



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

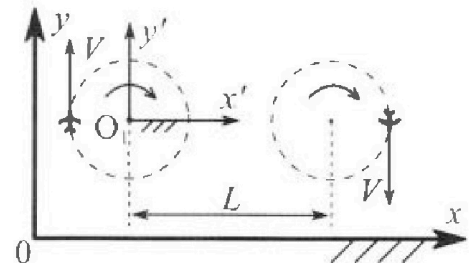
Вариант 10-04

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 $V = 100$ м/с (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса. Радиус окружности, по которой движется каждый самолет, $R = 500$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

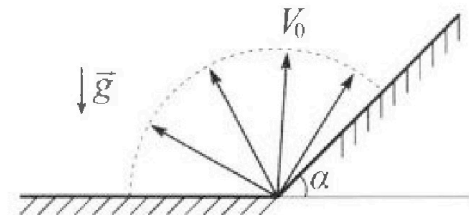
1. Определите отношение $\frac{N}{mg}$, здесь N – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло, mg – сила тяжести летчика.



В некоторый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального удаления. Расстояние между центрами окружностей $L = 1,25$ км. Вектор скорости каждого самолета показан на рис.

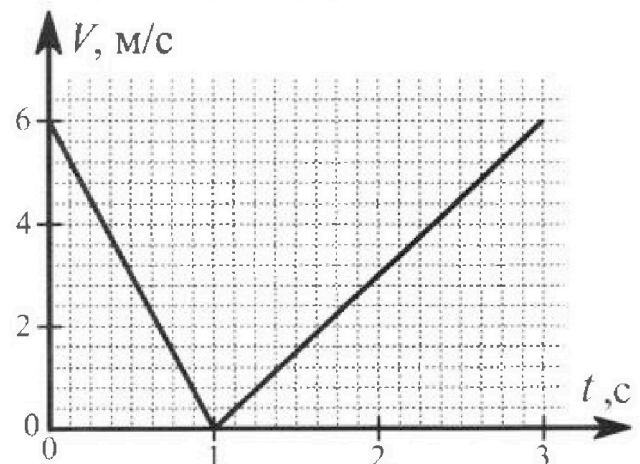
2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}$ второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}$.

2. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Продолжительность полета осколка, упавшего на горизонтальную поверхность на максимальном расстоянии от точки разрыва, равна $T = 5$ с, максимальное перемещение за время полета осколка, упавшего на склон, равно $S = 100$ 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.

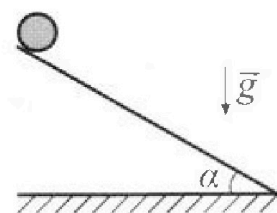
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения $g = 10$ 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 $n = 4$ раза больше массы бочки. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.

2. С какой по величине скоростью V движется бочка после перемещения по вертикали на $h = 1,5$ 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 10-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

4. В изохорическом процессе от смеси идеальных газов гелия и азота отводят $Q = 2320$ Дж теплоты. Температура смеси уменьшается на $|\Delta T_1| = 58$ К. Если в изобарическом процессе от той же смеси отвести то же самое количество теплоты, то температура смеси уменьшится на $|\Delta T_2| = 40$ 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. Отрицательно заряженная частица движется между обкладками плоского конденсатора. Конденсатор заряжен до напряжения U , расстояние между обкладками d . В некоторый момент частица движется со скоростью V_0 параллельно обкладкам на расстоянии $\frac{3}{8}d$ от отрицательно заряженной обкладки. Радиус кривизны траектории в малой окрестности рассматриваемой точки равен R .

1. Найдите удельный заряд $\gamma = \frac{q}{m}$ частицы, здесь q —заряд частицы, m — масса частицы.

Через некое 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?



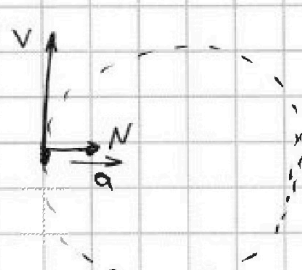
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

1. 

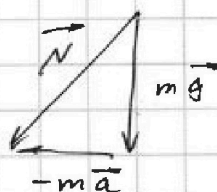
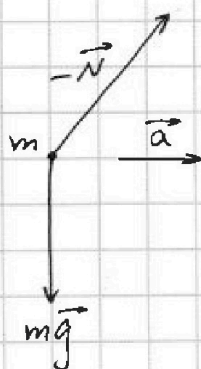
отн. земли: $\vec{N}$ (по 3 3H)
на пилота действ.: $-\vec{N}$, $m\vec{g}$.

Пилот движ. с V по окр. рад. R ,
его у.с. ускор. a .

~~N_1 — сила, одеск. у.с. ускор.~~
(также не. нет)

2 3H: $m\vec{a} = -\vec{N} + m\vec{g}$

$\vec{N} = m(\vec{g} - \vec{a})$



$$\Rightarrow N^2 = (mg)^2 + (ma)^2 \Rightarrow \frac{N}{mg} = \frac{\sqrt{(mg)^2 + (ma)^2}}{mg} =$$
$$= \sqrt{1 + \frac{(ma)^2}{(mg)^2}} = \sqrt{1 + \frac{a^2}{g^2}} = \sqrt{1 + \frac{20^2}{10^2}} = \sqrt{5}$$

$$a = \frac{V^2}{R} = \frac{100^2}{500} = \frac{10000}{500} = 20 \frac{м}{с^2}$$

$$\frac{20^2}{10^2} = \frac{400}{100} = 4$$



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!

2. $x'O, y'$ вращ. с ω по рис. (на рис. усл.)

$$\omega R = V \Rightarrow \omega = \frac{V}{R} = \frac{100}{500} = \frac{1}{5} \left(\frac{1}{c} \right)$$

расст. от O_1 до 2-го самолёта $D = L + R$

тогда $\vec{u} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$, где $|\vec{v}_1| = V$, $\vec{v}_1 \parallel y'$,

$$|\vec{v}_2| = \omega D, \vec{v}_2 \parallel y'$$

$$\Rightarrow \vec{u} \parallel y', \text{ т.е. } \vec{u} \uparrow y$$

$$u = v_1 + v_2 = V + \omega D = V + \omega (L + R) =$$

$$= 100 + \frac{1}{5} (1250 + 500) = 450 \frac{м}{с}$$

$$\begin{array}{r} 1250 \\ + 500 \\ \hline 1750 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1750 \\ - 15 \\ \hline 25 \\ - 25 \\ \hline 0 \end{array} \quad \begin{array}{r} 15 \\ \overline{) 350} \\ 30 \\ \hline 50 \\ 45 \\ \hline 50 \\ \hline 0 \end{array}$$

(т.е. $\vec{u}$ сонапр. со ск.
2-го сам. отн. земли)

Ответ: $|\vec{u}| = 450 \frac{м}{с}$,

$\vec{u}$ напр. туда же, куда и скорость 2-го
самолёта отн. земли.

$$\frac{N}{mg} = \sqrt{5}$$



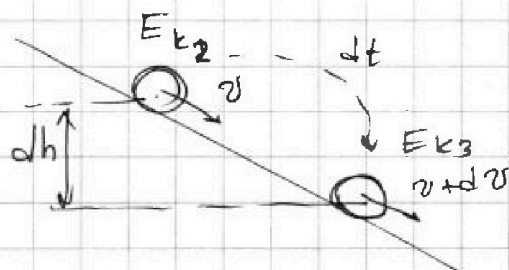
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 5

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.



пусть за dt шарик
спускается на dh по
высоте и изм. своей
скорости v на dv .

$$a = \frac{dv}{dt}$$

dt, dh, dv — малы.

Т. кин. энергия:

$$E_{k2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{1}{5} \frac{mv^2}{2} = \frac{6}{10} mv^2 - \text{кин. эн. при } v$$

$$E_{k2} = \frac{m(v+dv)^2}{2} + \frac{1}{5} \frac{m(v+dv)^2}{2} = \frac{6}{10} m(v+dv)^2 =$$

↑
кин. эн. при $v+dv$

$$= \frac{6}{10} m(v^2 + 2vdv + \cancel{dv^2}^0)$$

Т. об изм. $E_{кин}$:

$$E_{k2} - E_{k1} = Mg \cdot \frac{dh}{\sin \alpha} \cdot \sin \alpha = Mgdh$$

$$\frac{6}{10} m(v^2 + 2vdv - v^2) = Mgdh \Rightarrow \frac{6}{5} vdv = gdh$$

$$(v+dv)^2 - v^2 = 2vdv$$

$$v^2 + 2vdv - v^2 = 2vdv \Rightarrow dh = \frac{v dv}{ga}$$

$$\frac{6}{5} vdv = g \frac{v dv}{a} \Rightarrow a = \frac{5}{6} g = \frac{5}{6} \cdot 10 =$$

$$= \frac{5 \cdot 5}{3} = \frac{25}{3} \approx 8,33 \frac{m}{c^2}$$

$$\begin{array}{r} 25 \overline{) 3} \\ 24 \\ \hline 10 \\ 9 \\ \hline 10 \end{array}$$



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 5

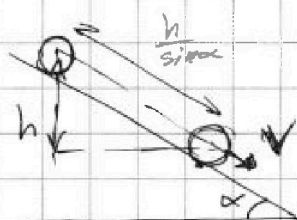
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$= \frac{3}{2 \cdot 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{2}} = \frac{3}{4 \sqrt{2}}$$

μ_0 - коэфф. тр. из 1-20 экп.

2. Второй опыт.

M - масса доски + воды, R - рад. доски



$\sum F = \frac{dE_{кин}}{dt}$ изм. кин. эн. доски

$$A = \Delta E_{кин}$$

↑
работа всех сил на доску

Вода - ид. жидк (не вязкая) $\Rightarrow$ можно считать, что вода движ. поступательно.

$\frac{1}{5}M$ - масса стенок доски, $\frac{4}{5}M$ - масса воды.

$$A = M g h \cdot \frac{h}{\sin \alpha} \cdot \sin \alpha = mgh.$$

ост. силы работу не соверш.

$E_{кин,0} = 0$ - была $E_{кин}$

$E_{кин,1}$ - стала $E_{кин}$

$$E_{кин,1} = mgh$$

$$E_{кин,1} = \frac{M \cdot V^2}{2} + \frac{\frac{1}{5} M V^2}{2} - \text{по Т. Кёнигса}$$

$$\text{Итак, } M mgh = \frac{6}{10} M V^2 \Rightarrow gh = \frac{6}{10} V^2$$

$$V = \sqrt{\frac{10}{6} gh} = \sqrt{\frac{10}{6} \cdot 10 \cdot 1.5} = 10 \sqrt{\frac{1.5}{6}} =$$

$$= 10 \sqrt{\frac{3}{12}} = 10 \sqrt{\frac{31}{43}} = 5 \frac{M}{C}$$



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

4 ИЗ 5

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. Бочка не проскальз. $\Rightarrow$ у т. кас. бочки и накл. пл. скорость нулевая.

Проскальз. начинается, когда $\mu \in [\mu_{\min}; +\infty)$.

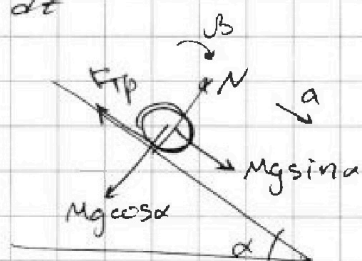
$\mu_{\min}$: $F_{\text{тр}} = \mu_{\min} N$ обеспечивает ~~в~~ угловое ускорение (в иных случаях ($\mu > \mu_{\min}$) уск. обесп. сила $\leq \mu N$)

угловое уск. $\beta = \frac{d\omega}{dt}$

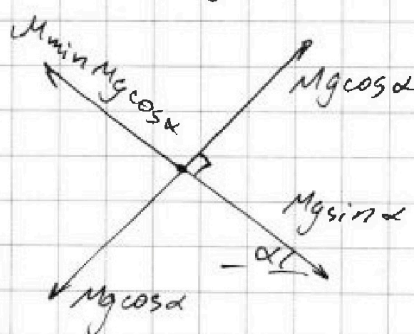
$$\omega R = v \Rightarrow \omega = \frac{v}{R} \Rightarrow \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{R} \frac{dv}{dt} = \frac{a}{R}$$

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

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum \vec{F} = \vec{F}_{\text{тр}} + M\vec{g} + \vec{N}$$



$$\begin{aligned} F_{\text{тр}} &= \mu_{\min} N \\ N &= Mg \cos \alpha \end{aligned} \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu_{\min} Mg \cos \alpha$$



реш. т.к. импульсы сумм. пр

$$Mg \sin \alpha - \mu_{\min} Mg \cos \alpha = \frac{dp}{dt} = \frac{d(Mv)}{dt}$$

по Т. о движении центра масс:

$$Mg \sin \alpha - \mu_{\min} Mg \cos \alpha = Ma \Rightarrow$$



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
5 из 5

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!

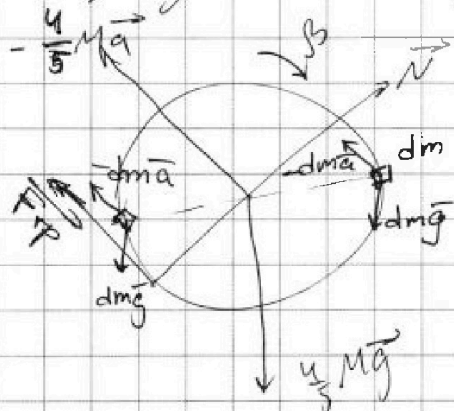
$$g \sin \alpha - \mu_{\min} g \cos \alpha = a$$

$$\mu_{\min} = \frac{g \sin \alpha - a}{g \cos \alpha} = \frac{10 \cdot 0,45 - \frac{5 \cdot 10}{6}}{10 \cdot \sqrt{1 - 0,45^2}} =$$

$$= \frac{0,45 - \frac{5}{6}}{\sqrt{0,8}} = \frac{(0,45 - \frac{5}{6})10}{252 \sqrt{10}} = \frac{4,5 - \frac{50}{6}}{252 \cdot \sqrt{10}} =$$

$$= \frac{\frac{9}{2} - \frac{50}{6}}{2520} = \frac{27 - 50}{6 \cdot 2520} < 0$$

перейдем в с.о., движ. с а.



и на кажд. т. обода dm .
действ. $dm(\vec{g} - \vec{a})$

$$F_{fp} = \frac{4}{5} M \cdot \beta$$

т.к. $\sum$ всех сил 0, т.к.
отн. г.м. импульс 0 всегда.

$$M \vec{a} - M \vec{a} + M \vec{g} + \vec{N} - \vec{F}_{fp} = 0$$

$$F_{fp} + Ma = Mg \sin \alpha$$

Ответ: $\sin \alpha = 0,45$

$$V = 5 \frac{m}{c}$$

$$a = 8,33 \frac{m}{c^2}$$



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

☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

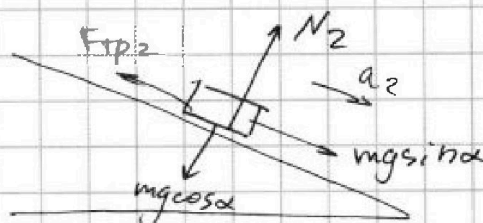
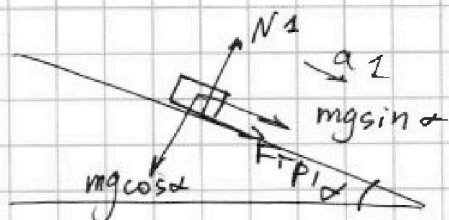
СТРАНИЦА

1 из 5

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. 1-й опыт.

$N3$
 m - масса шайбы



сначала шайба едет
вверх (1-я сек.)

потом (2/3 сек.)
шайба едет вниз.

(в гр. случае не м.б. $v=0$)

$$N_1 = mg \cos \alpha$$

$$F_{тр1} = \mu_0 N_1$$

$$m a_1 = mg \sin \alpha - F_{тр1}$$

$$\Rightarrow m a_1 = mg \sin \alpha -$$

$$+ \mu_0 mg \cos \alpha \quad (1)$$

$$N_2 = mg \cos \alpha$$

$$F_{тр2} = \mu_0 N_2$$

$$m a_2 = mg \sin \alpha - F_{тр2}$$

$$\Rightarrow m a_2 = mg \sin \alpha -$$

$$- \mu_0 mg \cos \alpha \quad (2)$$

$$(1), (2) \Rightarrow a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha$$

$$a_1 - a_2 = 2\mu_0 g \cos \alpha$$

$$-a_1 = \frac{a-6}{1-0} = -6 \frac{\mu}{c^2} \Rightarrow a_1 = 6 \frac{\mu}{c^2}$$

$$a_2 = \frac{6-0}{3-1} = 3 \frac{\mu}{c^2} \quad (т.е. a_1 = -\frac{dv}{dt}, a_2 = \frac{dv}{dt})$$

$$\text{то } g = a_1 + a_2$$

$$\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{6 + 3}{2 \cdot 10} = \frac{9}{20} = \frac{45}{100} = 0,45$$

$$\mu_0 = \frac{a_1 - a_2}{2g \cos \alpha} = \frac{a_1 - a_2}{2g \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{6 - 3}{2 \cdot 10 \cdot \sqrt{1 - 0,45^2}} =$$

$$= \frac{3}{20 \sqrt{1 - 0,2025}} \approx \frac{3}{20 \sqrt{0,7975}} = \frac{3 \cdot 10}{20 \cdot 2,52510} =$$



1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 4

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!

N 4

$$(V, p_1, T_1, \nu_r + \nu_a) \xrightarrow[-Q]{V = \text{const}} (V, p_2, T_1 - |\Delta T_1|, \nu_r + \nu_a)$$

V - нач. объём смеси

p_1 - нач. давл. смеси, p_2 - давл. после изохор. пр.

ν_r - кол-во гелия в смеси, ν_a - кол-во азота в см.

T_1 - нач. темп. смеси.

1. 1 нач. т/д: $-Q = +A_v + \Delta U_1$ (1)
 подв. к г. тепл. $\uparrow$ работа газа $\uparrow$ изм. внутр. эн. в изохор. пр. (=0)

~~$\Delta U_1 = \left(\frac{5}{2} \nu_r R (T_1 - (T_1 - |\Delta T_1|)) + \frac{3}{2} \nu_a R (T_1 - (T_1 - |\Delta T_1|)) \right) - \left(\frac{5}{2} \nu_r R T_1 + \frac{3}{2} \nu_a R T_1 \right)$~~
 внутр. эн. газа гелия: $\frac{3}{2} \nu_r R T = \frac{3}{2} p_r V$ - его объём.
 $\left(\frac{2\sqrt{2}\sqrt{10}}{10} \right)^2 = \frac{4 \cdot 2 \cdot 10}{100} = 0,8$ - давл. гелия.

~~$\Delta U_1 = \frac{5}{2} (p_2 - p_1) V + \frac{3}{2} (p_2 - p_1) V = 4 (p_2 - p_1) V$~~

ур. сост. для гелия: $\frac{2\sqrt{2}\sqrt{10}}{10} p_1 V = \nu_r R T_1$ (2)
 $\nu_{0,8}$ $p_2 V = 4 R (T_1 - |\Delta T_1|)$ (3)

ур. сост. для аз.: $p_1 V = \nu_a R T_1$
 $p_2 V = \nu_a R (T_1 - |\Delta T_1|)$
 $(1) \Rightarrow -Q = \Delta U_1$

$p_2 (2), (3) \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{T_1 - |\Delta T_1|}{T_1} \Rightarrow p_2 = \frac{T_1 - |\Delta T_1|}{T_1} p_1$

$\Rightarrow \Delta U_1 = 4 \left(\frac{T_1 - |\Delta T_1|}{T_1} - 1 \right) p_1 V = 4 \left(1 - \frac{|\Delta T_1|}{T_1} - 1 \right) p_1 V$
 $= -4 \frac{|\Delta T_1|}{T_1} p_1 V \Rightarrow Q = 4 \frac{|\Delta T_1|}{T_1} p_1 V$



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
3 из 4

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!

$$(V, p_1, T_1, \nu_r + \nu_a) \xrightarrow[p_1 = \text{const}]{-Q} (V_2, p_2, T_2, \nu_r + \nu_a)$$

1 ное. + 1/2: $-Q = -A + \Delta U_2$ (4)
↓
работа газа ↑ изм. влн энт. в сод. пр.

$$\begin{aligned} \Delta U_2 &= \left(\frac{5}{2} \nu_a R (T_1 - |T_2|) + \frac{3}{2} \nu_r R (T_1 - |T_2|) \right) - \\ &- \left(\frac{5}{2} \nu_a R T_1 + \frac{3}{2} \nu_r R T_1 \right) = \\ &= -\frac{5}{2} \nu_a R |T_2| - \frac{3}{2} \nu_r R |T_2| = \\ &= \left(-\frac{5}{2} \nu_a R - \frac{3}{2} \nu_r R \right) |T_2| \quad (3) \end{aligned}$$

$$(2), (3) \Rightarrow \frac{\Delta U_1}{\Delta U_2} = \frac{|T_1|}{|T_2|}$$

$$\begin{aligned} (4) \Rightarrow A &= \Delta U_2 + Q = \frac{|T_2|}{|T_1|} \Delta U_1 + Q = \\ &= -\frac{|T_2|}{|T_1|} Q + Q = Q \left(1 - \frac{|T_2|}{|T_1|} \right) = \\ &= 2320 \cdot \left(1 - \frac{40}{58} \right) = 720 \text{ Дж} \end{aligned}$$

$$2. C_p = \frac{-Q}{-|T_2|} = \frac{Q}{|T_2|} = \frac{2320}{40} = 58 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$3. \frac{N_1}{N_2} = \frac{\nu_r N_A}{\nu_a N_A} = \frac{\nu_r}{\nu_a} \quad , \quad \text{азот} - 2 \text{ атом.}, \quad \text{гелий} - 1 \text{ атом.}$$

$$(2) \Rightarrow \frac{\Delta U_1}{|T_1| R} = \frac{5}{2} \nu_a + \frac{3}{2} \nu_r \quad (5)$$

$$\text{пусть } \nu_a = \frac{\nu_r}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{Q}{|T_1| R} = \frac{5}{2} \nu_a + \frac{3}{2} \nu_r \quad (5)$$



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
 4 из 4

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!

$$c_v = \frac{-Q}{-\Delta T_1} = \frac{-2320}{-58} = 40 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

Ур-ие Майера: $c_{mp} = c_{mv} + R$
 ↑
 теплоёмк-ти
 мол. ~~частиц~~

$$\Rightarrow c_p = c_v + (v_r + v_a) R \quad (6)$$

$$(5), (6) \Rightarrow \frac{-Q}{\Delta T_1 R} = \frac{Q}{\Delta T_1 R} = \frac{5}{2} v_a + \frac{3}{2} \left(\frac{c_p - c_v}{R} - v_a \right) \Rightarrow$$

$$\frac{Q}{\Delta T_1 R} - \frac{3}{2} \frac{c_p - c_v}{R} = v_a$$

$$(5), (6) \Rightarrow \frac{Q}{\Delta T_1 R} = \frac{5}{2} \left(\frac{c_p - c_v}{R} - v_r \right) + \frac{3}{2} v_r \Rightarrow$$

$$\frac{Q}{\Delta T_1 R} - \frac{5}{2} \frac{c_p - c_v}{R} = -v_r$$

$$\frac{v_r}{v_a} = \frac{\frac{Q}{\Delta T_1 R} - \frac{5}{2} \frac{c_p - c_v}{R}}{\frac{Q}{\Delta T_1 R} - \frac{3}{2} \frac{c_p - c_v}{R}} =$$

$$= \frac{-\frac{2320}{58} + \frac{5}{2} (58 - 40)}{\frac{2320}{58} - \frac{3}{2} (58 - 40)} = \frac{-40 + \frac{5}{2} \cdot 18}{40 - \frac{3}{2} \cdot 18} =$$

$$= \frac{-40 + 45}{40 - 27} = \frac{5}{13} = \frac{5}{13}$$

Ответ: $A = 720 \text{ Дж},$

$$c_p = 58 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$\frac{v_r}{v_a} = \frac{5}{13}$$



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 4

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!

$$\Rightarrow -Q = \Delta U_1$$

$$\Delta U_1 = \left(\frac{5}{2} \nu_a R (T_1 - p T_1) + \frac{3}{2} \nu_r R (T_1 - 1 \Delta T_1) \right) -$$

$$- \left(\frac{5}{2} \nu_a R T_1 + \frac{3}{2} \nu_r R T_1 \right) =$$

$$= -\frac{5}{2} \nu_a R |\Delta T_1| - \frac{3}{2} \nu_r R |\Delta T_1| = \left(-\frac{5}{2} \nu_a R - \frac{3}{2} \nu_r R \right) |\Delta T_1|$$

(2)

уп. сост.: $p_1 V = (\nu_r + \nu_a) R T_1$

$$p_2 V = (\nu_a + \nu_r) R (T_1 - 1 \Delta T_1)$$

$$1 - \frac{40}{58} = \frac{58-40}{58} = \frac{18}{58} = \frac{9}{29}$$

$$\frac{2320 \cdot 9}{29} = 80 \cdot 9 = 720$$

$$\begin{array}{r} 2320 \overline{) 58} \\ \underline{-2320} \\ 3 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \overline{) 58} \\ \underline{-58} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \overline{) 18} \\ \underline{-18} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 40 \overline{) 27} \\ \underline{-27} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \overline{) 58} \\ \underline{-58} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 7 \overline{) 29} \\ \underline{-29} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 20 \overline{) 32} \\ \underline{-20} \\ 12 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12 \overline{) 32} \\ \underline{-12} \\ 20 \end{array}$$

уп. сост. для изобар.: $p_1 V = (\nu_r + \nu_a) R T_1$

$$p_1 V_2 = (\nu_r + \nu_a) R (T_1 - 1 \Delta T_2)$$

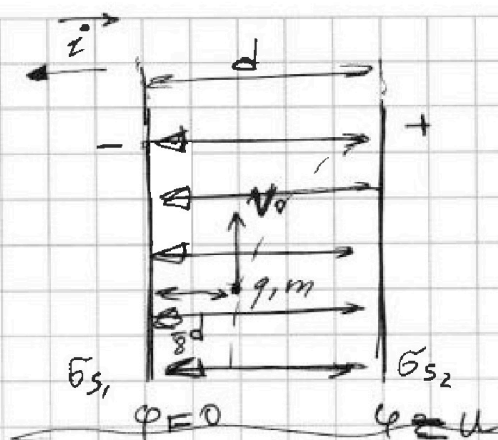


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

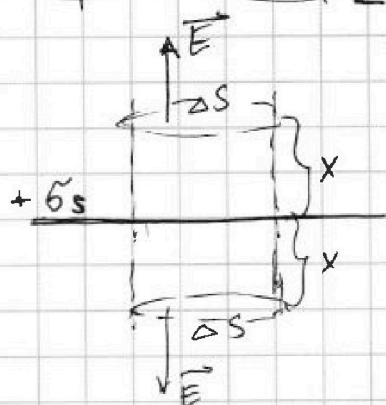


N 5

пусть $\vec{E}$ - напр-ть поля
м/у обкладками
 $\vec{F}$ - сила, г. на заряд

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

$$Q = \int \vec{F} \cdot d\vec{l} = qEd = \Delta U$$



Найдём $E(x)$ - напр-ть
поля создаваемое ~~однородно~~
равномер. зар. пластиной
($+\sigma_s$ д.о.о.) на x от неё.

$$\Phi = \frac{\Delta S \sigma_s}{\epsilon_0} \text{ - Т. Гаусса.}$$

т.к. симм. отн. пл., то $\vec{E}$ пластине, от неё ($+\sigma_s, > 0$)

$$\Phi = 2E\Delta S.$$

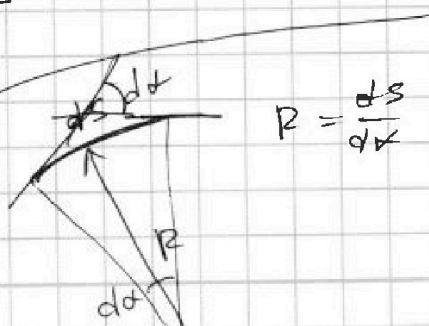
$$\Rightarrow \frac{\Delta S \sigma_s}{\epsilon_0} = 2E\Delta S \Rightarrow E = \frac{\sigma_s}{2\epsilon_0}$$

$$\text{Итак, } \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = (\sigma_{s2} - \sigma_{s1}) \Delta S = U$$

Напр-ть в любой точке м/у пластинами одинак.

$$U \text{ равна } \left(\frac{\sigma_{s2}}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_{s1}}{2\epsilon_0} \right) d$$

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





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.

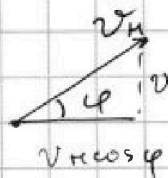
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

N 2



найдем L - дальность полёта тела,
брош. с v_0 под φ к гор.
(плоскость гориз.)
 x - бр. полёта

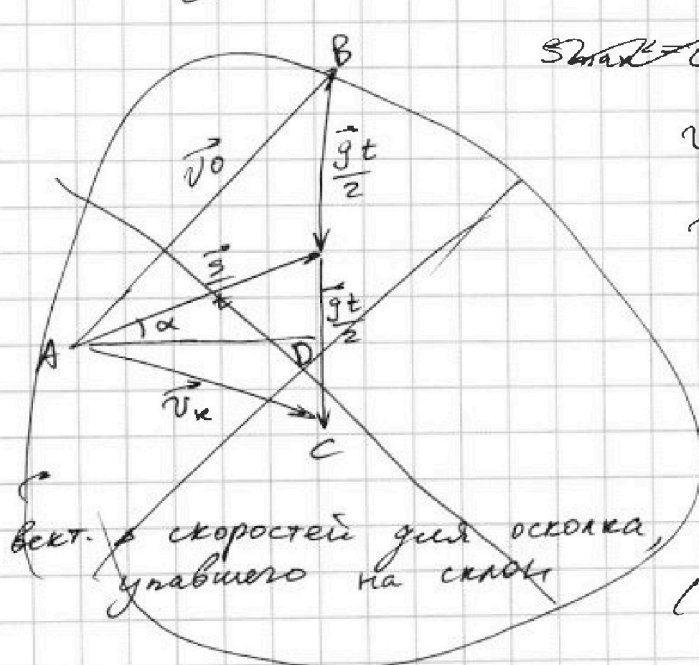
$$L = v_0 \cos \varphi \tau \quad / \rightarrow \quad \frac{L}{2 v_0 \sin \varphi g \tau} = \frac{v_0 \cos \varphi}{2 v_0 \sin \varphi g} \Rightarrow$$

$$L = \frac{2 v_0^2 \sin \varphi \cos \varphi}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\varphi}{g}$$

$$L_{\max} \text{ при } \alpha = 45^\circ, \quad L_{\max} = \frac{v_0^2}{g}$$

$$\Rightarrow \text{Для усл. задачи: } \frac{v_0^2}{g} = v_0 \cos 45^\circ T \Rightarrow$$

$$v_0 = g \cos 45^\circ T = 10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 5 = 25\sqrt{2} \quad (\frac{м}{с})$$



$$S_{\max} = \frac{v_0^2}{g}$$

v_0 - ск. при броске

v_k - когда упало
на склон при
пролёте S .

S - макс расст. $\Rightarrow$
точка падения E

параболе безопасн.
(гр. макс. удаления)

Геометрически это озн., что окр. рад.

$\frac{v_0^2}{2g}, \frac{v_k^2}{2g}$ с центр. соотв. в т. брос. и падения
кас. и кас. уровня полн. мех. энергии ($K_{\max}$)

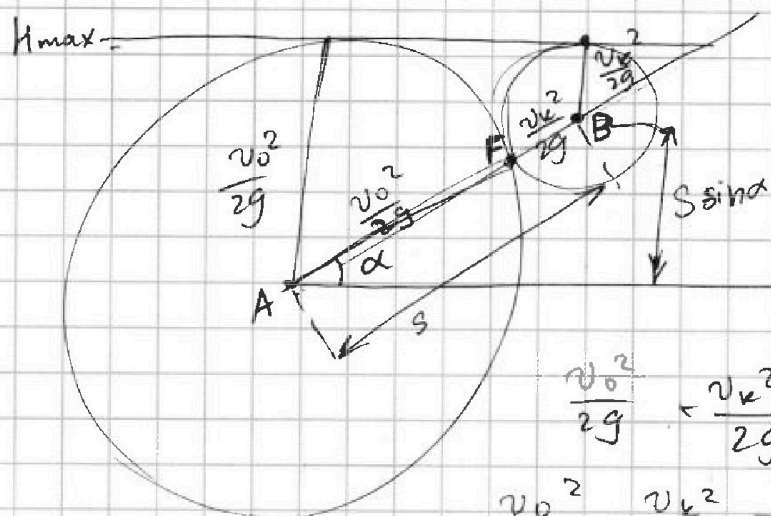


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



A - т. броска
B - т. падения
F - т. кас. окр.

$$\frac{v_0^2}{2g} + \frac{v_k^2}{2g} = S \quad (1)$$

$$\frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_k^2}{2g} = S \sin \alpha \quad (2)$$

$$(1) \Rightarrow v_k^2 = 2gS - v_0^2 = 2 \cdot 10 \cdot 100 - (25\sqrt{2})^2 =$$
$$= 2000 - 625 \cdot 2 = 750 \left(\frac{m}{s}\right)^2$$

$$(2) \Rightarrow \sin \alpha = \frac{v_0^2 - v_k^2}{2gS} = \frac{625 \cdot 2 - 750}{2 \cdot 10 \cdot 100} = \frac{500}{2 \cdot 10 \cdot 100} =$$
$$= \frac{5}{20} = 0,25$$

$$\alpha = \arcsin(0,25)$$

$$\text{Ответ: } v_0 = 25\sqrt{2} \frac{m}{s}; \alpha = \arcsin(0,25)$$

$$\begin{array}{r} 1250 \\ - 750 \\ \hline 500 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 1250 \\ - 750 \\ \hline 500 \\ \times 625 \\ \hline 1250 \end{array}$$