



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

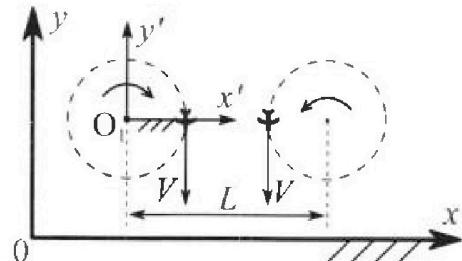


Вариант 10-03

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 $V = 60 \text{ м/с}$ (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса $R=360 \text{ м}$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

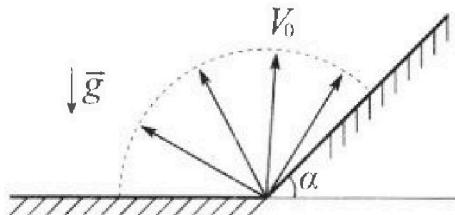
1. На сколько δ процентов сила тяжести, действующая на каждого летчика, меньше его веса?



В некоторый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального сближения. Расстояние между центрами окружностей $L=1,8 \text{ км}$. Вектор скорости каждого самолета показан на рисунке.

2. Найдите в этот момент скорость \vec{U} второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x' O_1 y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора \vec{U} .

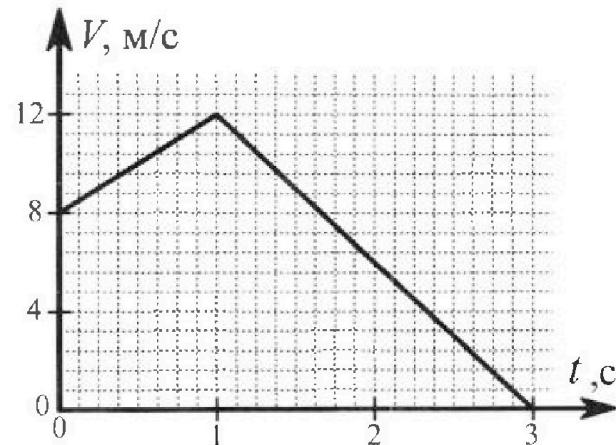
2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшая высота полета одного из осколков $H = 45 \text{ м}$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



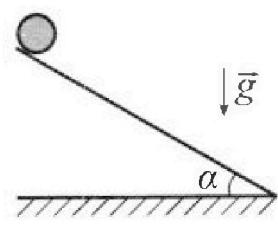
1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.

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 $g = 10 \text{ м/с}^2$.



Во втором опыте с той же наклонной плоскости скатывается без проскальзывания тонкостенная однородная цилиндрическая бочка, полностью заполненная водой. Начальная скорость нулевая. Масса воды в ней $n = 3$ раза больше массы бочки. Упор удален с наклонной плоскости. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.



2. С какой по величине скоростью V движется бочка в тот момент, когда горизонтальное перемещение бочки равно $S = 1 \text{ м}$?
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 10-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. В изохорическом процессе к смеси идеальных газов гелия и кислорода подводят $Q = 960$ Дж теплоты. Температура смеси увеличивается на $\Delta T_1 = 48$ К. Если к той же смеси подвести то же самое количество теплоты в изобарическом процессе, то температура смеси повысится на $\Delta T_2 = 30$ К.

1. Найдите работу A смеси газов в изобарическом процессе.
2. Найдите теплоемкость C_V смеси в изохорическом процессе.
3. Найдите отношение $\frac{N_T}{N_K}$ 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. Конденсатор заряжен, расстояние между обкладками d . В некоторый момент частица движется со скоростью V_0 параллельно обкладкам на расстоянии $d/8$ от положительно заряженной обкладки. Радиус кривизны траектории в этот момент времени равен R .

1. Найдите напряжение U на конденсаторе.

Через нек оторое 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 7СТРАНИЦА
1 из 2

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!

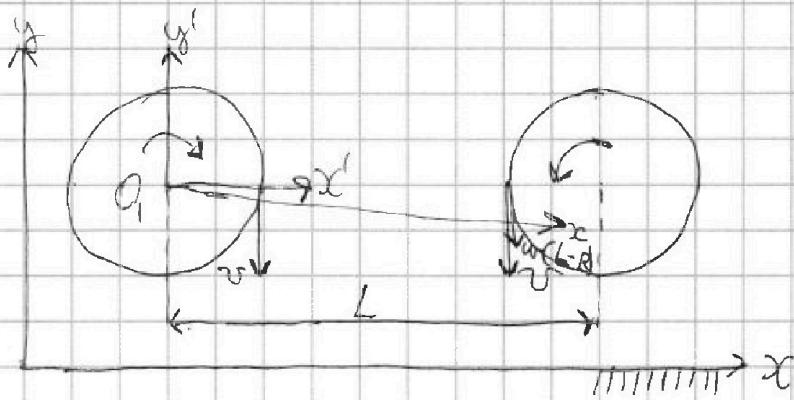
Дано:

$$v = 60 \text{ м/с}$$

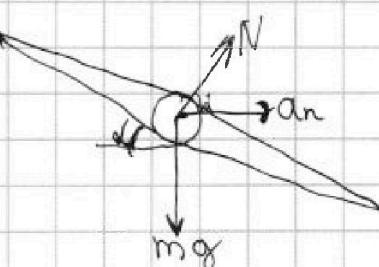
$$R = 360 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

?



1.



$$N \sin \alpha = mg$$

$$N \sin \alpha = \frac{mv^2}{R}$$

$$mg = N \cos \alpha$$

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

$$= \sqrt{1 + \left(\frac{(60)^2}{10 \cdot 360^2}\right)} \cdot 100\% = \sqrt{1 + \frac{60^4}{100 \cdot 360^2}} \cdot 100\% =$$

$$= \sqrt{1 + \frac{60 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 60}{100 \cdot (6 \cdot 6 \cdot 10)^2}} \cdot 100\% = \sqrt{1 + \frac{60 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 60}{100 \cdot 360^2}} \cdot 100\% =$$

$$= \sqrt{\frac{36000 + 36000}{36000 \cdot 36000}} \cdot 100\% = \sqrt{1 + \frac{1}{100}} \cdot 100\% = (\sqrt{2} - 1) \cdot 100\% =$$

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

СТРАНИЦА
2 из 2

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!

$$= (100\sqrt{2} - 100)\%$$

$$\text{Ответ: } \delta = \sqrt{1 + \left(\frac{v^2}{gR}\right)^2} - 1 \cdot 100\% = (100\sqrt{2} - 100)\%$$

2. Быстроходную самолётку во врашающемся системе отсчёта (направим её ось симметрии \vec{U}) направлена его скорость

относительно той точки системы S , около которой он движется в данный момент:

$$\vec{V}_{\text{одр}} = \vec{V}_{\text{с.о.}} + \vec{U}$$

$$-v = -w \cdot (L - R) + u$$

$$u = -v + \frac{w}{R}(L - R) = -\frac{vR + wL - wR}{R} = \frac{wL - 2wR}{R} = \\ = \frac{w(L - 2R)}{R} = \frac{60 \cdot (1800 - 2 \cdot 360)}{360} = \frac{60 \cdot (1800 - 720)}{360} = \frac{60 \cdot 1080}{360} =$$

$$= \frac{1080}{6} = 180 \text{ м/с}, > 0, \text{ значит по оси } Oy.$$

$$\text{Ответ: } u = \frac{w(L - 2R)}{R} = 180 \text{ м/с и направлена по оси } Oy$$

(вектор не рисуем)

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.

СТРАНИЦА
1 из 2

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!

Дано:

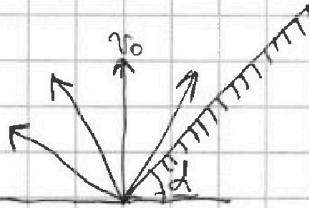
$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$H = 45 \text{ м}$$

$$\alpha_0 = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v_0 - ?;$$

$$S - ?$$



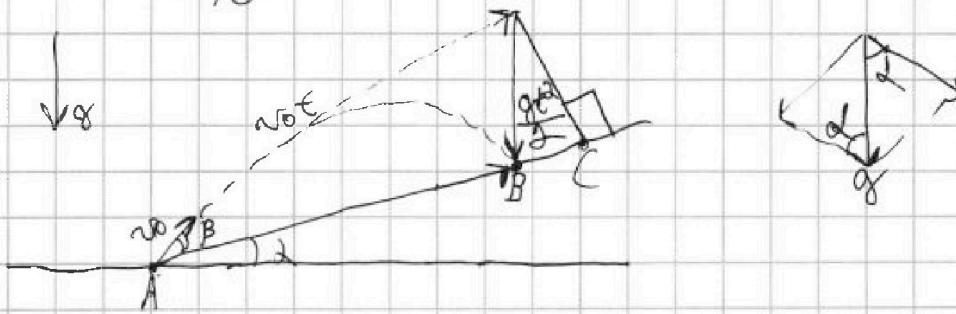
1. Наибольшую высоту полёта ракета имеет склон, начавший вертикально вверх:

$$H = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$2gH = v_0^2 \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 45} = \sqrt{900} = 30 \text{ м/с}$$

Однако $v_0 = 30 \text{ м/с}$

2.



$$t - ?$$

$$t = \frac{v_0 \sin \beta}{g \cos \alpha}$$

$$S = AC - BC = v_0 t \cos \beta - \frac{gt^2}{2} \sin \alpha = t \left(v_0 \cos \beta - \frac{gt}{2} \sin \alpha \right) = t \left(v_0 \cos \beta - \frac{v_0 \sin \beta \cdot \frac{v_0 \sin \beta}{g \cos \alpha}}{2} \right) =$$

$$= t \left(\frac{v_0 \sin \beta}{g \cos \alpha} \left(v_0 \cos \beta - \frac{v_0 \sin \beta \sin \alpha}{2} \right) \right) = \frac{v_0 \sin \beta}{g \cos \alpha} \left(v_0 \cos \beta - \frac{(v_0 \sin \beta)^2 \sin \alpha}{2 \cos \alpha} \right)$$

$$= \frac{v_0 \sin \beta}{g \cos \alpha} \left(v_0 \cos \beta \cos \alpha - v_0 \sin \beta \sin \alpha \right) = \frac{v_0^2 \sin \beta \cos \beta \cos \alpha - v_0^2 \sin^2 \beta \sin \alpha}{g \cos \alpha}$$

$$= \frac{v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{2 g \cos^2 \alpha} = \frac{2 v_0^2 \sin^2 \beta \cos \alpha - v_0^2 \sin^2 \beta \sin \alpha}{2 g \cos^2 \alpha}$$



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 7СТРАНИЦА
2 из 2

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!

$$\begin{aligned} & \cancel{-\frac{v_0^2 \sin \beta \cos \beta \cos \alpha}{2g \cos^2 \alpha}} = \frac{v_0^2 \sin \beta (\cos \beta \cos \alpha - \sin \alpha \sin \alpha)}{2g \cos^2 \alpha} \\ & = \frac{v_0^2 \sin \beta (\cos(1+\beta))}{2g \cos^2 \alpha} = \frac{v_0^2 \sin \beta (\cos \alpha + \beta)}{g \cos^2 \alpha} \end{aligned}$$

~~sin~~ Максимальное расстояние:

$$\cancel{s_{max} = \frac{v_0^2}{g \cos \alpha}}$$

$$s_{max} = \frac{v_0^2}{g(1+\sin \alpha)} = \frac{60^2}{10 \cdot (1+0,8)} = \frac{3600}{10 \cdot 1,8} = \frac{3600}{18} = 200 \text{ м}$$

$$\text{Из лекции: } \frac{v_0^2}{g(1+\sin \alpha)} = s_{max} = 200 \text{ м}$$



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
1 из 2

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!

Дано:

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$n = 3 \text{ (норма)}$$

$$S = 1 \text{ м}$$

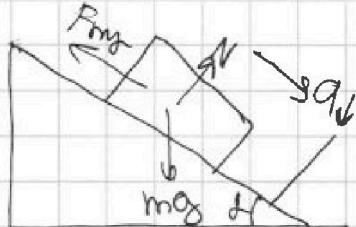
$$\sin \alpha = ?$$

$$v = ?$$

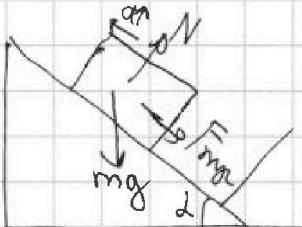
$$a = ?$$

$$\mu = ?$$

1.



2.



1) Тело 2-м из з. Движение:

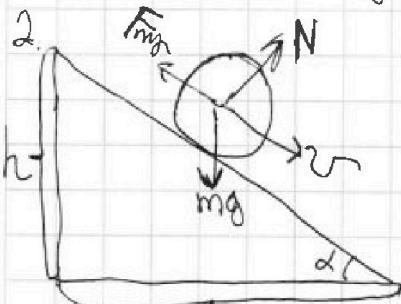
$$\begin{cases} mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = ma \downarrow \\ mg \sin \alpha + F_{\text{тр}} = ma \uparrow \end{cases} \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned} & 2mg \sin \alpha = m(a \downarrow + a \uparrow) \Rightarrow \sin \alpha = \frac{a \downarrow + a \uparrow}{2g} = \frac{a \downarrow + a \uparrow}{2g} \\ & \text{Из графика:} \end{aligned}$$

$$a \downarrow = \frac{4}{1} = 4 \text{ м/с}^2$$

$$a \uparrow = \frac{12}{2} = 6 \text{ м/с}^2$$

$$\sin \alpha = \frac{10}{20} = \frac{1}{2} = 0,5$$

$$\text{По формуле: } \sin \alpha = \frac{a \downarrow + a \uparrow}{2g} = 0,5$$

Пространственное движение $\Rightarrow A_{\text{тр}} = 0$

$$v_{\text{норм}} = v_{\text{мин}}$$

$$h = \frac{1}{2} \sin \alpha = 1 \cdot 0,5 = 0,5 \text{ м}$$

$$(m_0 + m_1) g h = m_0 v^2 + \frac{m_1 v^2}{2}$$

$$(m_0 + m_1) g h = \frac{2m_0 v^2 + m_1 v^2}{2}$$

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.

СТРАНИЦА
2 из 2

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!

$$2gh(m_0+m_b) = 2m_0v^2 + m_bv^2$$

$$v^2(2m_0+m_b) = 2gh(m_0+m_b) \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2gh(m_0+m_b)}{2m_0+m_b}}$$

$$= \sqrt{\frac{1+n}{2+n} \cdot 2gh} = \sqrt{\frac{1+3}{2+3} \cdot 2 \cdot 10 \cdot 0,5} = \sqrt{\frac{4}{5} \cdot 10} = \frac{4}{\sqrt{5}} = 8 \text{ м/с}$$

$$\text{Ответ: } v = \sqrt{\frac{n+1}{n+2} \cdot 2gh} = 8 \text{ м/с}$$

3. Трёхформулье, не содержащее времени:

$$2a_3 = v^2 \Rightarrow a = \frac{v^2}{2s} = \frac{60^2}{2} = \frac{3600}{2} = 1800 \text{ м/с}^2$$

$$\text{Ответ: } a = 1800 \text{ м/с}^2$$

4. Трёхмергун о движении центра масс:

$$(m_0+m_b)g \Rightarrow$$

$$N = mg \cos \alpha \quad N = (m_0+m_b) \cos \alpha$$

$$F_{\text{норм}} + 4mg = 4ma$$

$$(m_0+m_b) \cdot g + F_{\text{норм}} = (m_0+m_b) \cdot a \Rightarrow F_{\text{норм}} = (m_0+m_b)a - (m_0+m_b)g$$

$$F_{\text{норм}} \leq MN \Rightarrow \frac{F_{\text{норм}}}{N} = \frac{(m_0+m_b)a - (m_0+m_b)g}{(m_0+m_b)g}$$

$$\mu \leq \mu_s \Rightarrow \frac{t g \alpha}{2+n} = \frac{\left(\frac{sin \alpha}{cos \alpha}\right) \left(\frac{0,5}{\sqrt{0,75}}\right)}{\frac{2+n}{2+\alpha}} = \frac{\left(\frac{0,5}{\sqrt{0,75}}\right)}{5} = \frac{0,5}{5\sqrt{0,75}}$$

$$\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1 \Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,5^2} = \sqrt{1 - 0,25} = \sqrt{0,75}$$

$$\text{Ответ: } \mu_s \geq \frac{t g \alpha}{2+n} = \frac{0,5}{5\sqrt{0,75}}$$



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
1 из 1

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!

* Дано:
 $Q = 960 \text{ Дж}$
 $\Delta T_1 = 48 \text{ К}$
 $\Delta T_2 = 30 \text{ К}$
 $U = \frac{5}{2} PV$
 $A - ?; CV - ?;$
 $\frac{V_2}{V_1} - ?$

(1) ~~$C_p = \frac{Q}{\Delta T_2} = \frac{960}{30} = 32 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$~~

~~Amber: $C_p = \frac{Q}{\Delta T_2} = 32 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$~~

1) ~~$A = \frac{Q \cdot \Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{960 \cdot 48}{30} = 32 \cdot 48 = 1536 \text{ Дж}$~~

Amber: $A = \frac{Q \cdot \Delta T_1}{\Delta T_2} = 1536 \text{ Дж}$

2. $C_V = \frac{Q}{\Delta T_1} = \frac{960}{48} = 20 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$

Amber: $C_V = \frac{Q}{\Delta T_1} = 20 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$

3. $\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_1 + x \Delta T_1 + x \Delta T_2}{3V_1 + \frac{5}{2}x \Delta T_2} = \frac{5V_1 + 7V_2}{3V_1 + 5V_2}$

$x = \frac{5V_1 + 7V_2}{3V_1 + 5V_2}$

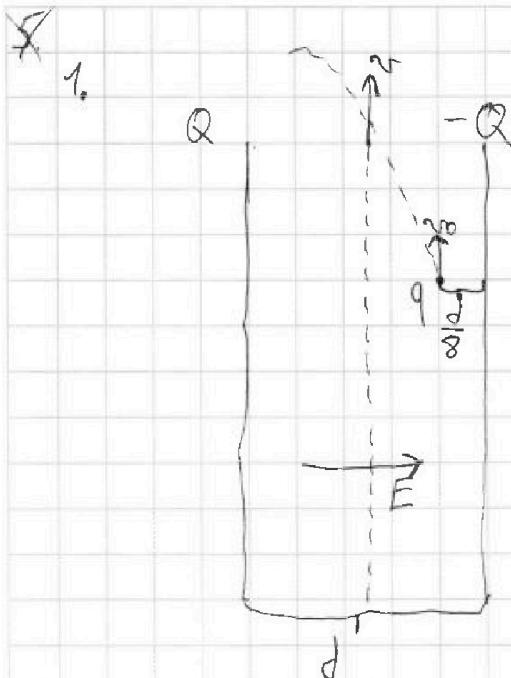
$3xV_1 + 5xV_2 = 5V_1 + 7V_2$



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 7СТРАНИЦА
1 из 1

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!



u?

~~$E_d = \frac{q}{\mu m} = \frac{U}{d}$~~

~~$UEd = q \Rightarrow U = \frac{q}{Ed} = \frac{q}{Edm}$~~

~~$\text{Однако: } U = \frac{q}{Edm}$~~

3. По з. а. 3:

~~$\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2$~~

$$E \cdot \frac{3d}{8} = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

~~$\frac{3Ed}{4} = mv^2 - mv_0^2 \Rightarrow v$~~

$$\sqrt{\frac{3Ed}{4} + mv_0^2} = v$$

$$\text{Однако: } v = \sqrt{\frac{3Ed}{4} + mv_0^2}$$



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!



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

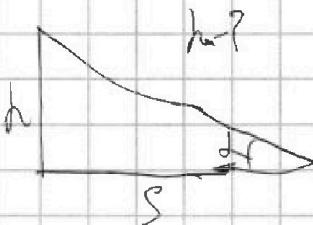
СТРАНИЦА
из

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!

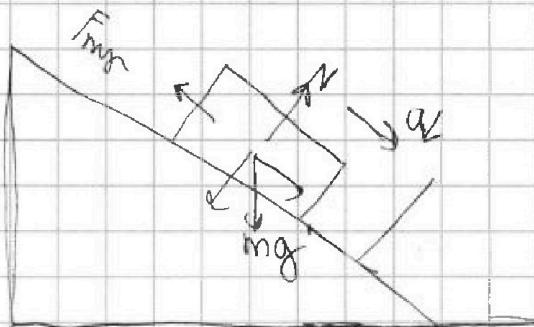
$$\begin{array}{r} 360 \\ + 360 \\ \hline 720 \\ - 270 \\ \hline 450 \\ - 260 \\ \hline 190 \\ + 60 \\ \hline 250 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ + 36 \\ \hline 72 \\ - 216 \\ \hline 108 \\ + 108 \\ \hline 216 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1080 \\ 6 \\ \hline 180 \\ - 18 \\ \hline 0 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 48 \\ + 32 \\ \hline 80 \\ - 48 \\ \hline 32 \\ + 48 \\ \hline 144 \\ - 136 \\ \hline 8 \end{array}$$



$$mg \sin n = F_{np} = ma$$