



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 10-06

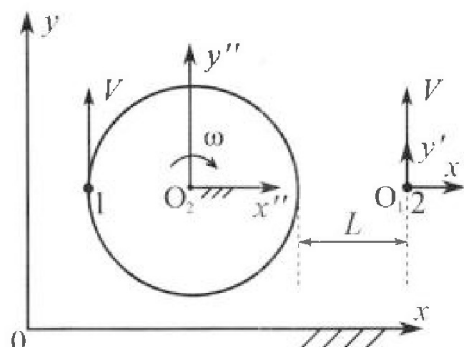
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Два школьника опытным путем изучают механику: первый сидит на краю равномерно вращающейся с круговой частотой $\omega = 1 \text{ с}^{-1}$ карусели, второй едет по прямой на велосипеде (см. рис.) и оба наблюдают друг за другом. В лабораторной системе отсчета скорости школьников одинаковы по модулю и равны $V = 3 \text{ м/с}$. Все движения происходят в одной горизонтальной плоскости. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

1. На сколько δ процентов вес второго школьника меньше веса первого школьника?

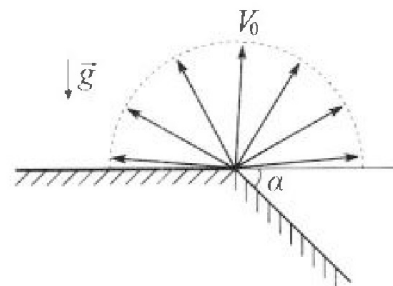
Указание: считайте, что $(1+x)^n \approx 1+n \cdot x$ при $x \ll 1$.



В неко торый момент времени школьники оказались на прямой, проходящей через центр карусели, (см. рис.), в этот момент второй школьник находится на расстоянии $L=9 \text{ м}$ от края карусели. Вектор скорости $\vec{V}$ каждого школьника в этот момент показан на рисунке к задаче.

2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}_1$ первого школьника в подвижной системе отсчёта $x'O_1y'$, связанной со вторым школьником. Система отсчета $x'O_1y'$ движется поступательно относительно лабораторной системы xOy .
3. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}_2$ второго школьника во вращающейся системе отсчёта $x''O_2y''$, связанной с первым школьником. Точка O_2 – начало вращающейся системы отсчета. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}_2$.

2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$ (см. рис.). У вершины склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшее удаление от поверхности склона осколка, упавшего на склон, $H = 48 \text{ м}$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. Найдите модуль S перемещения за время полета упавшего на склон осколка, наибольшее удаление которого от поверхности склона за время полёта $H = 48 \text{ м}$.
3. На каком максимальном расстоянии S_{MAX} от точки старта один из осколков упадет на склон?

3. В процессе сжатия одноатомного идеального газа среднее число соударений атомов газа со стенками в расчете на единицу площади за единицу времени остается постоянным. Внешние силы совершают работу $A = \frac{5}{27} U_0$, здесь $U_0 = 5,4 \text{ кДж}$ внутренняя энергия газа в начальном состоянии.

1. Во сколько n раз уменьшается давление газа в процессе сжатия?
2. Какое количество Q теплоты отведено от газа в процессе сжатия?



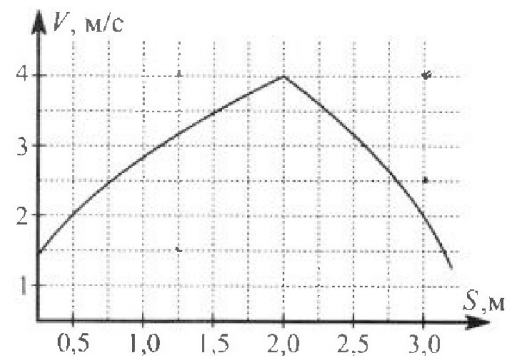
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 10-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

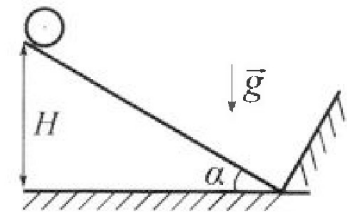


4. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу, которая приходит в движение с нулевой начальной скоростью. Движение шайбы до и после соударения с гладкой стенкой, находящейся у основания наклонной плоскости, происходит вдоль одной и той же прямой. Часть зависимости модуля скорости шайбы от пройденного пути представлена на графике к задаче.



1. Найдите ускорение a , с которым шайба движется в процессе разгона.

Во втором опыте однородный обруч скатывается с той же наклонной плоскости без проскальзывания (см. рис.). Начальная скорость нулевая. Перед абсолютно упругим соударением с гладкой стенкой центр обруча движется со скоростью $V = 4$ м/с.



2. Найдите вертикальное перемещение H центра обруча за время движения от старта до столкновения с гладкой стенкой.
3. Через какое время T после столкновения с гладкой стенкой центр обруча будет находиться на максимальной высоте?

В системе центра масс угловое ускорение обруча при скольжении $\left| \frac{\Delta \omega}{\Delta t} \right| = \frac{\mu g \cos \alpha}{R}$. Коэффициенты трения скольжения шайбы и обруча по наклонной плоскости равны. Радиус обруча $R \ll H$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

5. Вблизи центра квадратной пластины площадью $S = 0,5$ м², по которой однородно распределен заряд $Q = 8 \cdot 10^{-9}$ Кл, закреплен шарик, заряд которого $q = -3,54 \cdot 10^{-9}$ Кл. Масса пластины $M = 4$ кг, масса шарика $m = 12$ г. Расстояние d от шарика до пластины таково, что $d \ll 0,7$ м.

1. Найдите кулоновскую силу F_1 , с которой заряд шарика действует на заряд пластины.
2. Найдите гравитационную силу F_2 , с которой шарик действует на пластину.

Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг². Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл²/(Н·м²).



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!

П.е по сути второй истребитель убегает от диверсионной группы со скоростью $\sigma + \omega(r+l)$, а $-\sigma$ выталкивает его - за то же, что в.д. $x''2y4$ движется со скоростью σ вправо от y , а второй V_2 направлена вправо от y , тогда же куда и скорости истребителя 6 ЛСО.

Ответ: $\delta = 4,3\%$; $V_1 = 0 \frac{m}{c}$; $V_2 = 12 \frac{m}{c}$ и направлена вправо от y , куда и скорости истребителя в ЛСО, на вправо от 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 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!

Ясно что вес второго шкотовника $P_2 = mg$, а первого состоит из вертикальной проекции $P_{1v} = P_2 = mg$, а также из горизонтальной проекции $P_{1h} = m\omega^2 r$; где m - масса шкотовника, а r - радиус кривизны. Тогда скорость первого шкотовника $v = \omega r$, то $r = \frac{v}{\omega}$, т.е. полный вес первого шкотовника:

$$P_1 = \sqrt{P_{1v}^2 + P_{1h}^2} = \sqrt{m^2 g^2 + m^2 \omega^4 \cdot \frac{v^2}{\omega^2}} = m \sqrt{g^2 + \omega^2 v^2}$$

$$P_1 = mg \sqrt{1 + \left(\frac{\omega v}{g}\right)^2}$$

$$\text{Тогда } \left(\frac{\omega v}{g}\right)^2 = \left(\frac{1 \cdot 3}{10}\right)^2 = 0,09 < 1, \text{ тогда } P_1 = \dots$$

$$P_1 = mg \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\omega v}{g}\right)^2\right) = mg \left(1 + \frac{1}{2} \cdot 0,09\right) = mg (1 + 0,045)$$

Тогда вес второго шкотовника меньше веса первого на:

$$\delta = \frac{P_1 - P_2}{P_1} = \frac{0,045}{1,045} = \frac{45}{1045} = \frac{9}{209} \approx 0,043 = 4,3\%$$

Тогда система отсчета второго шкотовника движется с v вдоль оси y и ее скорость, то $U_1 = v - v = 0$. А т.к. система отсчета первого шкотовника движется с v вдоль оси y , то движется по касательной окружности, то скорость второго шкотовника в данной системе отсчета равна:

$$U_2 = v + \omega(r+L) - v = \omega\left(\frac{v}{\omega} + L\right) = v + \omega L = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Компонента $\omega(r+L)$ возникает из-за того, что в сдвиге "0,25" м точка О, движется со скоростью $\omega(r+L)$ против 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
3 из 3

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!

$$100 \text{ см/с} - 100 \text{ см/с}^2 \cdot t \geq 0.$$

Анализировав данное квадратное уравнение, получим:

$$D = 100^2 - 4 \cdot 100 \cdot 9 = 100(100 - 36) = 102 \cdot 8^2 = 80^2$$

$$\text{см/с} = \frac{100 \pm 80}{2 \cdot 100} = \frac{10 \pm 8}{2 \cdot 10} = \frac{5 \pm 4}{10}.$$

$$\text{т.к. } \text{см/с} = \frac{9}{10} \rightarrow \text{т.к. } \text{см/с} = \frac{3}{10} \text{ и } \text{см/с} = \frac{1}{10} \rightarrow \text{см/с} = \frac{1}{10}; \text{ корни}$$

когда $\text{см/с} < 0$ не рассматриваем, т.к. $0^\circ < \beta < 90^\circ$. Проверим первый корень:

$$S_1 = \frac{2\omega^2}{g \cos^2 \alpha} \left(\cos \alpha \cdot \frac{1}{10} + \sin \alpha \cdot \frac{3}{10} \right) \cdot \frac{3}{10} = \frac{2\omega^2}{g \cos^2 \alpha} \cdot \left(\frac{3}{5\sqrt{10}} + \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{\sqrt{10}} \right) \cdot \frac{3}{10}$$

$$S_1 = \frac{2 \cdot 24^2}{10 \cdot \frac{9}{25}} \cdot \frac{15}{5\sqrt{10}} \cdot \frac{3}{\sqrt{10}} = \frac{2 \cdot 24^2 \cdot 25}{10 \cdot 9} \cdot \frac{3 \cdot 3}{10} = \frac{25 \cdot 2 \cdot 24^2}{102} = \frac{50 \cdot 24^2}{100}$$

$$S_1 = \frac{24^2}{2} = \frac{576}{2} = 288 \text{ м.}$$

Теперь найдем второй корень $\text{см/с} = \frac{1}{10}$:

$$S_2 = \frac{2\omega^2}{g \cos^2 \alpha} \left(\cos \alpha \cdot \frac{3}{10} + \sin \alpha \cdot \frac{1}{10} \right) \cdot \frac{1}{10} = \frac{2 \cdot 24^2}{10 \cdot \frac{9}{25}} \cdot \left(\frac{3}{\sqrt{10}} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{\sqrt{10}} \right) \cdot \frac{1}{10}$$

$$S_2 = \frac{50 \cdot 24^2}{109} \cdot \frac{13}{510} = \frac{24^2 \cdot 13}{10 \cdot 9} = 24^2 \cdot 0,1444... < 24^2 \cdot 0,5$$

т.к. $S_2 < S_1$, и в итоге $S_{\max} = S_1 = 288 \text{ м.}$

Ответ: $\omega = 24 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $S = 64 \text{ м.}$; $S_{\max} = 288 \text{ м.}$



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
2 из 3

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!

11.2 найти полное перемещение осколка:

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} = S_x = 64 \text{ см.}$$

11.6 время полета произвольного осколка, который упадет на

скалы: $t = \frac{\omega_0 \sin \beta}{g \cos \alpha}$, но ~~не~~ расстояние на которое ~~упадет~~

произвольный осколок от точки разрыва разбоя:

$$S = \omega_0 \sin \beta \cdot \frac{\omega_0 \sin \beta}{g \cos \alpha} + \frac{g \sin \alpha \cdot \frac{\omega_0^2 \sin^2 \beta}{g \cos^2 \alpha}}{2}$$

$$S = \frac{\omega_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g \cos \alpha} + \frac{2 \omega_0^2 \sin^2 \beta \cdot \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha}$$

$$S = \frac{\omega_0^2 \sin \beta (\cos \beta \cos \alpha + 2 \sin \beta \sin \alpha)}{g \cos^2 \alpha}$$

$$S(\beta) = \frac{\omega_0^2}{g \cos^2 \alpha} (\cos \alpha \sin \beta \cos \beta + \sin \beta \sin \alpha)$$

Возьмем производную функции $S(\beta)$ и приравняем её к нулю,

тогда мы найдем при каком углу $\beta \leq 90^\circ$ у нас S будет максим.

Итак:

$$S'(\beta) = \frac{\omega_0^2}{g \cos^2 \alpha} (\cos \alpha (\cos \beta - \sin \beta) + 2 \sin \beta \sin \alpha) = 0$$

$$\frac{3}{2} (\cos \beta - \sin \beta) + 2 \sin \beta \cos \beta = 0$$

$$3(1 - 2 \sin^2 \beta) + 4 \sin \beta \cos \beta = 0$$

$$4 \sin \beta \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = 3(2 \sin^2 \beta - 1)$$

$$64 \sin^4 \beta - 64 \sin^2 \beta = 9(4 \sin^4 \beta - 4 \sin^2 \beta + 1)$$

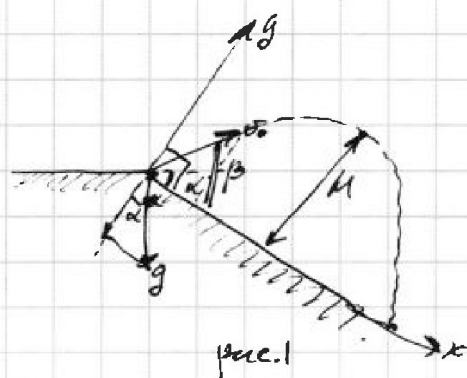


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 3

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!



$$\sin \alpha = 0.6 \Rightarrow \frac{4}{5}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5} = 0.6$$

$$\tan \alpha = \frac{4}{3}$$

Перейдем в систему координат склона (см. рис. 1). Тогда ускорения $g_x = g \sin \alpha$; $g_y = g \cos \alpha$, m — масса полета ударный осколка от поверхности склона:

$$l = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{g \cos \alpha} + \frac{g \sin \alpha}{2} \cdot \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{g \cos^2 \alpha}$$

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

Возьмем $l \rightarrow \max$ при $\sin \beta \rightarrow \max$, т.е. $\sin \beta = 1$ и $\beta = 90^\circ$,

а также:

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

$$v_0 = \sqrt{2gl \cos \alpha} = \sqrt{20 \cdot 9.8 \cdot 0.6} = \sqrt{4 \cdot 3 \cdot 9.8} = \sqrt{4 \cdot 3 \cdot 10 \cdot 3} = 2 \cdot 3 \cdot 4$$

$$v_0 = 24 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Поскольку $\beta = 90^\circ$ перпендикуляр движется осколка по оси y : $\delta y = 0$, а по оси x :

$$\delta x = \frac{g \sin \alpha}{2} \cdot \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{g \cos^2 \alpha} = \frac{v_0^2 \sin \alpha}{2g \cos^2 \alpha} = \frac{v_0^2}{2g} \cdot \frac{0.8}{0.6^2} = \frac{24^2}{20} \cdot \frac{4}{9}$$

$$\delta x = \frac{24 \cdot 24}{5} \cdot \frac{1.8}{9} = \frac{24^2}{5} = 64 \text{ м.}$$



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
3 из 3

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: $\Delta U = 3 \text{ В}$, $I_1 = 3 \text{ А}$~~ Тогда, т.к. $P_c \propto \sqrt{I}$, то:

$$m = \frac{P_c}{P_1} = \sqrt{\frac{I_1}{I_2}} = \sqrt{\frac{3}{15}} = \frac{1}{\sqrt{5}} \approx 0.447$$

А т.к. $\Delta U = \frac{3}{2} \sqrt{I_2 - I_1} = 3 \text{ В} = -3 \text{ В}$, то по первому закону Кирхгофа:

укажем:

$$Q' = -A + \Delta U = -4 \text{ А}$$

т.к. было отмечено какое-то значение $Q = Q' = 4 \text{ А}$;

$$Q = 4 \cdot \frac{5}{27} U_0 = \frac{20}{27} \cdot 500 = 370.37 \approx 370 \text{ В} \cdot \text{А} = 370 \text{ Вб}$$

Ответ: $m = 0.447$; $Q = 370 \text{ Вб}$.



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 3

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!

Пусть за малое время Δt пройдёт N столкновений ~~тогда~~ ^{с молекулой S} молекула с массой m_0 и средней квадратичной скоростью v_{cp} . При столкновении определяется лишь одна из трёх компонент скорости v_{cp} , ~~тогда~~ ^{то} $v_x = v_y = v_z = \frac{v_{cp}}{\sqrt{3}}$ (так $v_{cp}^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$). Тогда

сила с которой газ действует на стенку:

$$F = \frac{dp}{dt} = \frac{Nm_0 \cdot (v_x - (-v_x))}{\Delta t} = \frac{Nm_0}{\Delta t} \cdot 2v_x$$

$$F = \frac{Nm_0}{\Delta t} \cdot \frac{2v_{cp}}{\sqrt{3}}$$

А давление на которую фиксированная площадь S будет

равно:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{2}{3} \frac{Nm_0}{S \Delta t} \cdot v_{cp}$$

Как видно все зависит от ^{момента} v_{cp} , так как $\frac{N}{S \Delta t}$ не меняется в процессе эксперимента. А так:

$$\frac{m_0 v_{cp}^2}{2} = \frac{3}{2} kT$$

$$v_{cp} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

kT — средняя кинетическая энергия молекулы, то $p \propto \sqrt{T}$, или $p \propto \sqrt{T}$.

~~Значит~~ T — по уравнению Менделеева — Клапейрона $pV = \nu RT$, то

$$V \cdot \sqrt{T} = \nu R$$

$$V = \frac{\nu R}{\sqrt{T}}$$

$$\sqrt{T} = \frac{\nu R}{V}$$

кон-б. имеет const.



1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 3

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!

Уч. и малая работа $dA = \alpha eV$:

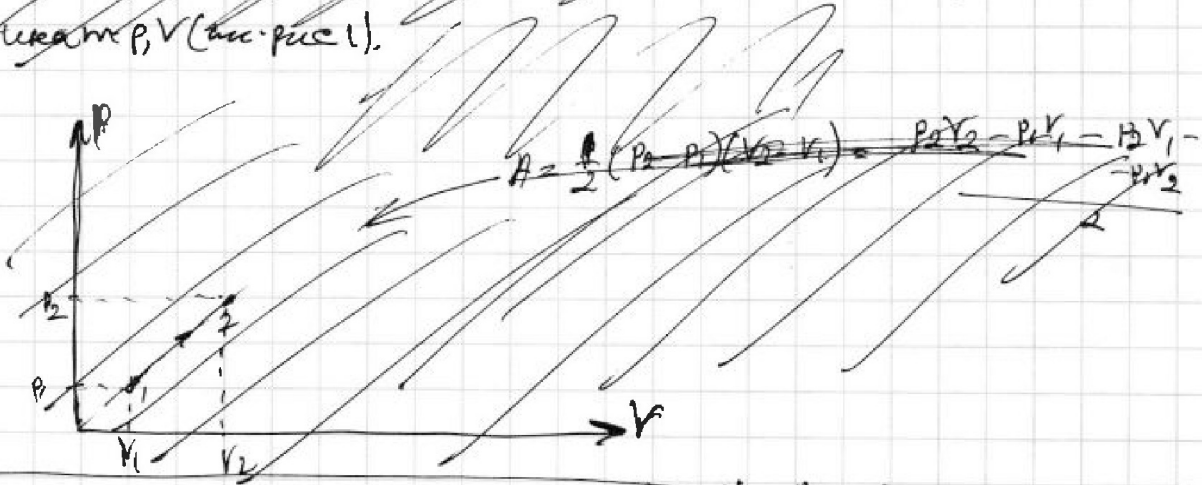
$$dA = \alpha V dV = \alpha \cdot \frac{1}{2R} eV dV = \frac{\alpha^2}{2R} V dV$$

$$\int_0^{A'} dA = \int_{V_1}^{V_2} \frac{\alpha^2}{2R} V dV$$

$$A' = \frac{\alpha^2}{2R} \cdot \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} = \frac{\alpha^2 V_2^2 - \alpha^2 V_1^2}{4R} = \frac{\alpha^2}{4R} (V_2^2 - V_1^2)$$

$$A' = \frac{2R(T_2 - T_1)}{2} = \frac{2R(T_2 - T_1)}{2}, \text{ где } T_2 \text{ и } T_1 - \text{тем. в сосудах 2 и 1,}$$

как известно зависимость работы газов от температуры, то
можно был прочитали на и проделали через выделено коэф-
фициент α (см. рис 1).



Уч. $A = \frac{5}{27} V_0 \approx \frac{5}{27} V T_1$, где A - работа газа:

$$A = \frac{2R(T_2 - T_1)}{2} = \frac{5V(T_1 - T_2)}{27}$$

$$T_2 - T_1 = \frac{5T_1}{9}$$

$$T_2 = \frac{14}{9} T_1$$

Аналогично:

$$T_2 = \frac{14}{9} T_1$$

$$m = \frac{p}{p_0} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{14}{9}$$



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!

Если тело за время dt , шайба пройдет путь $dS = v dt$, где

v — скорость шайбы в данный момент времени, а также $dv = a dt$,

$$\text{тогда } dt = \frac{dv}{a};$$

$$dS = v \cdot \frac{dv}{a}$$

$$\frac{a}{v} = \frac{dv}{dS}$$

В начале разгона, когда $S = 0$, а $v = 1,5 \frac{m}{c}$, тогда $\left(\frac{dv}{dS}\right)_0 = \frac{4-1,5}{1} = 2,5 \frac{1}{c}$,

тогда $a = v \left(\frac{dv}{dS}\right)_0 = 1,5 \cdot 2,5 = 3,75 \frac{m}{c^2}$. Если тело $a = g \sin \alpha$ — тогда,

а после столкновения шайбы (второе тело (разрешено) — a'

$$a' = v' \left(\frac{dv'}{dS}\right) = 4 \cdot \frac{4-2,5}{1} = 4 \cdot 1,5 = 6 \frac{m}{c^2}$$

Примем $a' = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha$, тогда $a' - a = \mu g \cos \alpha$:

$$\mu g \cos \alpha = \frac{a' - a}{2} = \frac{2,25}{2} = 1,125 \frac{m}{c^2}$$

Заметим, что для шайбы $3c^2$ — ~~близко к нулю~~ — m не пренебрегаем, то $\cos \alpha \approx 1$

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{m(\omega R)^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = mv^2$$

$$h = \frac{v^2}{g} = \frac{16}{10} = 1,6 \text{ м.}$$

где m — масса шайбы.

Ответ: $a = 3,75 \frac{m}{c^2}$; $\mu = 1,6 \text{ м.}$



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 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!

Так $d \ll \sqrt{S}$, то пластину можно представить в виде бесконечной плоскости с поверхностной плотностью зарядов $\sigma = \frac{Q}{S}$. Тогда пластины экранированность полем $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$, тогда сила взаимодействия (электрического) зарядов и пластины будет:

$$F_1 = Eq = \frac{Qq}{2\epsilon_0 S} = \frac{8 \cdot 10^{-9} \cdot 3,54 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 0,5 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ Н.}$$

Так постоянная упругости $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$, то $F_1 = \frac{2qQ}{5 \cdot 4\pi\epsilon_0}$, тогда по аналогии для гравитационного взаимодействия $F_2 = m \cdot \mu$, где $\mu = \frac{M}{S}$ — поверхностная плотность пластины, т.е.:

$$F_2 = \frac{2\mu E m M}{S} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 4 \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{0,5} = 4 \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 12 \cdot 10^{-14} \text{ Н}$$

$$F_2 = 10,4438 \cdot 152 \cdot 10^{-14} = 3929,286 \cdot 10^{-14} = 3,9 \cdot 10^{-12} \text{ Н.}$$

Ответ: $F_1 = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$; $F_2 = 3,9 \cdot 10^{-12} \text{ Н}$.

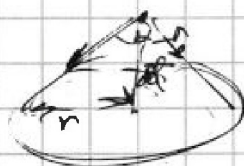


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$F_c = \frac{G m \Delta h_i}{r^2 \alpha^2}$$

$$\begin{array}{r} 2,5 \\ + 12,5 \\ \hline 25 \\ \hline 5,75 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 576 \\ 54 \overline{) 576} \\ \underline{54} \\ 26 \\ \underline{26} \\ 0 \end{array}$$

$$F_{gi} = \frac{G m \Delta h_i}{r^2 \alpha^2} \cdot \frac{d}{\sqrt{r^2 \alpha^2}} = \frac{G m \Delta h_i d}{(r^2 \alpha^2)^{3/2}}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ 12 \overline{) 24} \\ \underline{24} \\ 0 \end{array}$$

$$F_{gi} = \frac{G m d \cdot \sigma \cdot \alpha r d \alpha}{(r^2 \alpha^2)^{3/2}} = G m d \cdot \sigma \cdot \frac{r d \alpha}{(r^2 \alpha^2)^{3/2}}$$

$$\begin{array}{r} 2700 \\ 5400 \overline{) 2700} \\ \underline{2700} \\ 0 \end{array}$$

$$z = r^2 \alpha^2$$

$$dz = 2 r \alpha d\alpha = 0$$

$$\int_2^1 \frac{100}{500} \cdot \sin \alpha d\alpha (\alpha - \beta)$$

$$r d\alpha = \frac{dz}{2}$$

$$\begin{array}{r} 2,5 \\ + 12,5 \\ \hline 25 \\ \hline 5,75 \end{array}$$

$$dF_g = G m d \sigma \int_2^1 \frac{dz}{z^{3/2}} = G m d \sigma \cdot \left(-\frac{2}{z^{1/2}} \right) \Big|_2^1$$

$$F_g = \frac{2 G m d \sigma}{z^{1/2} - 2^{1/2}} = -\frac{2 G m d \sigma}{z^{1/2}} \left(-\frac{2}{1^{1/2}} + \frac{2}{2^{1/2}} \right) = 2 G m d \sigma$$

$$dF_g = \frac{G m d \sigma r d \alpha}{r^2 \alpha^2} \cdot \frac{d}{\sqrt{r^2 \alpha^2}} = \frac{2 G m d \sigma r d \alpha}{(r^2 \alpha^2)^{3/2}}$$

$$z = r^2 \alpha^2$$

$$dz = 2 r \alpha d\alpha = 0$$

$$\int \frac{dz}{z^{3/2}} = -\frac{2}{z^{1/2}}$$

$$dF_g = \frac{2 G m d \sigma \cdot \frac{dz}{2}}{z^{3/2}} = G m d \sigma \cdot \frac{dz}{z^{3/2}}$$



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!

$$\begin{array}{r} \times 8,00 \\ 3,54 \\ \hline 28,3200 \end{array}$$

$$\frac{28,32 \cdot 10^{-18}}{8,85 \cdot 10^{-12}} = \frac{28,32}{8,85} \cdot 10^{-6} = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

$$28,32$$

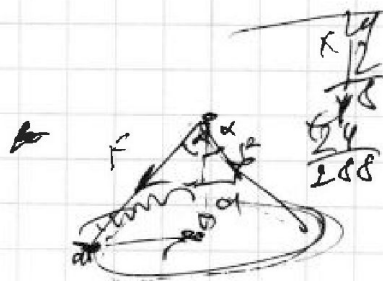
$$\begin{array}{r} 9 \overline{) 0,043} \\ \underline{0} \\ 43 \\ \underline{36} \\ 70 \\ \underline{63} \\ 70 \\ \underline{63} \\ 70 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 2,0000 \\ 20,4438 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 2,0000 \\ 20,4438 \\ \hline 15360000 \\ + 62600000 \\ + 76800000 \\ + 36800000 \\ + 00000000 \\ + 00000000 \\ \hline 384000000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 2,0000 \\ 20,4438 \\ \hline 2655 \\ \hline 2655 \\ \hline 0777 \end{array}$$

$$\times 2,0000$$



$$\begin{aligned} z &= r \cos \alpha \\ dz &= -r \sin \alpha d\alpha \\ z &= (r \cos \alpha)^{3/2} \\ dz &= \frac{3}{2} (r \cos \alpha)^{1/2} \cdot (-r \sin \alpha d\alpha) \end{aligned}$$

$$F = \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$F = \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \frac{d}{\sqrt{r^2 + d^2}} = \frac{d q_1 q_2}{(r^2 + d^2)^{3/2}}$$

$$F_{gi} = \frac{k q_1 \cdot q_2 \sin \alpha}{(r^2 + d^2)^{3/2}} = k q_1 \cdot q_2 \cdot \frac{\sin \alpha}{(r^2 + d^2)^{3/2}} = k q_1 \cdot q_2 \cdot \frac{d}{r^2 + d^2}$$

$$F_{gi} = \pi k q_1 q_2 \left(-\frac{2}{\sqrt{21}} + \frac{2}{\sqrt{20}} \right) \Big|_{d=0}^{\infty} = \frac{2\pi k q_1 q_2}{\sqrt{20}} = 2\pi k q_1 q_2$$