



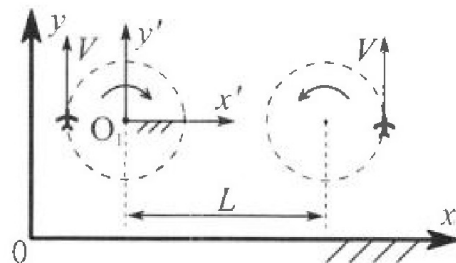
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 10-02

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 $V = 70$ м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса. Радиус окружности, по которой движется каждый самолет, $R = 700$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

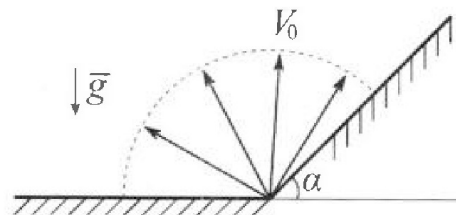


1. Определите отношение $\frac{P}{mg}$, здесь P – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло, mg – сила тяжести летчика.

В некоторый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального удаления. Расстояние между центрами окружностей $L = 2,1$ км. Вектор скорости каждого самолета показан на рис.

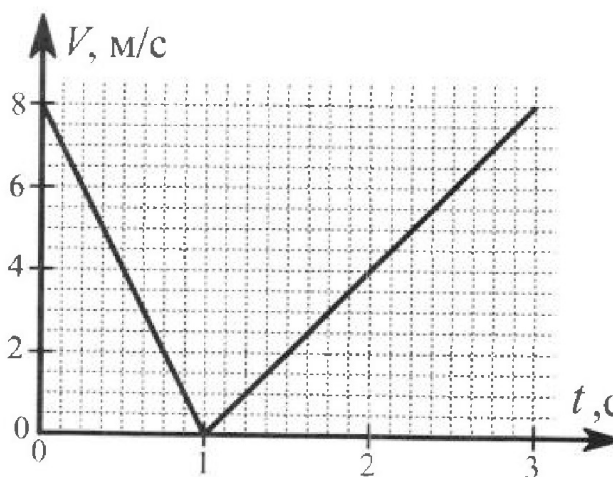
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

2. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшее перемещение за время полета осколков, упавших на горизонтальную поверхность, равно $S_1 = 160$ м, упавших на склон, $S_2 = 120$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. Найдите угол α , который плоская поверхность склона образует с горизонтом.

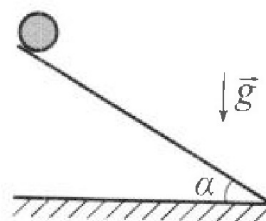
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения $g = 10$ 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 $n = 2$ раза больше массы бочки. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.

2. С какой по величине скоростью V движется бочка после перемещения относительно наклонной плоскости на $L = 0,6$ 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 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. В изохорическом процессе от смеси идеальных газов гелия и азота отводят $Q = 780$ Дж теплоты. Температура смеси уменьшается на $|\Delta T_1| = 31,2$ К. Если в изобарическом процессе от той же смеси отвести то же самое количество теплоты, то температура смеси уменьшится на $|\Delta T_2| = 20$ К.

1. Найдите работу A внешних сил в изобарическом процессе.
2. Найдите теплоемкость C_p смеси в изобарическом процессе.
3. Найдите отношение $\frac{N_1}{N_2}$ числа атомов гелия к числу молекул азота в смеси.

Указание: внутренняя энергия двухатомного газа азота $U = \frac{5}{2}PV$.

5. Частица с удельным зарядом $\gamma = \frac{q}{m} < 0$ движется между обкладками плоского конденсатора. Конденсатор заряжен до напряжения U , расстояние между обкладками d . В некоторый момент частица движется параллельно обкладкам на расстоянии $d/8$ от отрицательно заряженной обкладки. Радиус кривизны траектории в этот момент времени равен R .

1. Найдите скорость V_0 частицы в рассматриваемый момент времени.

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?



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. Дано: $L=900\text{ м}$; $R=200\text{ м}$; $V=20\text{ м/с}$; $g=10\text{ м/с}^2$

по III закону Ньютона:
 $\vec{P} = -\vec{N}$

II закон Ньютона:
 $m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}$

так как движение в горизонтальной плоскости:
 $\vec{a} \perp m\vec{g} \Rightarrow$ по т. Пифагора $N = \sqrt{(mg)^2 + (ma)^2} = m\sqrt{g^2 + a^2}$

$a = \frac{v^2}{R}$

$\frac{P}{mg} = \frac{N}{mg} = \sqrt{1 + \frac{a^2}{g^2}} = \sqrt{1 + \frac{v^2}{g^2 R^2}} = \sqrt{1 + \left(\frac{900}{200}\right)^2} = \sqrt{1 + 0,7^2} =$

$= \sqrt{1,49}$

2. вращающаяся система; 1 неподвижен вне: $w \cdot R = V$, где w - угловая скорость вращения системы, значит $V_{\text{пер}}$ - скорость перемещения, зависит от w и r , она векторно добавляется к $\vec{V}$

$V_{\text{пер}} = w \cdot r = w(L+R) = V \frac{L+R}{R}$

для направления определяем часовую стрелку (перпендикуляр к плоскости движения и направлен в час по часовой стрелке)

$\vec{V} \uparrow$ $\vec{V}_{\text{пер}} \uparrow$

$V = V_{\text{пер}} + V = V \frac{L+2R}{R} =$

$= 2V + V \frac{L}{R} = 5V = 350\text{ м/с}$

Ответ: 1. ~~$\sqrt{1,49}$~~ $\sqrt{\frac{1,49}{1,09}}$; 2. 350 м/с



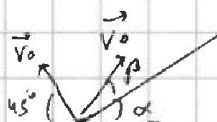
На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
☐2
☒3
☐4
☐5
☐6
☐7
☐СТРАНИЦА
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: S_1 ; $S_2 = 120 \text{ м}$; $g = 10 \text{ м/с}^2$
"160 м"

1)

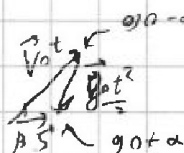


Наибольшее перемещение по горизонтальной плоскости определяется известной функцией: $L = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha$

$$L_{\max} \rightarrow \sin 2\alpha_{\max} \Rightarrow L_{\max} = \frac{v_0^2}{g} = S_1$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{S_1 g} = 40 \text{ м/с}$$

2) переходим в наклонную плоскость:



90 - alpha - beta из геометрии

из кинематики

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

по $T \cdot \sin \alpha$ для Δ перемещений: $\frac{v_0 t}{\sin 90 + \alpha} = \frac{g S}{\sin 90 - \alpha - \beta}$

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

$$S' = 0 \text{ при } S_{\max} \Rightarrow (\sin \beta \cos \alpha + \beta)' = 0$$

$$\Rightarrow \cos \beta \cos \alpha + \beta - \sin \beta \sin \alpha + \beta = 0$$

$$\cos 2\beta + \alpha = 0 \Rightarrow \beta = \frac{90 - \alpha}{2}$$

$$\frac{S_4}{2 v_0^2} = \frac{600}{1600} = \frac{3}{8}$$

$$\frac{3}{8} = \frac{\sin \frac{90 - \alpha}{2} \cos \frac{90 + \alpha}{2}}{\cos^2 \alpha} = \left(\frac{\cos \frac{90 + \alpha}{2}}{\cos \alpha} \right)^2$$

$$\Rightarrow \alpha \approx 22,5^\circ$$

Ответ: 1/40 м/с 2/ 22,5°

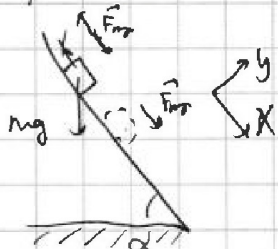
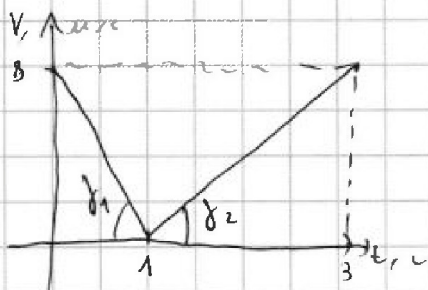


1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
18 ИЗ 22

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. Дано: $g = 10 \text{ м/с}^2$; $n = 2$; $L = 0,6 \text{ м}$



$$\tan \delta_1 \cdot \frac{m}{c^2} = \frac{V}{c^2} = \alpha_1$$

$$\alpha_1 = \tan \delta_1 \cdot \frac{m}{c^2} = 8 \text{ м/с}^2$$

$$\alpha_2 = \tan \delta_2 \cdot \frac{m}{c^2} = 4 \text{ м/с}^2$$

при скольжении: $F_{\text{тр}} = \mu N$

при покое:

3. Масса m (X!)

$$F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = m \alpha_1$$

$$\text{OY: } N = mg \cos \alpha$$

$$\alpha_1 = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

при разгоне:

$$\text{OX: } mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = m \alpha_2 \Rightarrow \alpha_2 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

OX по оси

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 2g \sin \alpha \quad \sin \alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2g} = 0,5$$

2. Разгон идет на поступательном и вращательном движении:

$$E_k = E_{\text{пост}} + E_{\text{вращ}} = \frac{mV^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$$

ω - угловая скорость вращения
 I - момент инерции
 $I = \frac{1}{2} m r^2$

У цилиндра радиус R

Известны моменты инерции у цилиндра однородного: $I = \frac{1}{2} m R^2$
(плотность однородная)

и у сплошного цилиндра: $I = m R^2$

Затем закон сохранения энергии (н. у. потенциальной энергии; начало убои.)

$$E_{\text{пот}} = E_{\text{кин}} \Rightarrow 0 = \frac{(n+1)mV^2}{2} + \frac{nMR^2\omega^2}{2} + \frac{mR^2\omega^2}{2} = \frac{1}{2} m V^2 + \frac{n}{2} m V^2 - mgL \sin \alpha$$

нет проскальзывания; $V = \omega R$

$$E = \frac{a}{R}$$

E - угловое ускорение

$$V = \sqrt{\frac{2}{5} g L \sin \alpha} = 0,5 \cdot 2 \cdot 10 = 1,2 \text{ м/с}$$

3. по формулам кинематики: $L = \frac{\alpha t^2}{2}$; $V = \alpha t$ $L = \frac{V^2}{2\alpha}$

$$\alpha = \frac{V^2}{2L} = 1,2 \text{ м/с}^2$$



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!

4. II 3. Итого: $F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = ma$

критический момент: почти трескается: $F_{\text{тр}} \approx \mu N = \mu mg \cos \alpha$ II 3. Итого: для $0,4$ + макс. скорости

$$|a - g \sin \alpha| = \mu g \cos \alpha$$

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

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,8$$

по ост. тригонометрическому тождеству

$$\Rightarrow \mu \geq \frac{11}{20}$$

$$\mu_{\min} = \lg 2 - \frac{a}{g \cos \alpha} = \frac{0,6}{0,8} = \frac{1,2}{0,8} = \frac{3}{2} = 1,5$$

$$= \frac{3}{4} - \frac{1}{5} = \frac{15-4}{20} = \frac{11}{20}$$

Ответ: 1) 0,6 2) $1,2 \text{ м/с}^2$ 3) $1,2 \text{ м/с}^2$ 4) $> \frac{11}{20}$



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
 18 ИЗ 18

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: $Q = 780 \text{ Дж}$; $|\Delta T_1| = 31,2 \text{ К}$; $\Delta T_2 = 20 \text{ К}$

1. по 1 закону термодинамики?

$Q = \Delta U + A$ где A - работа по газу; Q - теплота, переданная газу

запишем для изохорного и изобарного процессов $\Rightarrow A = 0$ и $\Delta V = 0$ и t

V_{N_2} - кол-во азота (ваз.)
 V_{He} - кол-во гелия (ваз.)

1) $Q = \Delta U = -V_{\text{см}} R \Delta T_1 = -\Delta T_1 \cdot R \left(\frac{5}{2} V_{N_2} + \frac{3}{2} V_{He} \right)$

$Q = \Delta T_1 R \left(\frac{5}{2} V_{N_2} + \frac{3}{2} V_{He} \right)$

↑
 в Клонпером - неизвестно

2) $Q = -\Delta T_2 R \left(\frac{5}{2} V_{N_2} + \frac{3}{2} V_{He} \right) \cdot A_{\text{внеш}}$, аналогично

$A_{\text{внеш}} = Q - \Delta T_2 R \left(\frac{5}{2} V_{N_2} + \frac{3}{2} V_{He} \right) = Q \left(1 - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right) = 780 \frac{31,2 - 20}{31,2} =$

$= \frac{280 \cdot 11,2}{31,2} \text{ Дж} = \frac{780 \cdot 11,2}{31,2} \text{ Дж} = \frac{78000 + 2800 + 1560}{31,2} \text{ Дж} = 87360 \text{ Дж}$

2. по определению теплоемкости: $C_p = \frac{Q}{|\Delta T_1|} = 39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$

3. $\frac{N_2}{N_2} = \frac{V_{He} N_A}{V_{N_2} N_A} = \frac{V_{He}}{V_{N_2}} = \gamma$

$\Rightarrow A_{\text{внеш}} = A = p \Delta V = V_{\text{см}} R \Delta T_2$
 $\Rightarrow Q = R \left(3,5 V_{N_2} + 2,5 V_{He} \right) \Delta T_2$

$\frac{3,5 V_{N_2} + 2,5 V_{He}}{2,5 V_{N_2} + 1,5 V_{He}} = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = 1$

$\frac{3,5 + 2,5\gamma}{2,5 + 1,5\gamma} = \frac{31,2}{20} = \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}$

$\gamma = \frac{3,5 \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} - 2,5}{1,5 - 2,5 \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} = \frac{3,5 \Delta T_2 - 2,5 \Delta T_1}{1,5 \Delta T_1 - 2,5 \Delta T_2} = \frac{70 - 2,5 \cdot 31,2}{1,5 \cdot 31,2 - 50} = \frac{70 - 63,5 - 15,8}{31,2 + 15,8 - 50} =$

$= \frac{70 - 78}{16,6 - 50} = \frac{8}{33,4} = \frac{80}{334} = \frac{40}{167}$

Ответ: 1. 87360 Дж 2. $39 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ 3. $\frac{40}{167}$



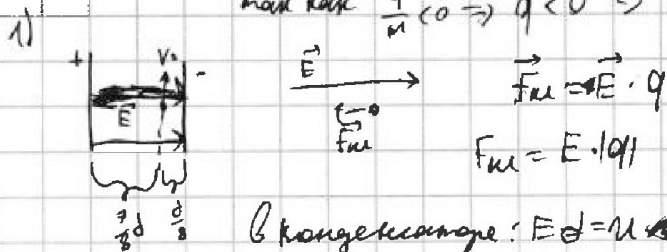
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

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: $\gamma = \frac{q}{m} < 0$; U ; d ; R

так как $\frac{q}{m} < 0 \Rightarrow q < 0 \Rightarrow$ отрицательная частица



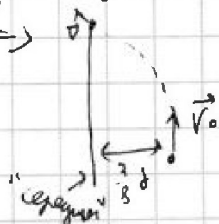
В конденсаторе: $E = U/d$ известная формула

Известно: $F_{эл} = ma$ $a = \frac{v_0^2}{R}$ центростремительное ускорение

$$a = \frac{F_{эл}}{m} = \frac{\frac{U}{d} \cdot |q|}{m} = \frac{U}{d} \cdot |\gamma| = -\frac{U\gamma}{d}$$

$$v_0 = \sqrt{-\frac{R U \gamma}{d}}$$

2) Сила тяжести конденсатора всё равно $E \cdot |q|$,
и она $\perp v_0 \Rightarrow$



$$A_{кл} = F_{эл} \frac{3d}{8} = E \cdot \frac{3d}{8} \cdot |q| = \frac{3}{8} U |q|$$

Затем же τ об изменении кинетической энергии: $E_{к2} - E_{к1} = A_{кл}$.

$$E_{к2} = A_{кл} + E_{к1} = \frac{3}{8} U |q| + \frac{m v_0^2}{2}$$

" $\frac{m v_0^2}{2}$ "

$$v = \sqrt{\frac{3}{8} U |\gamma| + v_0^2} = \sqrt{v_0^2 - \frac{3}{4} U \gamma} =$$

$$= \sqrt{-\frac{R U \gamma}{d} - \frac{3}{4} U \gamma} = \sqrt{-U \gamma \left(\frac{R}{d} + \frac{3}{4} \right)}$$

Ответ: 1) $\sqrt{-\frac{R U \gamma}{d}}$; 2) $\sqrt{-U \gamma \left(\frac{R}{d} + \frac{3}{4} \right)}$



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
☐

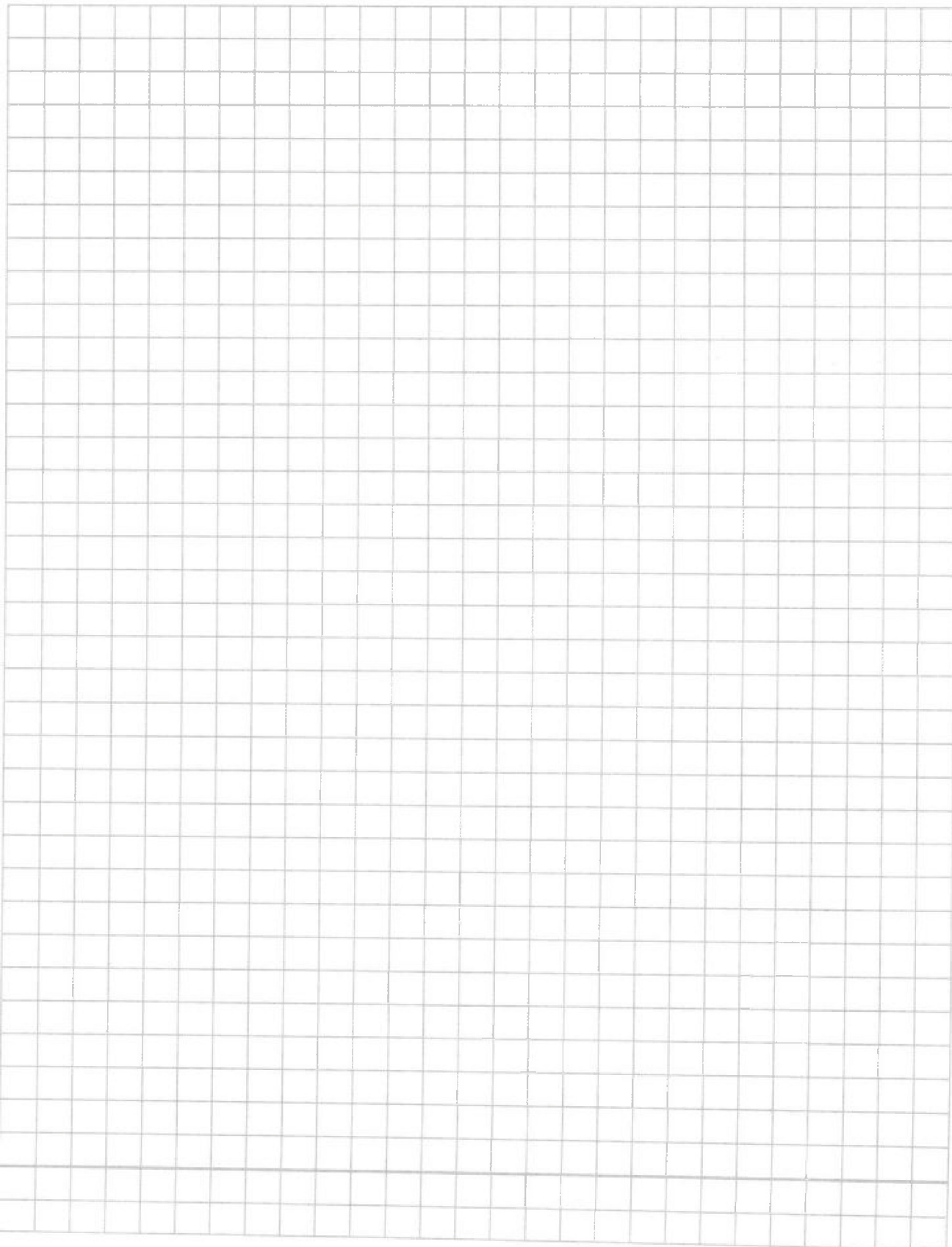
5
☐

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!



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!

N1

1)

$$N = \sqrt{(mg)^2 + \left(\frac{mv^2}{R}\right)^2}$$

$$\frac{P}{mg} = \sqrt{1 + \frac{v^4}{R^2 g^2}}$$



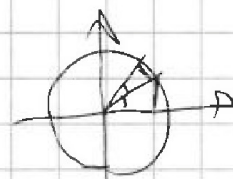
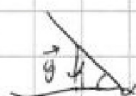
2)

$$W = \frac{V}{R} \quad d_2 = L + R \quad \Rightarrow \quad V_{\text{нп}} = W d_2 = V \frac{L + R}{R}$$

$$V_{\text{н}} = V + V_{\text{нп}} = V \frac{L + 2R}{R}$$

N3

$$a_1 = 8 \text{ м/с}^2 \quad a_2 = \frac{8}{3} \text{ м/с}^2$$



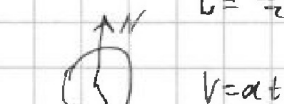
$$a_1 = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha$$

$$a_2 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

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

$$\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{4 + 8}{3 \cdot 20} = \frac{12}{60} = \frac{1}{5}$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$



$$L = \frac{at^2}{2}$$

$$V = at$$

$$L = \frac{V^2}{2a}$$

$$V = \sqrt{2Lg \sin \alpha} = \sqrt{2 \cdot 8 \cdot 4} = \sqrt{64} = 8$$

$$a = \frac{V^2}{2L} = \frac{64}{16} = 4$$

$$R \Rightarrow a = \frac{V_0^2}{R}$$

$$F = ma = m \frac{V_0^2}{R}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{R \mu \gamma}{d}}$$

$$\mu = Ed \quad Eq < F$$

$$\frac{\mu}{d} q = m \frac{V_0^2}{R}$$

$$V_0^2 + \frac{3}{8} d E \frac{q}{m} = V_1^2$$

$$V_1 = \sqrt{V_0^2 + 8 \cdot \frac{3}{8} 4}$$

N4

$$-Q = -\frac{1}{2} (1.5 V_{\text{н}} + 2.5 V_{\text{н}2}) R \Delta T_1 \quad R = 8.31$$

$$-Q = - (1.5 V_{\text{н}} + 2.5 V_{\text{н}2}) R \Delta T_2 + -A_{\text{тр. м}} \quad A_{\text{тр. м}} = \frac{|\Delta T_1| - |\Delta T_2|}{|\Delta T_1|} Q$$

$$Q = \frac{R \Delta T}{C_p d}$$

$$C_p = \frac{Q}{\Delta T_2}$$

$$\frac{(1.5 V_{\text{н}} + 2.5 V_{\text{н}2})}{2.5 V_{\text{н}} + 3.5 V_{\text{н}2}} = \frac{|\Delta T_2|}{|\Delta T_1|} = \frac{1.5 \cdot 8 + 2.5 \cdot \frac{1.1}{1.2}}{2.5 \cdot 8 + 3.5 \cdot \frac{1.1}{1.2}}$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_{\text{н}1}}{V_{\text{н}2}} = \gamma$$

$$1.5 \gamma + 2.5 = 2.5 \gamma \left(\frac{|\Delta T_2|}{|\Delta T_1|} \right) + 3.5 \frac{|\Delta T_2|}{|\Delta T_1|}$$

$$\gamma = \frac{3.5 \frac{|\Delta T_2|}{|\Delta T_1|} - 2.5}{1.5 - 2.5 \frac{|\Delta T_2|}{|\Delta T_1|}} = \frac{3.5 \Delta T_2 - 2.5 \Delta T_1}{1.5 \Delta T_1 - 2.5 \Delta T_2}$$



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!

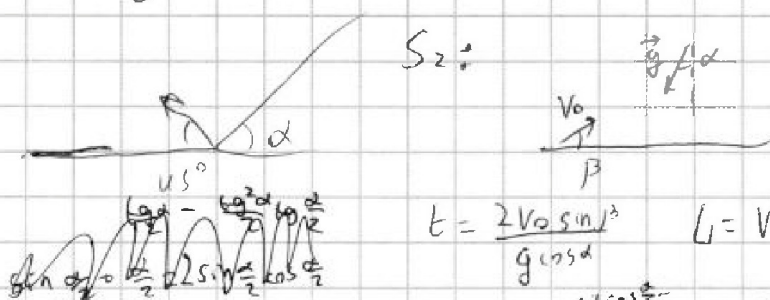
$$\cos 30^\circ = \frac{3}{4} = \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$

$$L = V \cos \alpha t = \frac{V \cos \alpha 2V \sin \alpha}{g} = \frac{V^2}{g} \sin 2\alpha$$

$$S_1 = \frac{V_0^2}{g} \sin 90^\circ \Rightarrow V_0 = \sqrt{S_1 g} = 40 \text{ м/с}$$

$$S = \cos \beta \cos \alpha + \beta - \sin \beta \sin \alpha + \beta = 0$$

$$\cos 2\beta + \alpha = 0 \quad \beta = \frac{90^\circ - \alpha}{2}$$



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

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

$$t = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g \cos \alpha}$$

$$L = V_0 \cos \beta t - \frac{g t^2}{2} = \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{\cos^2 \alpha}$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{\sin \alpha}{2 \cos \frac{\alpha}{2}}$$

$$\cos \alpha \sin \alpha = \cos \alpha \cos \frac{\alpha}{2} - \sin \alpha \sin \frac{\alpha}{2}$$

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

$$= \frac{600}{1600} = \frac{3}{8}$$

$$L' = 0 = \cos \alpha (\sin \beta \cos \beta)' - (\sin^2 \beta)' =$$

$$\cos \alpha (\cos^2 \beta - \sin^2 \beta) - 2 \sin \beta (\cos \beta) =$$

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

$$2 \sin \beta \cos \beta = \cos \alpha (\cos^2 \beta - \sin^2 \beta)$$

$$\cos \alpha \sin^2 \beta + 2 \sin \beta \cos \beta - \cos \alpha \cos^2 \beta = 0$$

$$\cos \alpha x^2 + 2x \sqrt{1 - x^2} - \cos \alpha (1 - x^2) = 0$$

$$x^2 - x^4 = \left(\frac{\cos \alpha}{2} \right)^2 (1 - 2x^2)^2$$

$$\sin 90^\circ + \alpha = \sin (90^\circ - \alpha) = \cos \alpha$$

$$2x \sqrt{1 - x^2} = \cos \alpha - 2 \cos \alpha x^2$$

$$2 \sqrt{x^2 - x^4} = \cos \alpha - 2 \cos \alpha x^2$$

$$2 \sqrt{t - t^2} = \cos \alpha - 2 \cos \alpha t$$

$$4(t - t^2) = \cos^2 \alpha (1 - 2t)^2 = \cos^2 \alpha (1 + 4t^2 - 4t)$$

$$t^2 (4(\cos^2 \alpha + 1) - 4t(\cos^2 \alpha + 1) + \cos^2 \alpha) = 0$$

$$\frac{\sin^2 90^\circ - \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{3}{8} \quad t = \frac{4(\cos^2 \alpha + 1) \pm \sqrt{16(\cos^2 \alpha + 1)^2 - 16(\cos^2 \alpha + 1)\cos^2 \alpha}}{8(\cos^2 \alpha + 1)} = \frac{1}{2} \left(1 \pm \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \alpha} - \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha + 1}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\cos^2 \alpha + 1}} = \frac{3}{8}$$

$$= \frac{1}{2} \left(1 \pm \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \alpha + 1}} \right)$$

$$\alpha = 30^\circ \quad \sin 30^\circ \cos 60^\circ = \frac{3}{8}$$

$$\sin^2 \beta = \frac{1}{2} \pm \frac{1}{2\sqrt{\cos^2 \alpha + 1}} = \frac{\sqrt{\cos^2 \alpha + 1} \pm 1}{2\sqrt{\cos^2 \alpha + 1}}$$

$$\sin \frac{90^\circ - \alpha}{2} = \sin \frac{90^\circ - \alpha}{2}$$

$$\alpha =$$

$$\frac{\sin \frac{90^\circ - \alpha}{2} \cos \frac{90^\circ + \alpha}{2}}{\cos^2 \alpha} = \frac{3}{8}$$

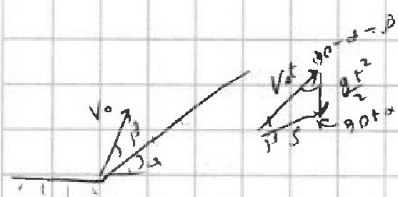


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

☐☐☐☐☐☐☐

СТРАНИЦА
__ 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!



$$\frac{V_0 t}{\sin 90 + \alpha} = \frac{S}{\sin 90 - \alpha - \beta} = \frac{S}{\cos \alpha + \beta}$$

$$t = \frac{2V_0 \sin \beta}{g \cos \alpha}$$

$$\frac{V_0 t}{\cos \alpha}$$

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

$$\cos 2\beta + \alpha = 0 \quad 2\beta + \alpha \geq 90$$

$$\beta = \frac{90 - \alpha}{2}$$

$$\frac{\sin \beta \cos \alpha + \beta}{\cos \alpha} = \frac{\cos \frac{90 + \alpha}{2} \cos \frac{90 - \alpha}{2}}{\cos^2 \alpha} = \frac{3}{8}$$

$$\begin{array}{r} 8000 \\ 5800 \\ 1560 \\ \hline 87360 \end{array}$$