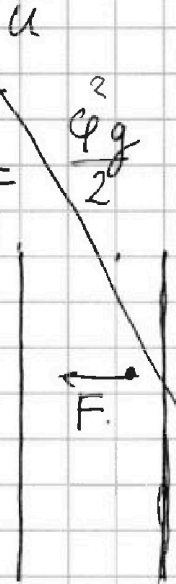
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

$Q = \frac{C}{u}$   
 $C = \frac{qg}{2}$   
 $-Q$



$\Rightarrow q = \frac{2C}{g}$   
 ~~$\Pi = 2gq$~~   
 $\Pi = gq = 2C$   
 $E_d = -q$   
 $E = -\frac{q}{d}$   
 $q = \sqrt{\frac{2C}{d}}$

~~$E = \frac{q}{2\epsilon_0} = \frac{Q}{2\epsilon_0 d}$~~

~~$C = \frac{qg}{2} = \frac{kqQ}{d}$~~

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

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

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

~~Р.А. Потенциальная + кинетическая энергия~~

~~- до состояния.  $\Delta \Pi + \Delta K = 0$~~

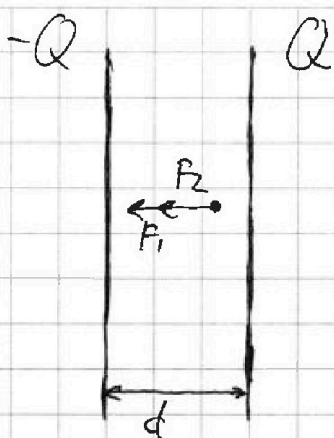


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

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

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

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

срине зарядов  $-Q$ .

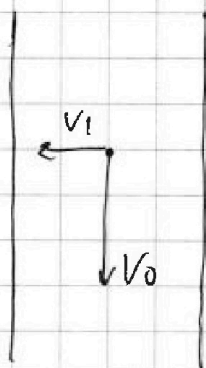
$$|F| = \frac{dCq}{Q}$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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





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!

