



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

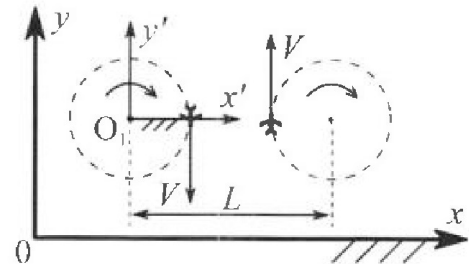
Вариант 10-01

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.

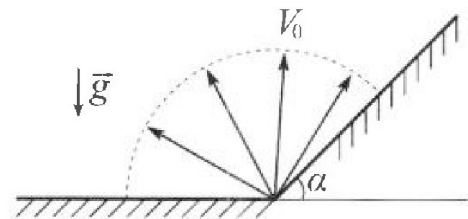
1. На сколько δ процентов вес каждого летчика больше силы тяжести, действующей на летчика?



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.

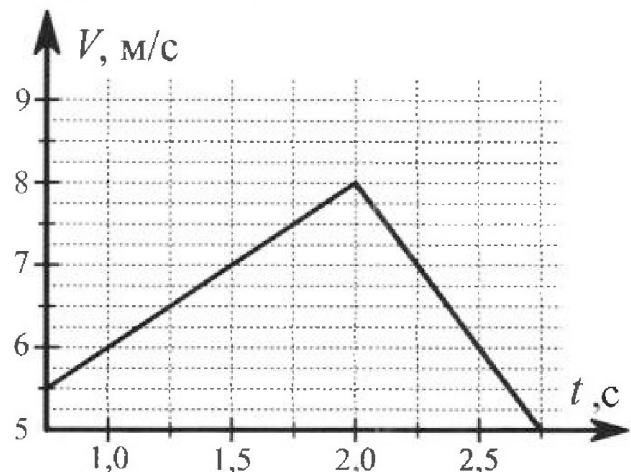
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

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?

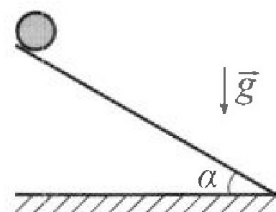
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по плоскости, сталкивается с упором, отскакивает от него и продолжает движение по плоскости. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение 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.

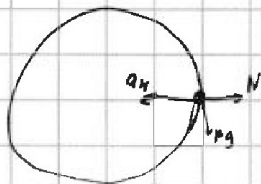
1
☒2
☐3
☐4
☐5
☐6
☐7
☐

СТРАНИЦА

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!

1.



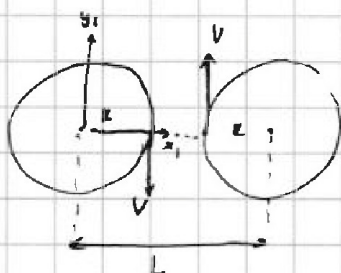
$$a_n = \frac{N}{m} = \frac{V^2}{r} = 8 \text{ м/с}^2$$

$$p = \sqrt{m^2 g^2 + N^2} = m \sqrt{10^2 + 8^2} = 2m\sqrt{41} \text{ м/с}^2$$

$$f = \frac{p - mg}{mg} \% = \frac{2\sqrt{41} - 10}{10} \cdot 100\% = 20\sqrt{41} - 100\%$$

$$f = \frac{2\sqrt{41} - 10}{10} \cdot 100\% = 20\sqrt{41} - 100\%$$

$$\text{Ответ: } (20\sqrt{41} - 100)\%$$



$$e) \quad \omega_L = \frac{V_0}{L - R}$$

$$\omega_c = \frac{V_0}{R}$$

$$\omega_2^{(c)} = \frac{V_0}{L - R} + \frac{V_0}{R}$$

$$V_2^{(c)} = \left(\frac{V_0}{L - R} + \frac{V_0}{R} \right) (L - R) = V_0 + V_0 \frac{L - R}{R} = 80 \text{ м/с} + 80 \cdot \frac{2000 - 800}{800} \text{ м/с} =$$

$$= 80 \cdot \left(1 + \frac{1200}{800} \right) = 80 \cdot \frac{2000}{800} = 200 \text{ м/с}$$

$$\text{Ответ: } 200 \text{ м/с} \quad \text{вдоль оси } y'$$



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.

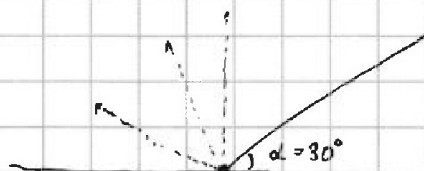
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

2



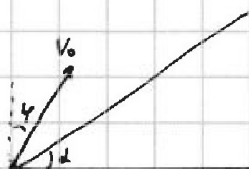
φ - угол отклонения V_0 от нормали

Корнями

$$\text{тогда } t = \frac{2V_0 \cos \varphi}{g}$$

$$\text{макс } T = \frac{2V_0 \cos 0}{g} = \frac{2V_0}{g}$$

$$\text{Ответ: } V_0 = \frac{gT}{2} = 45 \text{ м/с}$$



$$x(t) = V_0 \sin \varphi t$$

$$y(t) = V_0 \cos \varphi t - \frac{gt^2}{2}$$

$$\frac{y}{x} = \operatorname{tg} \alpha$$

$$\frac{V_0 \cos \varphi - \frac{gt}{2}}{V_0 \sin \varphi} = \operatorname{tg} \alpha$$

$$\frac{gt}{2} = V_0 \cos \varphi - V_0 \sin \varphi \operatorname{tg} \alpha$$

$$t = \frac{2V_0}{g} (\cos \varphi - \sin \varphi \operatorname{tg} \alpha)$$

$$V_0 \sin \varphi t = \frac{2V_0^2}{g} \sin \varphi (\cos \varphi - \sin \varphi \operatorname{tg} \alpha) \quad / \text{max.}$$

максимизируем $V \sin \varphi t$

$$\varphi = 30^\circ$$

$$x = V_0 \sin \varphi t = \frac{2V_0^2}{g} \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2\sqrt{3}} \right) = \frac{V_0^2}{g} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$s = \frac{x}{\cos 30^\circ} = \frac{V_0^2}{g} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{V_0^2}{g} \cdot \frac{2}{3} = \frac{45^2 \cdot 2}{10 \cdot 3} = \frac{45 \cdot 9}{3} = 135 \text{ м}$$

Ответ: 135 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.

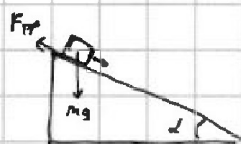


СТРАНИЦА

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!

3.



$$1) \quad a_1 = \frac{mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha}{m} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{2.5 \text{ м/с}}{1.25 \text{ с}} = 2 \text{ м/с}^2$$



$$a_2 = \frac{mg \sin \alpha + mg \cos \alpha}{m} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{3}{0.75} = 4 \text{ м/с}^2$$

$$g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = 2 \text{ м/с}^2$$

$$+ \quad g \sin \alpha + g \cos \alpha = 4 \text{ м/с}^2$$

$$2g \sin \alpha = 6 \text{ м/с}^2$$

$$\text{О-бер:} \quad \sin \alpha = \frac{6}{20} = \frac{3}{10}$$

2) Будем считать, что вода в бочке не возвращается.

$$\text{тогда} \quad 2mgh = \frac{2mV^2}{2} + \frac{\omega^2 J}{2}$$

$$\omega = \frac{V}{R} \quad J = \frac{mR^2}{2}$$

$$2mgh = \frac{2mV^2}{2} + \frac{mV^2}{4}$$

$$8gh = 4V^2 + V^2$$

$$V = \sqrt{\frac{8gh}{5}} = 2\sqrt{\frac{6}{5}} \text{ м/с}$$

$$\text{О-бер:} \quad 2\sqrt{\frac{6}{5}} \text{ м/с}$$

$$3 \quad h = \frac{at^2}{2} \sin \alpha$$

$$at = V = 2\sqrt{\frac{6}{5}} \text{ м/с}$$

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

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



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!

4.

$$\frac{2 \cdot 12 \cdot 3}{2 \cdot 0,3} = \frac{2 \cdot 12 \cdot 3}{3} = 24$$

$$F_{\text{т}} R = \beta J$$

$$F_{\text{т}} R = \frac{q}{R} \cdot \frac{m R^2}{2}$$

$$F_{\text{т}} = \frac{m q}{2} \cos \alpha$$

$$m > \frac{q}{2g \cos \alpha}$$

$$\text{Or else: } m > \frac{q}{2g \cos \alpha}$$



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
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. В изохорическом процессе $A=0$

по 1-й $Q = A + \Delta U = \frac{5}{2} \nu_0 R \Delta T + \frac{3}{2} \nu_k R \Delta T = C_V \Delta T$

В изобарном процессе

~~по 2-й~~ $A \neq 0$

по 2-й $Q = A + \Delta U = A + C_V \Delta T_2$

$$C_V = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{600 \text{ кДж}}{15 \text{ К}} = 40 \frac{\text{кДж}}{\text{К}}$$

$$A = Q - C_V \Delta T_2 = 600 \text{ кДж} - 40 \frac{\text{кДж}}{\text{К}} \cdot 10 \text{ К} = 200 \text{ кДж}$$

1 Ответ: $A = 200 \text{ кДж}$

2 Ответ: $C_V = 40 \frac{\text{кДж}}{\text{К}}$

3 ~~по 3-й~~ $PV = \nu R T \quad \nu_0 = \nu_r + \nu_k$

$$P \Delta V = \nu_0 R \Delta T = A$$

$$\nu_0 = \frac{A}{R \Delta T} = \frac{200 \text{ кДж}}{R \cdot 10 \text{ К}}$$

$$C_V = \frac{5}{2} \nu_k R + \frac{3}{2} \nu_r R = \frac{5}{2} \nu_k R + \frac{3}{2} (\nu_0 - \frac{5}{2} \nu_k) R = \nu_k R + \frac{3}{2} \nu_0 R$$

$$\nu_k R \cdot (40 - 20 \cdot \frac{3}{2}) = 10 \text{ кДж}$$

$$\nu_r R = 2 \nu_0 - \nu_k R = 20 - 10 = 10 \text{ кДж}$$

$$\frac{\nu_r}{\nu_k} = 1$$

3 Ответ: 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

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!

5 1) $R = \frac{V^2}{a}$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{E \cdot q}{m} = E \cdot \gamma$$

$$E = \frac{\Delta \varphi}{d} = \frac{Q}{c d}$$

$$a = \frac{Q \gamma}{c d}$$

Ответ: $R = \frac{V^2 c d}{Q \gamma}$

2) $\frac{m V^2}{2} = q \Delta \varphi$

$$V^2 = 2 q \frac{Q}{m} = 2 q \gamma$$

$$\Delta \varphi = E \cdot d = \frac{Q}{4 \epsilon}$$

$$V^2 = \frac{2 Q}{4 \epsilon} \cdot \gamma$$

Ответ: $V = \sqrt{\frac{Q \gamma}{2 \epsilon}}$

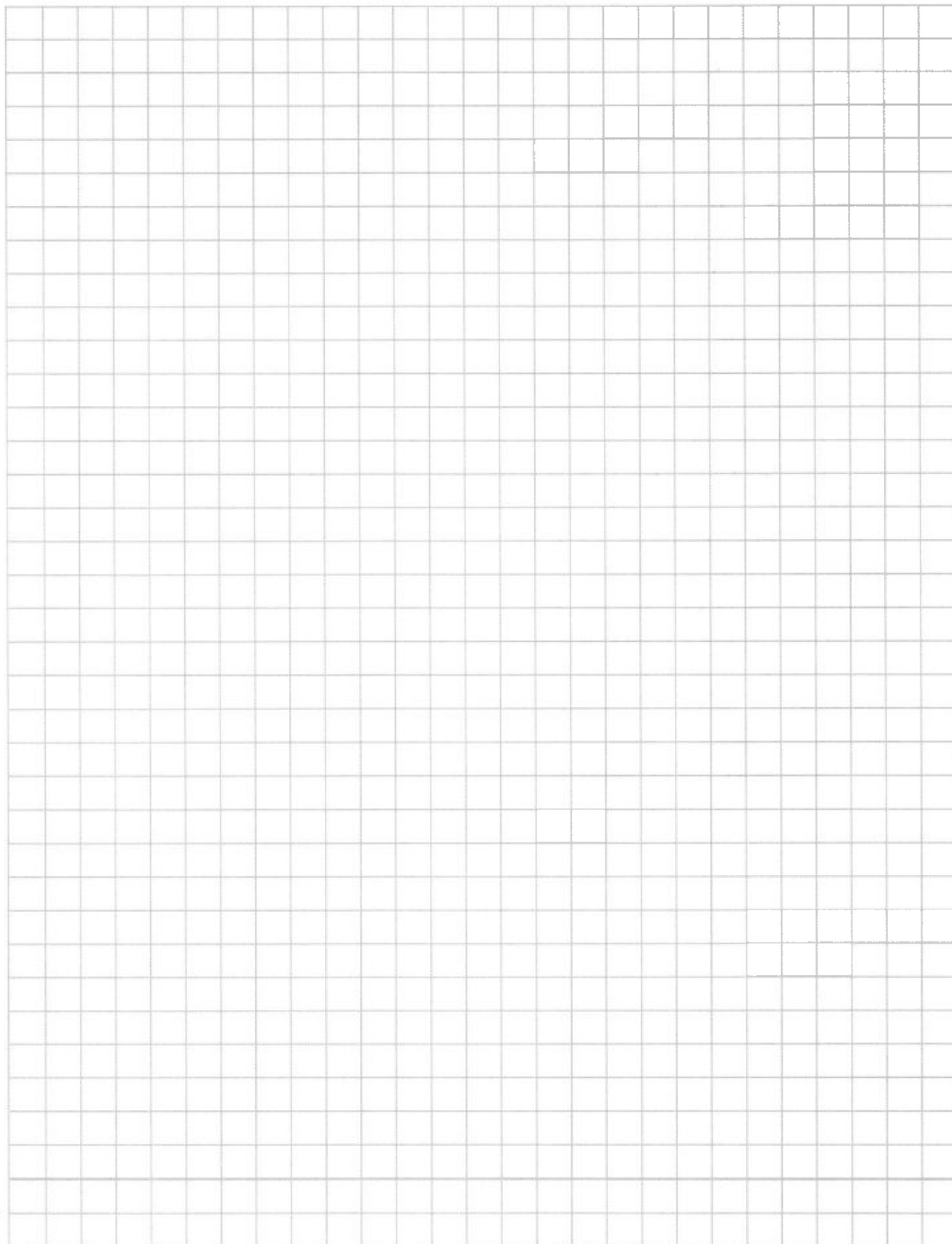


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



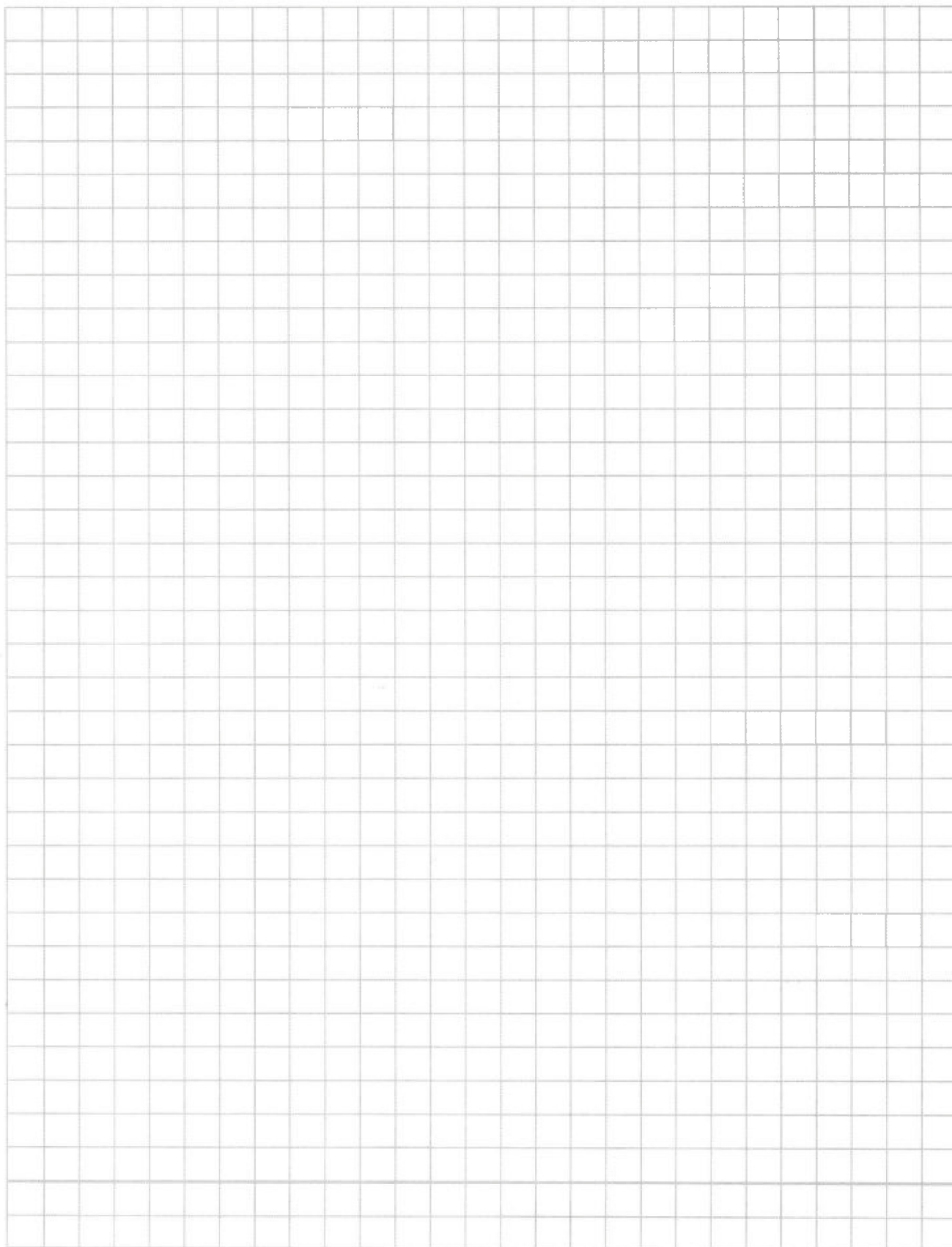


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



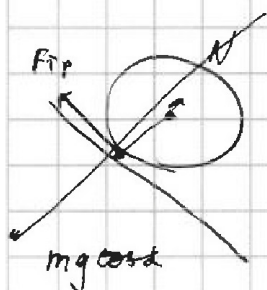


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$mg \sin \alpha$

$\cos \alpha \cos \varphi$ $\sin \alpha \sin \varphi$

$\cos(\alpha + \varphi)$

$\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha$

$\cos(\alpha + \varphi) \sin \varphi$

$1 \cdot \sin 60$

$F_{TP} = \frac{V}{R}$

$F_{TP} = \frac{V}{R}$

$\frac{mV^2}{2} = q \Delta \varphi = \frac{1}{2} q \Delta \varphi$

$\frac{V}{k} = \frac{a}{k}$



$F_{TP} = \frac{q}{R} \cdot \frac{m R^2}{2}$

$V^2 = 244 \frac{q}{m} = 244$

$\frac{V}{k} = \frac{q}{k}$

$x \sqrt{1-x^2} - x^2$

$x(\sqrt{1-x^2} - x \tan \alpha)$

$\cos 60 \cdot \sin 30$

$F_{TP} = \frac{m a}{2}$

$\cos 45 \cdot \sin 45$

$\mu m g \cos \alpha$

$\frac{1}{2} \left(\frac{2}{2} - \frac{2}{2\sqrt{3}} \right)$

$2 - \frac{2}{\sqrt{3}} V \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{\sqrt{3}}$

$\frac{\sqrt{2}}{2} \left(\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2\sqrt{3}} \right)$

$2 V \sqrt{3} + \frac{1}{\sqrt{3}}$

$\frac{1}{2} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2\sqrt{3}} \right)$

$\frac{1}{2} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2\sqrt{3}} \right)$

$4 V \sqrt{3} + 2 + \frac{1}{\sqrt{3}}$

$\frac{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}{\cos 2} \cdot \sin 2$



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!

$$\sin^2 \varphi = \cot^2 \varphi = \frac{\cos^2}{\sin^2} + 3 = \frac{1}{\sin^2}$$

$$Q = F_{TP} + mg$$

$$ma = mg \sin \alpha$$

$$\frac{V_1 \cdot \pi R^2}{L} = (\cos \varphi - \sin \varphi \frac{1}{\sqrt{3}}) \left[\frac{1}{2} \omega^2 \right]$$

$$\sin \varphi \cos \varphi - \sin^2 \varphi \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$J = \frac{MR^2}{2}$$

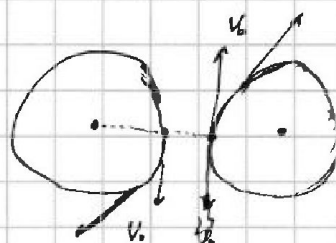
$$2mgh = \frac{2mV^2}{2}$$

$$\sin \varphi \cos \varphi - \sin^2 \varphi \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$2mgh = \frac{2mV^2}{2} + \frac{mV^2}{4}$$

$$\sin^2 \varphi \cos \varphi -$$

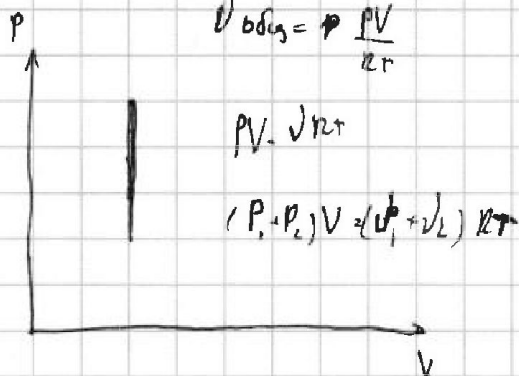
применяя



$$\frac{A}{R \cdot T} = V_0$$

$$3gh = 4V_1$$

$$V^2 = \frac{8}{5} gh$$



$$\omega_2 = \frac{V_0}{L-R}$$

$$A = P \Delta V$$

$$\omega_2 = \frac{V_0}{R}$$

$$PV_1 - PV_2 = V_0 R \Delta T$$

$$\omega_2^{(1)} = \frac{V_0}{L-R} + \frac{V_0}{R}$$

$$\frac{3-3}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$V_2^{(1)} = \omega_2^{(1)} \cdot (L-R)$$

$$Q = A + \Delta U = \frac{5}{2} V_0 R \Delta T + \frac{3}{2} V_{HC} R \Delta T = 2 \Delta T$$

$$\frac{V_{HC}}{V_0} =$$

$$5V_0 + 3V_{HC} = \frac{2C_V}{R}$$

$$Q = A + 2 \Delta T_2$$

$$8,31 \cdot 5 \cdot 10 + 3$$

$$5V_0 + 3V_{HC} = \frac{810}{8,31}$$

$$C_V = \frac{1}{2} R$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{5}{2} V_0 + \frac{3}{2} V_{HC} = \frac{C_V}{R}$$

$$\left(\frac{5}{2} V_0 + \frac{3}{2} V_{HC} \right) R = C_V$$

$$\frac{5}{2} \cdot 10 + \frac{3}{2} \cdot 10 = 40$$