



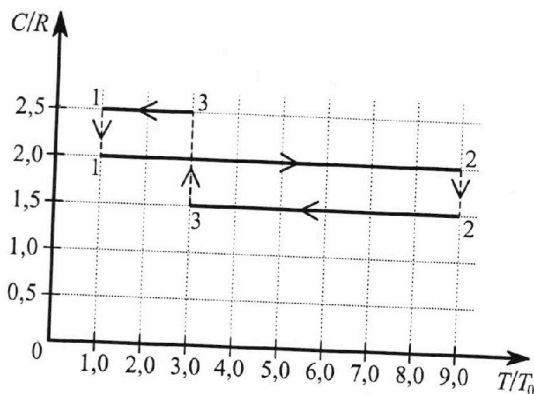
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 5$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 300$ К.

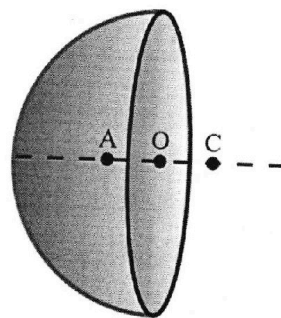


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 400$ кг за $N = 20$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К). Считайте, что в каждом цикле половина работы газа за цикл преобразуется в полезную работу подъемника.

5. По поверхности закреплённой диэлектрической полусферы однородно распределен заряд Q . Точки А, О, С находятся на оси симметрии (см. рис.). Точка О удалена от всех точек полусферы на расстояние R . Из точки А стартовала с нулевой начальной скоростью частица, масса которой m , заряд q . Частица движется по прямой АС и на большом по сравнению с R расстоянии от точки О кинетическая энергия частицы равна K .



1. Найдите скорость V_O частицы в точке О. Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость V_C частицы в точке С. Точки А и С находятся на неизвестных равных расстояниях от точки О.

Эффекты, связанные с поляризацией диэлектрика, считайте пренебрежимо малыми. Скорость частицы в любой точке траектории мала по сравнению со скоростью электромагнитных волн в вакууме.



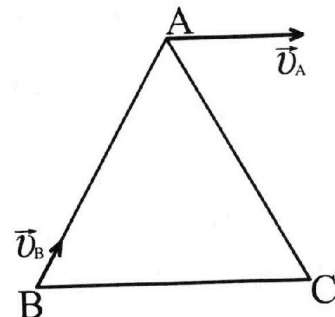
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Вырезанную из однородного листа металла пластину в форме равноностороннего треугольника ABC (см. рис.) положили на гладкую горизонтальную плоскость и толкнули. Пластина пришла в движение. В момент $t=0$ оказалось, что скорость $\vec{v}_B$ вершины B направлена вдоль стороны BA и по величине равна $v_B = 0,4$ м/с, а скорость $\vec{v}_A$ точки A параллельна стороне BC. Длины сторон треугольника $a = 0,4$ м.



1. Найдите модуль v_A скорости вершины A.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит один оборот?

Пчела массой $m = 120$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины C.

3. Найдите модуль R равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы пренебрежимо мала по сравнению с массой пластины.

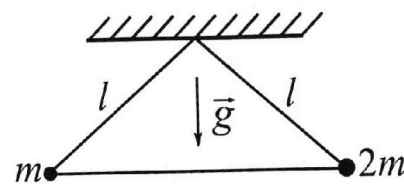
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

1. На какой высоте H разорвался фейерверк, если известно, что на высоте $h = 14,2$ м фейерверк летел со скоростью $V = 6$ м/с? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На мак симальной высоте H фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 20$ м/с. Направление вектора $\vec{V}_0$ скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

2. Найдите максимальное расстояние $L_{\max}$ между осколками после падения осколков на горизонтальную площадку.

3. Два шарика с массами $m = 90$ г и $2m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарик скреплен с легким стержнем длины $L = 1,6l$. Систему удерживают так, что шарик находится на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_2$ ускорения шарика массой $2m$ сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.

2. Найдите модуль a_2 ускорения шарика массой $2m$ сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.



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!

$$\text{Тогда } \omega_{\text{вр}} = \frac{v_{\text{сг}}}{OA} = \frac{0,4 \text{ м/с} \cdot \sqrt{3}}{0,4 \text{ м}} = \sqrt{3} \text{ рад/с}.$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{3}} \text{ с}$$

При переходе в ИСО масса мусси не меняется, $m \ll M_{\text{ИСО}} \Rightarrow$ масса на движение не влияет.

Найдём ускорение точки С в С.И.С.

$\vec{a} = \omega^2 \vec{r}$ — равномерное движение по окружности $OC = OA = OB = \frac{a}{\sqrt{3}}$ — в-во р/с тр-ка.

$$|\vec{a}| = \omega^2 \cdot \frac{a}{\sqrt{3}} = 3 \text{ рад}^2/\text{с}^2 \cdot \frac{0,4 \text{ м}}{\sqrt{3}} = 0,4\sqrt{3} \text{ м/с}^2$$

$$F = ma = 120 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4\sqrt{3} = \underline{\underline{48\sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ Н}}}.$$

Ускорение зависит только от траектории, поэтому ускорение мусси равносильно точке С.



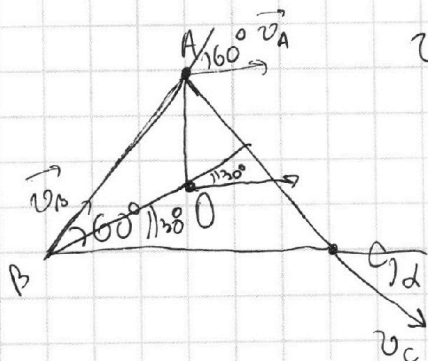
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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!

N1.



$$v_B = 0,4 \text{ м/с} \quad / a = 0,4 \text{ м}$$

Т.к. тело твердое, то

$$|\vec{BA}| = \text{const} \Rightarrow d|\vec{BA}| = 0$$

Поэтому ~~скорость~~ ~~траектория~~

скорости точки отрезка на отрезок симметричен всей точке отрезка. ABC - р/с треугольник $\Rightarrow \angle(\vec{v}_A; \vec{BA}) = 60^\circ$. $v_B = v_A \cdot \cos 60^\circ \Rightarrow v_A = \frac{v_B}{\cos 60^\circ}$

$$v_A = 2 v_B = 0,8 \text{ м/с.}$$

У однородного р/с тр-ка ц.м. лежит в геометрическом центре тр-ка.

Аналогично найдем скорость ц.м.

$$\text{Тр-ция } v_A \text{ на } OA \text{ равна } 0 \Rightarrow \vec{v}_O \uparrow \vec{v}_A$$

$$v_B \cdot \cos 30^\circ = v_O \cdot \cos 30^\circ \Rightarrow v_O = v_B = 0,4 \text{ м/с}$$

Внешних сил в системе нет $\Rightarrow$ центр масс движется равномерно и прямолинейно. В

системе центра масс тело равномерно вращается вокруг центра масс.

$$OA = a \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{a}{\sqrt{3}} - \text{д-во р/с тр-ка.}$$

$$\text{В с.ц.м. } v_{A'} = \vec{v}_A - \vec{v}_O = 0,4 \text{ м/с, пер-по } OA.$$



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!

N2.

Скорание топлива мгновенно, сопротивление воздуха мало, поэтому фейерверк летит под действием только потенциальной силы $m\vec{g}$. Введем $E_n = 0$ у поверхности земли.

$E_{n0} + E_{k0} = E_n + E_k$. В начале высоты максимальной $\Rightarrow$ скорость равна 0.

$$mgh + \frac{mV^2}{2} = mgh + \frac{mV^2}{2} \Rightarrow H = h + \frac{V^2}{2g} = 14,2 + \frac{36}{20} = 16 \text{ м.}$$

~~= 16 м.~~ При взрыве импульс фейерверка равен 0, поэтому один осколок летит ~~со~~ со скоростью $\vec{V}_0$, а другой с $-\vec{V}_0$, т.е. они имеют одинаковую массу.

Пусть $\vec{V}_0$ имеет α с гориз-том, а $-\vec{V}_0$ направлено $-\alpha$ с гориз-том.

Уравнение движения для осколков:

$$y = H + v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}, y_{\text{кон}} = 0$$

$$x = v_0 \cos \alpha t.$$

$$\frac{gt^2}{2} - v_0 \sin \alpha t - H = 0 \quad \text{выразим время.}$$

$$\Delta = v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH > (v_0^2 \sin^2 \alpha)$$



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



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!

Время полета равно, если выстрелить со скоростью v_0 под углом α и $90^\circ - \alpha$. Тогда время $t = \frac{v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$.

$$t = \frac{v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} \Rightarrow$$

$$t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g},$$

$$t_2 = \frac{v_0 \sin(-\alpha) + \sqrt{v_0^2 \sin^2(-\alpha) + 2gH}}{g} = \frac{-v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$X = v_0 \cos \alpha t, \cos(-\alpha) = \cos \alpha \Rightarrow L_{\max} = X_1 + X_2 =$$

$$= v_0 \cos \alpha (t_1 + t_2) = \frac{2v_0 \cos \alpha}{g} \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}$$

Чтобы максимизировать $L_{\max}$.

$y = x^2$ на $[0; +\infty) \Rightarrow$ можно максимизировать $L_{\max}^2$.

$$L_{\max}^2 = \frac{v_0^4}{g^2} \left(4 \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha + \frac{8gH}{v_0^2} \cos^2 \alpha \right)$$

$$\text{Внутреннее } (L_{\max}^2)'_{\alpha} = 0$$

$$\left(\sin^2 2\alpha + \frac{8gH}{v_0^2} \cos^2 \alpha \right)'_{\alpha} = 0$$

$$2 \sin 2\alpha \cos 2\alpha \cdot 2 + \frac{8gH}{v_0^2} \cdot 2 \cos \alpha \cdot (-\sin \alpha) = 0$$

$$4 \sin 2\alpha \cos 2\alpha = \frac{8gH}{v_0^2} \sin 2\alpha$$



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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

Преобразуем равенство 0, если $\sin 2\alpha = 0$ или

$$\cos 2\alpha = \frac{2gH}{v_0^2} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 16}{400} = \frac{4}{5}$$

При этом $\alpha \in [0; \frac{\pi}{2}]$.

$$\sin 2\alpha = 0 \Rightarrow 2\alpha = \pi k \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{2} \cdot k$$

$$\cos 2\alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{\frac{1 + \cos 2\alpha}{2}} = \frac{3}{\sqrt{10}} \quad \sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{10}} = \frac{1}{\sqrt{10}}$$

При $\alpha = \frac{\pi}{2}$ бросок вверх и вниз $\Rightarrow L = 0$ — не максимум.

$$L = \frac{2v_0 \cos \alpha}{g} \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}$$

$$L(0) = \frac{2v_0}{g} \sqrt{2gH} = 2 \cdot 20 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 16}{10}} = \frac{160}{\sqrt{5}} \text{ м}$$

$$L\left(\arcsin\left(\frac{1}{\sqrt{10}}\right)\right) = \frac{2 \cdot 20 \cdot 3}{10 \cdot \sqrt{10}} \cdot \sqrt{400 \cdot \frac{1}{10} + 2 \cdot 10 \cdot 16} =$$

$$= \frac{12}{\sqrt{10}} \cdot \sqrt{40 + 320} = 12 \cdot \sqrt{\frac{360}{10}} = 12 \cdot 6 = 72 \text{ м}$$

$$\left(L(0)\right)^2 = \frac{160^2}{5} = \frac{25600}{5} = 5120$$

$$72^2 = \begin{array}{r} \times 72 \\ 72 \\ \hline 144 \\ + 504 \\ \hline 5184 \end{array} = 5184 > 5120$$

$$\Rightarrow \underline{L_{\max} = 72 \text{ м.}}$$

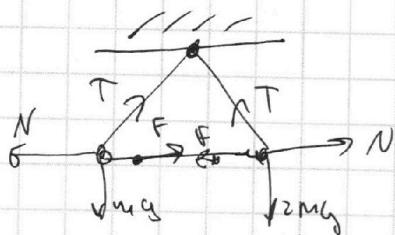


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 2

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



№3.

В начале кисти „сжимают“ стержень, после отпущения он не пойдёт равно тянуть и себе шары, поэтому шарик $2mg$ будет

гнаться вниз и привязанный к нему кисть останется катящейся $\Rightarrow$ шарик будет гнаться по окружности с центром в точке контакта и радиусом l .

При движении по окружности ускорение состоит из нормального $a_n = \frac{v^2}{l}$ и тангенциального $a_\tau = \frac{d|\vec{v}|}{dt}$. В начале шары покоились, после отпущения они не ускорятся мгновенно $\Rightarrow \frac{v^2}{l}$ очень мало, т.е. $v \rightarrow 0$. Тогда ускорение будет только тангенциальное и оно направлено по касательной к траектории, т.е. перпендикулярно кисти.

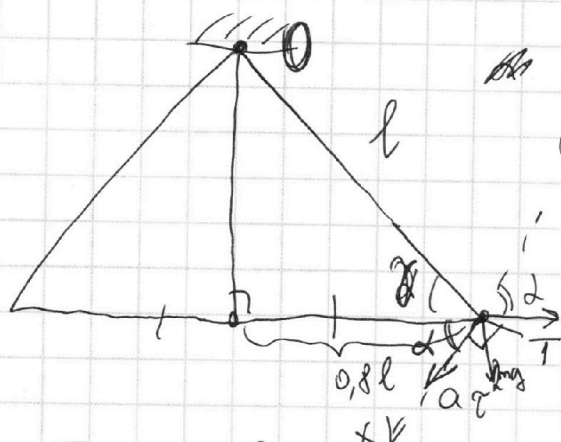


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\cos \alpha = 0,8.$$

Угол между вертикалью и
струной равен $90^\circ - \alpha$, т.е.

$$\sin \alpha = \cos \alpha = 0,8.$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,8^2} = 0,6$$

Точка O - точка крепления нити к потолку.

Ур-е моментов внешних сил отн. Т.О:

$$M_z = M_1 + M_2 = 2mg \cdot 0,8l - mg \cdot 0,8l = 0,8mg l.$$

$$M = I \cdot \varepsilon, \quad I_z = I_m + I_{2m} = ml^2 + 2ml^2 = 3ml^2$$

$$\varepsilon = \frac{M}{I} = \frac{0,8mg l}{3ml^2} = \frac{8g}{30}.$$

$$a_{2m} = \varepsilon \cdot l = \frac{8g}{30} = \frac{8}{3} \text{ м/с}^2.$$

2.3.Н. В предположении на ось, перпендикулярно
нити, для шарика 2м:

$$2ma = 2mg \sin \alpha - T \cos \alpha \Rightarrow$$

$$T = \frac{2m (g \sin \alpha - a)}{\cos \alpha} = \frac{2 \cdot 0,09 \cdot (10 \cdot 0,8 - \frac{8}{3})}{0,6} =$$

$$= \frac{0,18 \cdot 16}{1,8} = 1,6 \text{ Н.}$$



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

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!

ИЧ

Теплоемкость газа на участке не меняется от температуры $\Rightarrow$ все процессы в цилиндре политропические. Ур-е политропы: $PV^\gamma = \text{const}$

$$\gamma = \frac{C - C_p}{C - C_v}, \text{ где } C - \text{теплоемкость процесса,}$$

$$C_p = \frac{5}{2}R \text{ для одноатомного, } C_v = \frac{3}{2}R \text{ для одноатомного.}$$

$$1-2: \gamma = 2, C = 2R \Rightarrow \gamma = \frac{2 - 2,5}{2 - 1,5} = -1$$

$$2-3: C = 1,5R \Rightarrow \gamma = \frac{1,5 - 2,5}{1,5 - 1,5} \rightarrow \infty$$

$$3-1: C = 2,5R \Rightarrow \gamma = \frac{2,5 - 2,5}{2,5 - 1,5} = 0$$

$$1-2: \frac{P}{V} = \text{const} \Rightarrow P = \text{const} \cdot V - \text{прямая пропорциональность.}$$

$$2-3: PV^\infty = \text{const} \Rightarrow \text{изохора.}$$

$$3-1: P = \text{const} \Rightarrow \text{изобара.}$$

температура пропорциональна произведению координат точки на графике $P(V)$.

$$\text{На } 1-2 \quad T_u/T_0 = 9 \Rightarrow P_u/P_0 = V_u/V_0 = 3$$

$$\text{на } 2-3 \quad T_u/T_0 = \frac{1}{3} \Rightarrow P_u/P_0 = \frac{1}{3}$$

$$\text{на } 3-1 \quad T_u/T_0 = \frac{1}{3} \Rightarrow V_u/V_0 = \frac{1}{3}$$

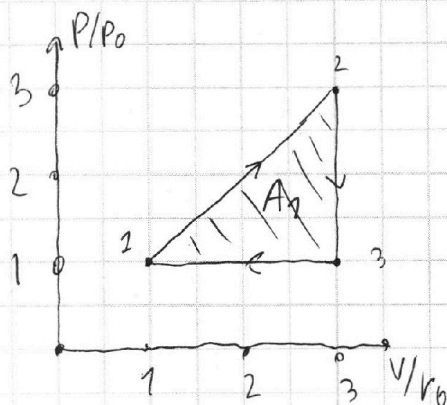


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\begin{aligned} \rho R T_0 &= P_0 V_0 \Rightarrow P_0 V_0 = 5,831 \cdot 300 = \\ &= 15,831 = 12465 \text{ Дм} \end{aligned}$$

A_1 - площадь под графиком

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{1}{2} \cdot 2 P_0 \cdot 2 V_0 = 2 P_0 V_0 = \\ &= 24930 \text{ Дм} \end{aligned}$$

$$\eta = 0,5; \quad A_{\text{возд}} = N A_1 \quad // \quad A_{\text{полезная}} = M g H$$

$$2 \cdot N \cdot A_1 = M \cdot g H \Rightarrow H = \frac{\eta \cdot N \cdot A_1}{M g} = \frac{10 \cdot 24930}{4000}$$

$$H = 62,325 \text{ м.}$$



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 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!

№5

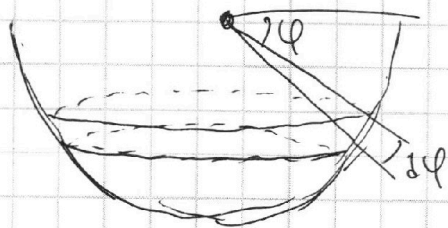
Пусть $AO = OC = d$. Посчитаем потенциалы точек A, O, C, считая $\varphi_\infty = 0$.

Т.к. ~~для~~ зарядка естественная от сферы, то q и Q одного знака, пусть они "+".

Для потенциалов работает принцип суперпозиции. В точке O: $d\varphi = \frac{k \cdot dQ}{R}$

Потенциал от малого участка сферы пропорционален заряду участка $\Rightarrow \varphi_0 = \frac{kQ}{R} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$

Зададим сферу на полоске по $d\varphi$:



Заряд этой полоски равен $\frac{dS}{4\pi R^2} \cdot Q$, т.к. площадь поверхности $4\pi R^2$.

$$dS = 2\pi R \cos\varphi \cdot R \cdot d\varphi$$

Т.к. A и C на оси симметрии сферы, то расстояние от них до каждой точки такого кольца одинаково, пусть оно равно r. Снова посчитаем φ_A .

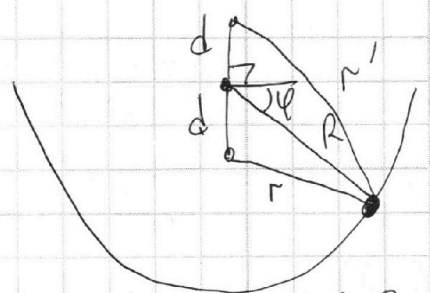


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



$$r^2 = d^2 + R^2 - 2Rd \sin \varphi$$

$$d\varphi_A = \frac{k dQ}{r}$$

$$d\varphi_A = \frac{k \cdot \cos \varphi d\varphi \cdot Q}{\sqrt{d^2 + R^2 - 2Rd \sin \varphi}}$$

$$\varphi_A = \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\varphi_A(\varphi)$$

Аналогично считаем в Т.С.

$$r'^2 = d^2 + R^2 - 2Rd \cos(\varphi + 90^\circ) =$$

$$= d^2 + R^2 + 2Rd \sin \varphi.$$

Отвечая на вопрос 1. $\varphi_0 = \frac{kQ}{R}$

Епот ~~в~~ в точке O равна $\varphi_0 \cdot q$

$E_{пот} + E_k = \text{const}$; на расстоянии $E_{пот} + E_k = K$

$$\frac{kq \cdot Q}{R} + \frac{mV_0^2}{2} = K \Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{2KR - 2kqQ}{mR}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2k}{m} - \frac{2qQ}{4\pi\epsilon_0 Rm}}.$$

Анализируя, в этих интегралах проще по вертикали, чем по горизонтали.

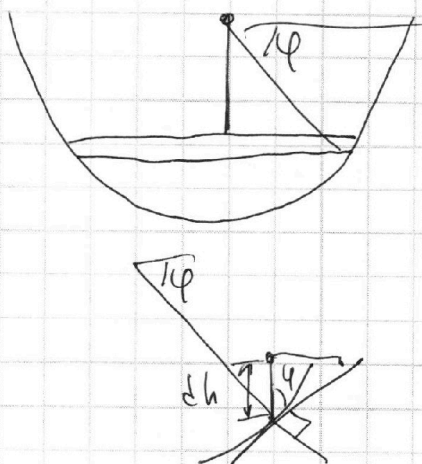


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



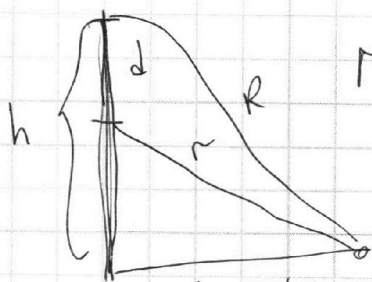
Разбиваем сферу на
элементы высотой dh .

$$dS = 2\pi R \cdot \cos \varphi \cdot dl$$

$$\text{но } dl = \frac{dh}{\cos \varphi}$$

$$dS = 2\pi R dh.$$

$$dQ = \frac{dS}{2\pi R^2} Q = \frac{dh}{R} \cdot Q$$



$$r^2 = (h-d)^2 + (R^2 - h^2) =$$

$$= R^2 - 2hd + d^2$$

$$d\varphi = \frac{k \cdot dQ}{k \cdot dh \cdot Q} = \frac{R \sqrt{R^2 + d^2 - 2hd}}{R} \cdot \frac{dh}{\sqrt{R^2 + d^2 - 2hd}}$$

$$\varphi = \int_0^R d\varphi(h) = \frac{kQ}{R} \int_0^R \frac{dh}{\sqrt{R^2 + d^2 - 2hd}}$$

$$F(h) = R^2 + d^2 - 2hd$$

$$\frac{dF(h)}{dh} = -2d \Rightarrow d\varphi = - \frac{dF(h)}{2d}$$

$$\varphi = \frac{-kQ}{R \cdot 2d} \int_0^R \frac{d(R^2 + d^2 - 2hd)}{\sqrt{R^2 + d^2 - 2hd}}$$

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!

$$R^* = f(R) = (R-d)^2$$

$$0^* = f(0) = R^2 + d^2$$

$$\varphi_A = \frac{-kQ}{2Rd} \int_{R^2+d^2}^{(R-d)^2} \frac{dx}{\sqrt{x}} = \frac{-kQ}{2Rd} (R-d - \sqrt{R^2+d^2})$$

$$\left(\int \frac{dx}{\sqrt{x}} = 2\sqrt{x} + C \right)$$

$$\varphi_A = \frac{kQ}{Rd} (d + \sqrt{R^2+d^2} - R) = \frac{Q(d + \sqrt{R^2+d^2} - R)}{4\pi\epsilon_0 R d}$$

$$\varphi_A = 0 \Rightarrow \varphi_A \cdot Q = 0$$

Из этого можно выразить d .

Проведем аналогичные рассуждения для C .

Отметим, что $r^2 = (h+d)^2 + (R^2-h^2)$.

$$r^2 = R^2 + 2hd + d^2$$

$$d\varphi = \frac{k d Q}{r} = \frac{k \cdot dh \cdot Q}{R \sqrt{R^2 + d^2 + 2hd}}$$

$$F(h) = R^2 + d^2 + 2hd$$

$$\frac{dF(h)}{dh} = 2d \Rightarrow dh = \frac{dF(h)}{2d}$$



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!

$$f(R) = (R+d)^2 \quad f(0) = R^2 + d^2$$

$$\varphi_c = \frac{kQ}{R} \cdot \frac{1}{2d} \cdot \int_{R^2+d^2}^{(R+d)^2} \frac{dx}{\sqrt{x}} = \frac{kQ}{4Rd} (R+d - \sqrt{R^2+d^2})$$

Заметим, что

$$\left. \begin{aligned} \varphi_c &= \frac{kQ}{R} - \frac{kQ}{Rd} (\sqrt{R^2+d^2} - d) \\ \varphi_A &= \frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{Rd} (\sqrt{R^2+d^2} - d) \\ \varphi_0 &= \frac{kQ}{R} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\varphi_c = \varphi_0 - a \Rightarrow a = \varphi_0 - \varphi_c$$

$$\varphi_A = \varphi_0 + a \Rightarrow a = \varphi_A - \varphi_0$$

$$\varphi_A = \frac{K}{q} (q_{\text{пол}} - q_0 \text{ на с.р. } \varphi), \quad \varphi_0 = \frac{kQ}{R}$$

$$\varphi_c = \frac{2kQ}{R} - \frac{K}{q} = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 R} - \frac{K}{q}$$

$$\varphi_c \cdot q + \frac{mv_c^2}{2} = K \Rightarrow \frac{mv_c^2}{2} = 2K - \frac{Qq}{2\pi\epsilon_0 R}$$

$$v_c = \sqrt{\frac{4K}{m} - \frac{Qq}{\pi\epsilon_0 Rm}}$$



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.

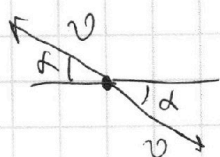
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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!

2. $\cos \alpha \sqrt{\sin^2 \alpha + b} = \cos \alpha \sqrt{b - \cos^2 \alpha}$ черновики

$x \sqrt{a - x^2} =$ $\varphi_0, \varphi_a, \varphi_c$



$x(t) = ?$

$$0 = H + v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$D = v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH$$

$$t = \frac{v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$x = v \cos \alpha t = \frac{2v \cos \alpha}{g} \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}$$

$$\sqrt{4v_0^2 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + 8gh \cos^2 \alpha}$$

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

$$(\sin^2 \alpha + a \cos^2 \alpha)' = 0$$

(0) об.

$$\varphi_0 = \sum \alpha \text{ max}$$

$$\sin^2 2\alpha = 2 \sin 2\alpha \cdot \cos 2\alpha \cdot 2$$

$$\begin{array}{r} \times 837 \\ 5 \\ \hline 4155 \\ + 8370 \\ \hline 72465 \end{array}$$

$$U_{\text{от зарядов}} = \frac{u da}{R}$$

$$\begin{array}{r} \times 72 \\ 72 \\ \hline + 744 \\ 504 \\ \hline 5784 \end{array}$$

$$E_k = 150 \text{ Дж}$$

$$\begin{array}{r} 2493 \overline{) 40} \\ 623 \overline{) 25} \end{array}$$

S_r

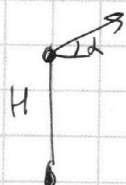


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



$$y: v_y = v_0 \sin \alpha - gt$$

$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = 0 \quad \left(\frac{dv}{dt} \right)$$

$$x = v_0 \cos \alpha t$$

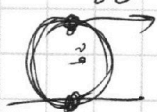
можно.

лучше - правильно.

$$\Phi = v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh$$

$$v = 5 \text{ м/с}$$

$$i = 3$$



$$a = \omega^2 r t = v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh}$$

$$x_1 + x_2 = v_0 \cos \alpha \cdot 2 \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh}$$

$$C(T)$$

$$C(T) = \text{const} \Rightarrow \text{нормальная}$$

$$\gamma = \frac{C - C_p}{C - C_v}$$

- ?

$$C_p = \frac{5}{2} R$$

$$C_v = \frac{3}{2} R$$

$$\left(\frac{dx}{dt} \right) = 0 \text{ экв.}$$

$$7,4 - 0 \text{ экв.}$$

$$\gamma_1 = \frac{2,5 - 2,5}{2,5 - 2,5} = 0$$

$$\gamma_2 = \frac{2 - 2,5}{2,5 - 2,5} = \frac{0,5}{0,5} = 1$$

$$P = \text{const} \Rightarrow P = \alpha V$$

$$m, Q, q \quad | E = K$$

$$V_0 = 0$$

$$0 \text{ экв. (BCT)}$$

$$m, 2m$$

$$l, l, 16l$$

$$M = IE$$

$$T = 2,3, 11$$





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!

Чертежи.

$\int x dx = \frac{1}{2} x^2$

$d\varphi = E \cdot d\ell$

$E(h) \cdot dh$

$E = \frac{k \cdot \cos \varphi \cdot d\varphi \cdot Q}{d^2 + R^2 - 2Rd \sin \varphi}$

$\frac{kQ}{R} \left(1 + \frac{\sqrt{R^2 + d^2} - R}{d} \right)$

$\frac{kQ}{R} \left(1 + \frac{R}{d} - \frac{R^2}{d^2} \right)$

$R^2 = d^2 + R^2 - 2Rd \sin \varphi$

$E_{\text{min}} = \int dE(\varphi)$

$dQ = \frac{dh}{R} \cdot Q$

$dU = \frac{k dh Q}{R \cdot \sqrt{(h+d)^2 + R^2}} = \frac{k dh Q}{R \cdot \sqrt{R^2 - 2hd + d^2}}$

$f(x): f'(x) = \frac{1}{\sqrt{a+x}}$

$\int \frac{1}{\sqrt{x}}$

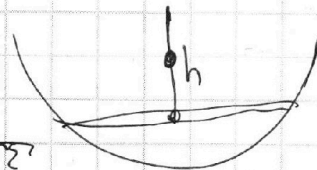
$\frac{dx}{\sqrt{a+x}}$

$\frac{d(a+x)}{\sqrt{a+x}}$

переменная,
номер
условия.

$\frac{1}{n+1} \cdot x^{n+1}$
 $n = -\frac{1}{2}$

может не год.



Уменьше.

уделя.



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!

