



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

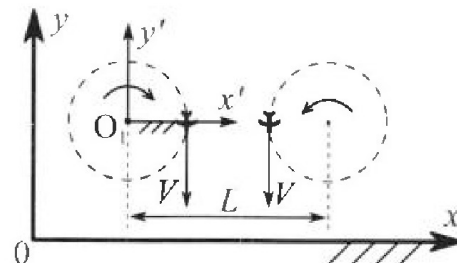
Вариант 10-03

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 $V = 60$ м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса $R = 360$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

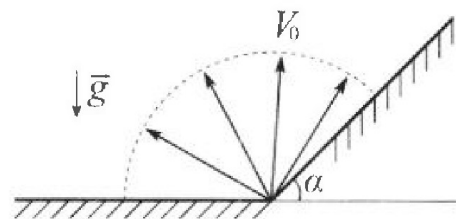
1. На сколько δ процентов сила тяжести, действующая на каждого летчика, меньше его веса?



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

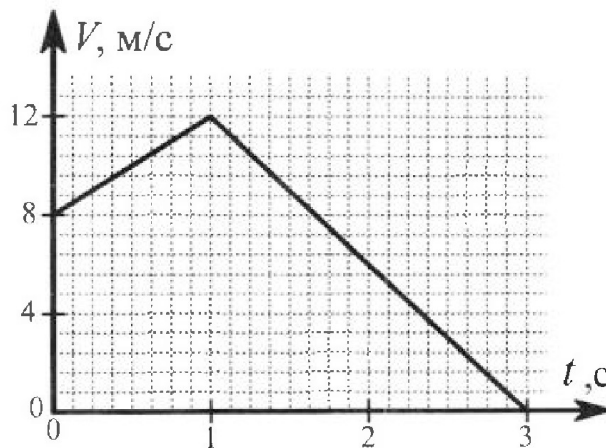
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол 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 $H = 45$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



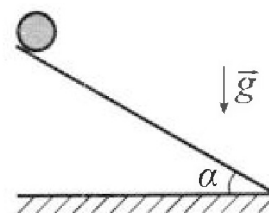
1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. На каком максимальном расстоянии S от точки старта упадет осколок на склон?

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 в $n = 3$ 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 $S = 1$ 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 $\frac{N_{\text{Г}}}{N_{\text{К}}}$ 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. 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 ☐ 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!

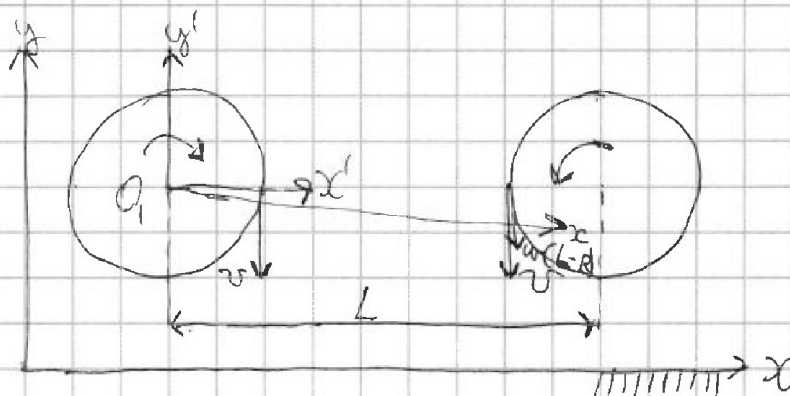
Дано:

$$v = 60 \text{ м/с}$$

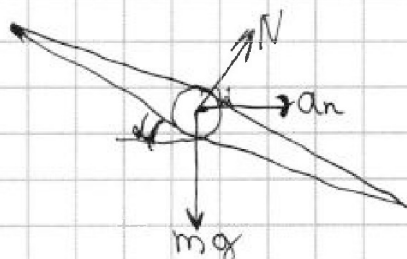
$$R = 360 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$\alpha = ?$; $\mu = ?$



1.



$$N \sin \alpha = mg$$

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

$$mg = N \cos \alpha$$

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

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

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

$$= \sqrt{\frac{36000 + 36000}{360 \cdot 360 \cdot 100} + 1} \cdot 100\% = \sqrt{1 + 1} \cdot 100\% = (\sqrt{2} - 1) \cdot 100\% =$$



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 ☐

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. Скоростью самолёта во вращающемся свете отсчёта (назовём её скоростью u) называют его скорость

относительно той точки светового S , мимо которой он пролетает в данный момент:

$$\vec{v}_{\text{отс}} = \vec{v}_{\text{с.о.}} + \vec{u}$$

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

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

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

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



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:

$$\sin \alpha = 0,8$$

$$H = 45 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v_0 = ?$$

$$S = ?$$



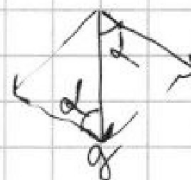
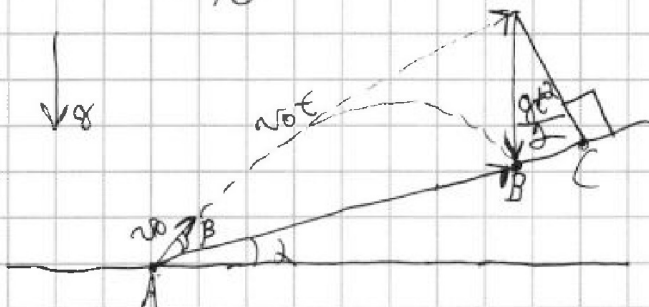
1. Наибольшую высоту полёта имеет снаряд, запущенный вертикально вверх:

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

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

Ответ: $v_0 = 30 \text{ м/с}$

2



$t = ?$

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

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

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

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

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



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.



СТРАНИЦА

24 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!

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

Максимальное расстояние:

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

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

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



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.



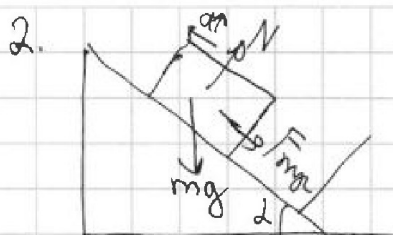
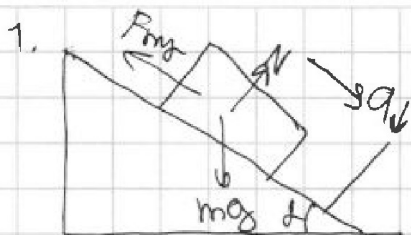
СТРАНИЦА

18 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:
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $n = 3 \text{ (попа)}$
 $S = 1 \text{ м}$

$\sin \alpha = ?$
 $v = ?$
 $a = ?$
 $\mu = ?$



1) По 2-му з. Ньютона:

$$\begin{cases} mg \sin \alpha - F_{mp} = ma \downarrow \\ mg \sin \alpha + F_{mp} = ma \uparrow \end{cases} \quad + "$$

$$2mg \sin \alpha = m(a \downarrow + a \uparrow) \Rightarrow \sin \alpha = \frac{m(a \downarrow + a \uparrow)}{2mg} = \frac{a \downarrow + a \uparrow}{2g}$$

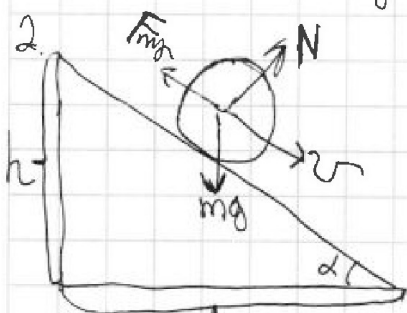
из графика:

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

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

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

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



Троска вызывание нет $\Rightarrow A_{\text{тр}} = 0$

$$v_{\text{ном}} = v_{\text{мин}}$$

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

$$(m_5 + m_6)gh = m_5 v^2 + \frac{m_6 v^2}{2}$$

$$(m_5 + m_6)gh = \frac{2m_5 v^2 + m_6 v^2}{2}$$



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.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

28 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!

$$2gh(m_5 + m_6) = 2m_5 v^2 + m_6 v^2$$

$$v^2(2m_5 + m_6) = 2gh(m_5 + m_6) \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2gh(m_5 + m_6)}{2m_5 + m_6}} =$$

$$= \sqrt{\frac{1+n}{2+n} \cdot 2gh} = \sqrt{\frac{1+3}{2+3} \cdot 2 \cdot 10 \cdot 0,5} = \sqrt{\frac{4}{5} \cdot 10} = \frac{40}{5} = 8 \text{ м/с}$$

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

3. По формуле, не содержащей времени:

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

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

4. По теореме о движении центра масс:

$$(m_5 + m_6)g =$$

$$N = mg \cos \alpha \quad N = (m_5 + m_6) \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} + 4mg = 4ma$$

$$(m_5 + m_6) \cdot g + F_{\text{тр}} = (m_5 + m_6) \cdot a \Rightarrow F_{\text{тр}} = (m_5 + m_6) a - (m_5 + m_6) g$$

$$F_{\text{тр}} \leq \mu N \Rightarrow \frac{F_{\text{тр}}}{N} = \frac{(m_5 + m_6) a - (m_5 + m_6) g}{(m_5 + m_6) g} =$$

$$\mu \geq \frac{tg \alpha}{2+n} = \frac{\left(\frac{0,4}{\cos \alpha}\right) \left(\frac{0,5}{\sqrt{0,75}}\right)}{2+n} = \frac{\left(\frac{0,5}{\sqrt{0,75}}\right)}{5} = \frac{0,5}{5\sqrt{0,75}}$$

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

$$\text{Ответ: } \mu \geq \frac{tg \alpha}{2+n} = \frac{0,5}{5\sqrt{0,75}}$$



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!

4 Дано:
 $Q = 960 \text{ Дж}$
 $\Delta T_1 = 48 \text{ К}$
 $\Delta T_2 = 30 \text{ К}$
 $U = \frac{5}{2} PV$

$A = ?$; $C_V = ?$;
 $\frac{N_2}{N_K} = ?$

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

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

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

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

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

3. $\frac{N_2}{N_K} = \frac{V_1 - \frac{5}{2}PV_1 + \frac{7}{2}PV_2}{\frac{3}{2}PV_1 + \frac{5}{2}PV_2} = \frac{5V_1 + 7V_2}{3V_1 + 5V_2}$

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

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

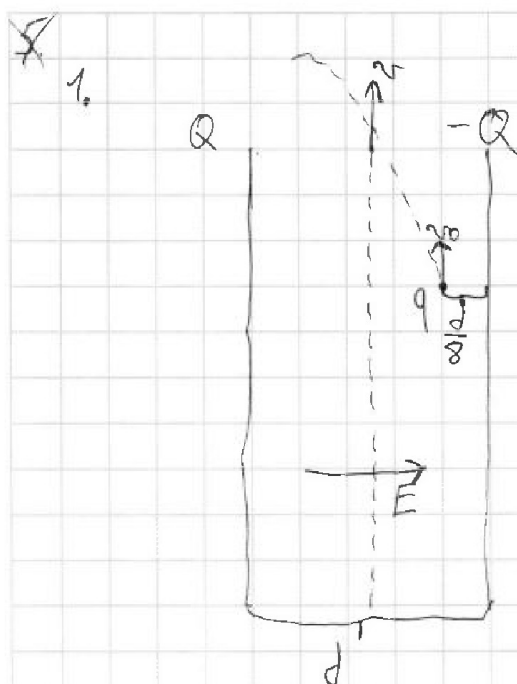


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

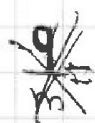
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

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!



и?



$$Ed = \frac{q}{\epsilon m} = \frac{\gamma}{u}$$

$$uEd = \gamma \Rightarrow u = \frac{\gamma}{Ed} = \frac{q}{Edm}$$

Ответ: $u = \frac{q}{Edm}$

3. По 3.9.3:

$$\Delta E_{кин} = \Delta E_{К}$$

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

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

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

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



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
☐

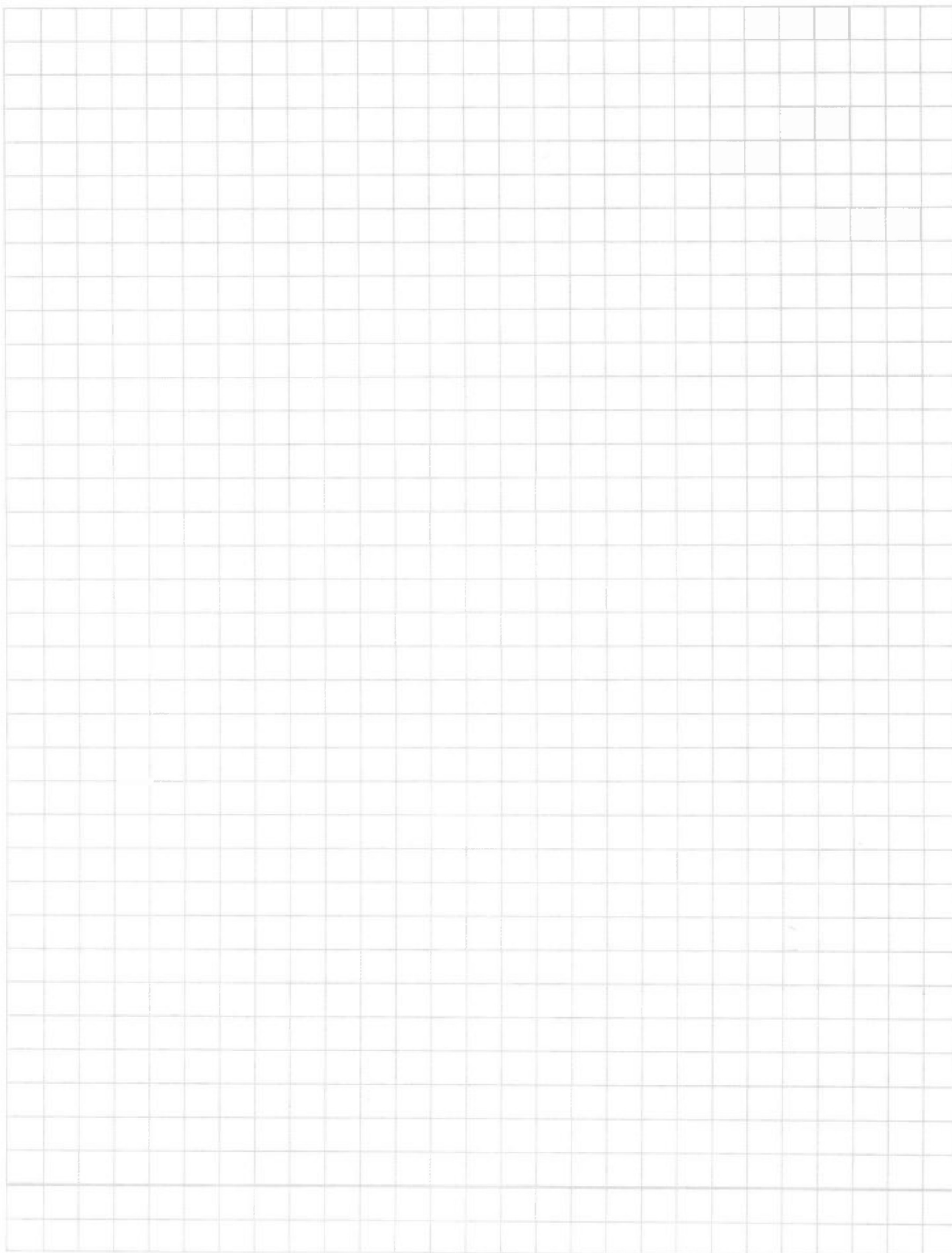
5
☐

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 ☐

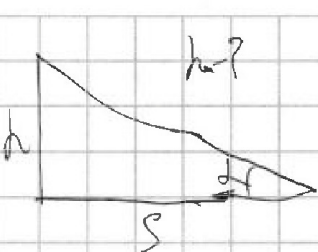
СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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!

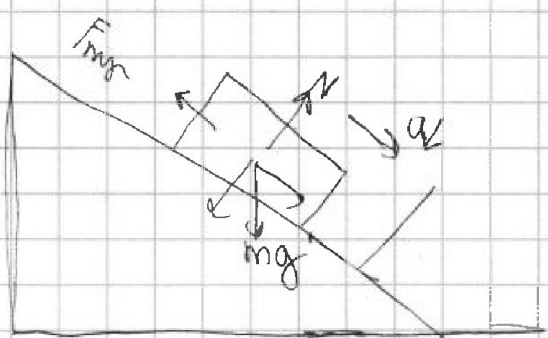
$$\begin{array}{r} 360 \\ + 360 \\ \hline 720 \\ + 260 \\ \hline 980 \\ + 180 \\ \hline 1160 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ \times 36 \\ \hline 216 \\ 1080 \\ \hline 12960 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1080 \\ \times 6 \\ \hline 6480 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 48 \\ \times 32 \\ \hline 960 \\ + 1440 \\ \hline 1536 \end{array}$$



$$mg \sin \alpha - F_{fr} = ma$$