



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 10-06

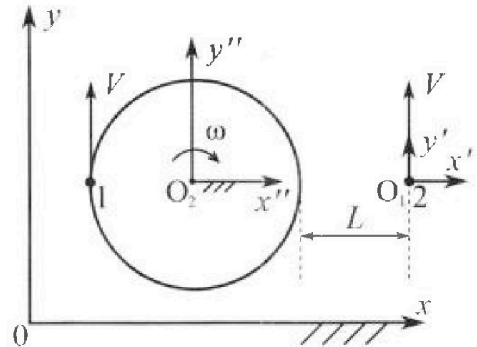


В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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  $\delta$  процентов вес второго школьника меньше веса первого школьника?

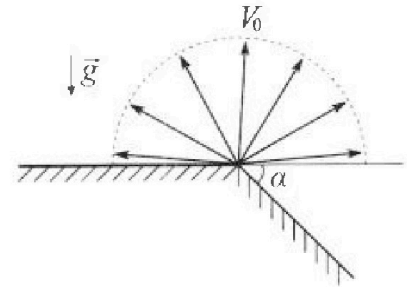
Указание: считайте, что  $(1 + x)^n \approx 1 + n \cdot x$  при  $x \ll 1$ .



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 отсчёта  $x'O_1y'$  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 отсчёта. В ответе укажите модуль и направление вектора  $\vec{U}_2$ .

2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол  $\alpha$  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.

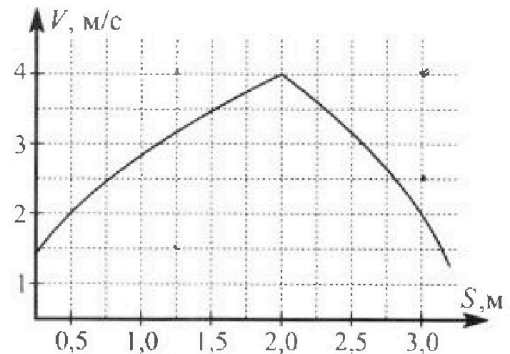
1. Во сколько  $m$  раз уменьшается давление газа в процессе сжатия?
2. Какое количество  $Q$  теплоты отведено от газа в процессе сжатия?

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 10-06

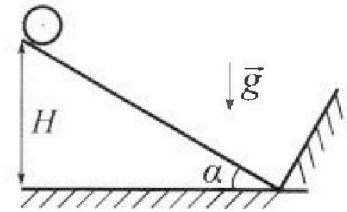
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

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/с<sup>2</sup>.

5. Вблизи центра квадратной пластины площадью  $S = 0,5$  м<sup>2</sup>, 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·м<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>. Электрическая постоянная  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Кл<sup>2</sup>/(Н·м<sup>2</sup>).



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 именованной убеждает от дальной точки  
со скоростью  $\sigma + \omega(r-l)$ , а  $-\sigma$  вращается со  $-\sigma$  по  $z$ , т.е.  
вд.  $x^2 + y^2$  плоскости со скоростью  $\sigma$  вдоль оси  $z$ ,  $\omega$  вращает  
 $V_2$  направлена вдоль оси  $z$ , т.е. же куда и скорости именованной  
6 / со.

Ответ:  $\delta = 4,3\%$ ;  $V_1 = 0 \frac{м}{с}$ ;  $V_2 = 12 \frac{м}{с}$  и направлена ~~вд. оси~~  
туда же и скорости вращательного движения в  $\Lambda$  со, т.е.  
вд. оси  $z$ .



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!

Если это вес второго шкотовика  $P_2 = mg$ , а первого составляет  $m_3$  вертикальной проекции  $P_{10} = P_2 = mg$ , а тангенс  $m_3$ -за центробежной силой и горизонтальной проекции  $P_{12} = m\omega^2 r$ ; где  $m$  - масса шкотовика, а  $r$  - радиус кривизны.  $\omega$  - скорость первого шкотовика  $v = \omega r$ , то  $r = \frac{v}{\omega}$ , т.е. полный вес первого шкотовика:

$$P_1 = \sqrt{P_{10}^2 + P_{12}^2} = \sqrt{m^2 g^2 + m^2 \omega^4 \frac{v^2}{\omega^2}} = m \sqrt{g^2 + \omega^2 v^2}$$

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

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

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

т.е. вес второго шкотовика меньше веса первого на:

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

т.е. система отсчета второго шкотовика движется с  $v$  вдоль оси  $y$ , и ее скорость, то  $U_1 = v - v = 0$ . А т.к. система

отсчета первого шкотовика движется с  $v$  вдоль оси  $y$ ,

движется по касательной окружности, то скорость второго шкотовика 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  $x''_{O_2 y''}$  в точке  $O$ , движется со скоростью  $\omega(r+L)$  против оси  $y$



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!

$$100 \text{ см}^2 - 100 \text{ см}^2 \cdot \frac{1}{10} = 90$$

Дискриминант квадратного уравнения равен:

$$D = 100^2 - 4 \cdot 100 \cdot 9 = 100(100 - 36) = 102 \cdot 8^2 = 64^2$$

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

т.к.  $\text{см}^2 = \frac{9}{10} \rightarrow \text{см}^2 = \frac{3}{5}$  и  $\text{см}^2 = \frac{1}{10} \rightarrow \text{см}^2 = \frac{1}{10}$ ; корни

когда  $\text{см}^2 < 0$  не рассматриваем, так как  $0 < \beta \leq 90^\circ$  (рассмотрим не полную картину)

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

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

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

Теперь рассмотрим второй корень  $\text{см}^2 = \frac{1}{10}$ :

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

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

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

Ответ:  $v_0 = 24 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ ;  $S = 64 \text{ см.}$  ;  $S_{\max} = 288 \text{ см.}$



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 модуль полного перемещения тела за время  $\alpha$ :

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

11.6. Время полета произвольного осколка, который упадет на

землю:  $t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g \cos \alpha}$ , но ~~нужно~~ рассмотреть и ~~какой~~ <sup>угол</sup> ~~угол~~

~~не~~ ~~глубину~~ ~~осколка~~ от точки разрыва ~~рабиса~~:

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

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

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

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

Возьмем произвольную функцию  $S(\alpha)$  и представим ее кратно,

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

Итак:

$$S'(\alpha) = \frac{2v_0^2}{g \cos^3 \alpha} (\cos \alpha (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) + 2 \sin \alpha \cos \alpha \sin \alpha) = 0$$

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

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

$$2 \sin \alpha \cos \alpha = 3(2 \sin^2 \alpha - 1)$$

$$4 \sin \alpha \cos \alpha - 6 \sin^2 \alpha = 3(4 \sin^2 \alpha - 4 \sin \alpha \cos \alpha - 1)$$

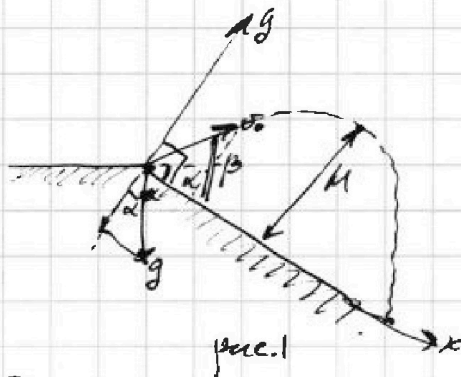


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\sin \alpha = 0,6 \Rightarrow \frac{3}{5}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5} = 0,8$$

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

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

$$N = m g \cos \beta \cdot \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{g \cos \alpha} = \frac{g \cos \beta \cdot v_0^2 \sin^2 \beta}{g \cos \alpha}$$

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

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

а макс.:

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

$$v_0 = \sqrt{2 g N \cos \alpha} = \sqrt{20 \cdot 9,8 \cdot 0,8} = \sqrt{4 \cdot 3 \cdot 9,8} = \sqrt{4 \cdot 3 \cdot 10 \cdot 3} = 2 \cdot 3 \cdot 4$$

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

Если  $\sin \beta$  — перемещение дробного осколка по оси  $y$ :  $\delta y = 0$ , а по оси  $x$ :

$$\delta x = g \sin \alpha \cdot \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2 g \cos \alpha} = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2 g} = \frac{24^2}{2 \cdot 9,8} \cdot \frac{0,8}{0,62} = \frac{24^2}{20} \cdot \frac{4}{5} = \frac{4}{25}$$

$$\delta x = \frac{24 \cdot 24}{5} \cdot \frac{1,8}{9} = \frac{24^2}{9} = 64 \text{ м.}$$



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
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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!

~~Полагая  $\rho \propto \sqrt{r}$ , то:~~ Тогда, м.к  $\rho \propto \sqrt{r}$ , то:

$$m = \frac{\rho}{r} = \sqrt{\frac{\rho}{r}} = \frac{3}{2} = 1.5$$

А м.к  $\Delta U = \frac{3}{2} \rho r (2 - 1) = 3A^2 = -3A$ , то по первому закону термодинамики:

укажем:

$$Q' = -A + \Delta U = -4A$$

т.е. было отведено кол-во тепла  $Q = Q' = 4A$ ;

$$Q = 4 \cdot \frac{5}{27} U_0 = \frac{20}{27} \cdot \frac{500}{27} = 200 \cdot 20 = 4000 \text{ Дж} = 4 \text{ кДж}$$

Ответ:  $m = 1.5$ ;  $Q = 4 \text{ кДж}$ .









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  $dt$ , скорость увеличится на  $dV = a dt$ , где

$V$  - скорость шара в данный момент времени, а также  $dV = a dt$ ,

$$\text{тогда } a dt = \frac{dV}{dt}$$

$$dS = V \cdot \frac{dV}{a}$$

$$\frac{a}{V} = \frac{dV}{dS}$$

В начальной точке, когда  $S = 0$ ,  $V = 1,5 \frac{m}{c}$ , тогда  $\left(\frac{dV}{dS}\right)_0 = \frac{4-1,5}{1} = 2,5 \frac{1}{c}$ ,

тогда  $a = \left(\frac{dV}{dS}\right)_0 \cdot 2 \cdot 1,5 = 2,5 \cdot 2 \cdot 1,5 = 7,5 \frac{m}{c^2}$ . Если тело  $a = g$  тогда  $g = 7,5 \frac{m}{c^2}$ ,

а после столкновения шара (время равно  $0,2$  с)  $a =$

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

Тогда  $a' = g + k g$ , где  $k =$  коэффициент:

$$k g = \frac{a' - a}{g} = \frac{6 - 7,5}{7,5} = 1,125$$

Значит  $k = 1,125$ . Если  $k = 1,125$ , то  $k = 1,125$

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

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

где  $m$  - масса шара.

Ответ:  $a = 7,5 \frac{m}{c^2}$ ;  $k = 1,125$ .



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 пластинку можно представить в виде бесконечно  
и плоскости с равномерно распределенным зарядом  ~~$\sigma = \frac{Q}{S}$~~   $\sigma = \frac{Q}{S}$ . Тогда

пластинки как напряженность поля  $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$ , тогда сила

взаимодействия (электрического) заряда и пластинки такая:

$$F_1 = Eq_2 = \frac{Qq_2}{2\epsilon_0 S} = \frac{8 \cdot 10^{-9} \cdot 3,54 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 0,5 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ Н.}$$

Так как постоянная диэлектрика  $\epsilon = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ , то  $F_2 = \frac{2q_1 q_2}{S}$ , тогда

по аналогии для гравитационного взаимодействия  $F_2 = m \sigma_K \frac{2q_1}{S}$ ,

где  $\sigma_K = \frac{K}{S}$  - поверхностная плотность пластинки, т.е.:

$$F_2 = \frac{2q_1 m K}{S} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 4 \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{0,5} = 4 \cdot 3,14 \cdot 6,67 \cdot 12 \cdot 10^{-14} \text{ Н}$$

$$F_2 = 20,4438 \cdot 152 \cdot 10^{-14} = 3925,286 \cdot 10^{-14} = 3,9 \cdot 10^{-12} \text{ Н.}$$

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!



$$F_0 = \frac{G m a k l_i}{r^2 a^2}$$

$$\begin{array}{r} 2,5 \\ + 1,5 \\ \hline 2,5 \\ \hline 5,75 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 576 \overline{) 9} \\ 54 \phantom{0} \\ \hline 26 \phantom{0} \\ -20 \phantom{0} \\ \hline 60 \phantom{0} \\ -60 \phantom{0} \\ \hline 0 \end{array}$$

$$F_{yi} = \frac{G m a k l_i}{r^2 a^2} \cdot \frac{d}{\sqrt{r^2 a^2}} = \frac{G m a k l_i d}{(r^2 a^2)^{3/2}}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ + 30 \\ \hline 54 \\ \hline 576 \end{array}$$

$$F_{yi} = \frac{G m d \cdot \sigma \cdot \pi r a^2}{(r^2 a^2)^{3/2}} = G m d \cdot \sigma \cdot \frac{\pi a r}{(r^2 a^2)^{3/2}}$$

$$\begin{array}{r} 1000 \\ 5400 \overline{) 2700} \end{array}$$

$$z = r^2 a^2$$

$$dz = 2 r a^2 dr = 0$$

$$dz = \frac{2 r a^2}{g \sigma \pi} \cdot \text{imp dy} (\alpha - \beta)$$

$$r a^2 = \frac{dz}{2}$$

$$\begin{array}{r} 2,5 \\ + 1,5 \\ \hline 2,5 \\ \hline 5,75 \end{array}$$

$$dF_y = G m d \cdot \sigma \cdot \frac{\pi a r}{z^{3/2}} = G m d \cdot \sigma \cdot \frac{\pi a}{z^{3/2}} \cdot \left( \frac{-2}{z^{1/2}} \right) dz$$

$$F_y = \frac{2 G m d \cdot \sigma \cdot \pi a}{z^{1/2} - z_0^{1/2}} = \frac{-2 G m d \cdot \sigma \cdot \pi a}{\frac{-2}{\sqrt{z_0}} + \frac{2}{z}} = 2 G m d \cdot \sigma \cdot \pi a$$

$$dF_y = \frac{G m \cdot \sigma \cdot \pi r a^2}{r^2 a^2} \cdot \frac{d}{\sqrt{r^2 a^2}} = \frac{2 G m \sigma \pi a r}{(r^2 a^2)^{3/2}}$$

$$z = r^2 a^2$$

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

$$dz = 2 r a^2 dr = 0$$

$$dF_y = \frac{2 G m d \cdot \sigma \cdot \pi a r}{z^{3/2}} = G m d \cdot \sigma \cdot \frac{2 \pi a r}{z^{3/2}}$$



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!

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

$$\frac{28,32 \cdot 10^{-16}}{8,85 \cdot 10^{-12}} = \frac{28,32}{8,85} \cdot 10^{-6} = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

~~28,32~~

$$\begin{array}{r} 9 \overline{) 0,049} \\ \underline{-90} \\ 826 \\ \underline{-640} \\ 186 \\ \underline{-180} \\ 60 \end{array} \quad \begin{array}{r} 2832 \overline{) 885} \\ \underline{-2832} \\ 1770 \\ \underline{-1770} \\ 0 \end{array}$$

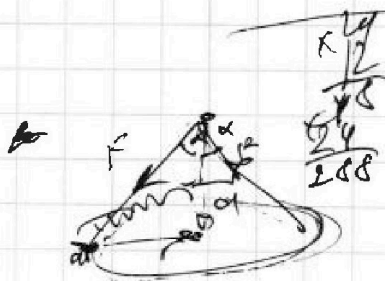
$$\begin{array}{r} \times 16 \\ 12 \\ \hline 192 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 8,67 \\ 3,14 \\ \hline 28668 \\ 667 \\ \hline 2001 \\ \hline 20,9438 \end{array}$$

~~20,4438~~

$$\begin{array}{r} \times 265 \\ 3 \\ \hline 2655 \\ \hline 2655 \\ \hline 0777 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 2,0000 \\ 20,4438 \\ \hline 15360000 \\ + 20443800 \\ \hline 352520960000 \end{array}$$



$z = \text{rad}$   
 $z = (\text{rad})^2$   
 $dz = 2(\text{rad})^{1/2} \cdot \text{rad}$

$$F = \frac{4\pi r^2 h}{r^2 + h^2}$$

$$F_z = \frac{4\pi r^2 h}{r^2 + h^2} \cdot \frac{d}{\sqrt{r^2 + h^2}} = \frac{4\pi r^2 h d}{(r^2 + h^2)^{3/2}}$$

$$F_{zi} = \frac{4\pi r^2 h d}{(r^2 + h^2)^{3/2}} = 4\pi r^2 h d \cdot \frac{\text{rad}}{(r^2 + h^2)^{3/2}} = 4\pi r^2 h d \cdot \frac{1}{r^2 + h^2}$$

$$F_{zi} = 4\pi r^2 h d \left( -\frac{2}{\sqrt{r^2 + h^2}} + \frac{2}{\sqrt{r^2 + h^2}} \right) \Big|_{r=0}^{\infty} = \frac{4\pi r^2 h d}{r^2 + h^2} = 4\pi r^2 h d$$

$$\begin{array}{r} 13 \overline{) 50} \\ \underline{-39} \\ 110 \\ \underline{-104} \\ 60 \\ \underline{-52} \\ 80 \\ \underline{-78} \\ 20 \end{array}$$