



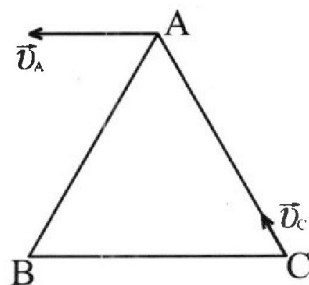
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



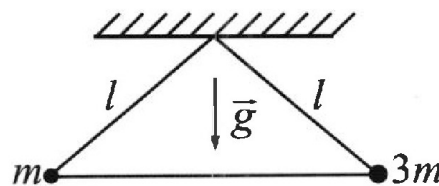
1. Вырезанную из однородного листа металла пластину в форме равностороннего треугольника ABC (см. рис.) положили на гладкую горизонтальную плоскость и толкнули. Пластина пришла в движение. В момент $t = 0$ оказалось, что скорость $\vec{v}_A$ точки A параллельна стороне BC и по величине равна $v_A = 0,4$ м/с, а скорость $\vec{v}_C$ вершины C направлена вдоль стороны CA. Длины сторон треугольника $a = 0,2$ м.



1. Найдите модуль v_C скорости вершины C.
 2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит три оборота?
- Пчела массой $m = 100$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины B.
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. В процессе подъема на высоте $h = 8$ м фейерверк находился через $\tau = 0,8$ с после начала полета.

1. На какую максимальную высоту H поднимается фейерверк? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.
- На максимальной высоте 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 $m = 0,1$ кг и $3m$ 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 $\vec{a}_1$ ускорения шарика массой m сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.
2. Найдите модуль a_1 ускорения шарика массой m 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.



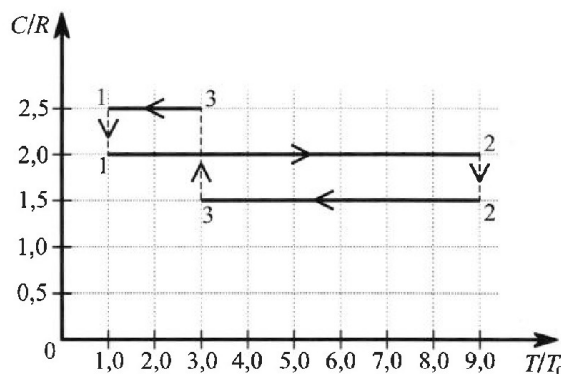
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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



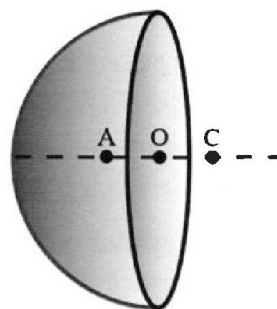
1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какое количество Q_1 теплоты подводится к газу в процессе расширения за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 150 \text{ кг}$ за $N = 10$ циклов тепловой машины?

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$, универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$. Считайте, что в каждом цикле половина работы газа за цикл преобразуется в полезную работу подъемника.

5. По поверхности закрепленной 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 . В точке О частица движется со скоростью V_0 .



1. С какой скоростью V частица движется на большом по сравнению с R расстоянии от точки О? Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость V_C , с которой частица движется 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.



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!

№ 1

- 1) ось x направлена вдоль пр AC в левый угол
пластина из листа металла *несткая*

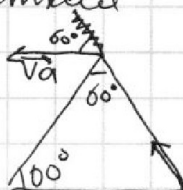
$$\Rightarrow v_{Ax} = v_{Cx}$$

$$v_{Cx} = v_C$$

$$v_{Ax} = v_A \cdot \cos 60^\circ$$

$$v_{Cx} = v_A \cdot \cos 60^\circ = v_C$$

$$v_C = 0,4 \cdot \frac{1}{2} = 0,2 \text{ м/с}$$



- 2) На металлич. пластине не действуют
никакие внешние силы (и M и M_d перпендикулярны
плоскости пластины)
значит по теореме о движении ЦМ (ЦМ)

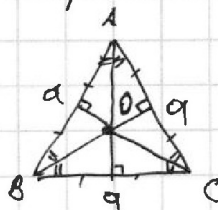
ЦМ движение равномерно прямолинейно

вокруг ЦМ не происходит вращения
(постоянная угловая скорость
т.к. трения нет (поверхность гладкая))

ЦМ пластины находится в центре $\triangle ABC$
— точка O

точка O — ЦМ $\rightarrow$ движение
равномерно прямолинейно
замечим, что $\vec{v}_A \perp AO$

$\Rightarrow$ скорость $\vec{v}_O$ направлена влево параллельно BC



~~$v_{BrA} = v_{BrC}$~~ (вращательные скорости точек
и A и C относительно
воображаемой точки O)
м.п. пластины
имеет постоянную
угловую скорость

пусть ω — угловая скорость вращения пластины
вокруг ЦМ $= \omega$



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!

тогда $\vec{v}_{вр}$

$$\vec{v}_{врA} = \omega \cdot OA$$

$$\vec{v}_{врC} = \omega \cdot OC$$

$\vec{v}_{врA}$ и $\vec{v}_{врC}$ — вращательные скорости точек A и C относительно точки O

$OA = OC$ т.к. $\triangle ABC$ равнобедренный

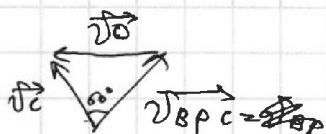
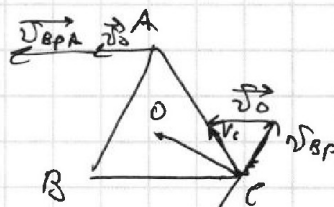
$$\Rightarrow \vec{v}_{врA} = \vec{v}_{врC} = \vec{v}_{вр}$$

пусть скорости Ц.м (точка O) = $\vec{v}_O$
тогда

$$\vec{v}_A = \vec{v}_{врA} + \vec{v}_O$$

$$\vec{v}_{врC} = \vec{v}_C \cdot \cos 60^\circ$$

$$\vec{v}_C = \vec{v}_{врC} + \vec{v}_O$$



$\vec{v}_O \parallel BC$
2 измерения $\vec{v}_C$ и $\vec{v}_{вр} = 60^\circ$
 $\angle BCA = 60^\circ$
 $\Rightarrow$ величина $\vec{v}_C = \vec{v}_{вр} = \vec{v}_O$

$$\vec{v}_O = \vec{v}_C = 0,2 \text{ м/с}$$

$$\vec{v}_{врA} = \vec{v}_A - \vec{v}_O = 0,4 - 0,2 = 0,2 \text{ м/с}$$

$$\omega = \frac{\vec{v}_{врC}}{OC} = \frac{\vec{v}_O}{\frac{a\sqrt{3}}{3}} = \frac{\vec{v}_O}{a} \sqrt{3}$$

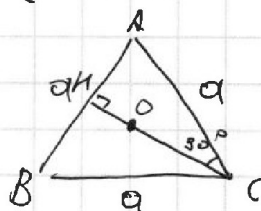
OC из геометрии:
 $OC = \frac{a\sqrt{3}}{3}$

γ — период

$$\gamma = \frac{2\pi \cdot 3}{\omega} = 6\pi : \frac{\vec{v}_O \sqrt{3}}{a} = \frac{6\pi \cdot a}{\vec{v}_O \sqrt{3}}$$

$$\gamma = \frac{6 \cdot 3,14 \cdot 0,2}{0,2 \cdot \sqrt{3}} = 2\sqrt{3} \cdot 3/4$$

$$\gamma = 6,28 \sqrt{3} \text{ с}$$



HC — высота
 $MO \in HC$
 $HO : OC = \frac{1}{2}$

$\triangle ABC$ — равнобедренный

$$HC = a \cos 30^\circ$$

$$OC = \frac{2}{3} HC = \frac{2}{3} a \cos 30^\circ$$

$$OC = \frac{2}{3} \cdot a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{a\sqrt{3}}{3}$$



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
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!

№ 1

3)

м пчела << масса пластин

2) положение ЦМ не изменится

пчела будет иметь такую же скорость как точка В; и сила, действующая на точку В - сила действующая на пчелу.

2) чтобы найти R надо найти $\vec{v}_B$ и $\vec{a}_B$
 $\vec{v}_B$ - скорость центра точки В; $\vec{a}_B$ - ускорение точки В

II 3.11

$$\vec{R} = m \vec{a}_n$$

$\vec{a}_n$ - ускорение пчелы

$$\vec{a}_n = \vec{a}_B$$

$\vec{a}_B$ находим в СО ЦМ

$\vec{a}_B$ в СО ЦМ. точка В вращается с угловой скоростью

2) угловая скорость В

есть угол центра трехгранного ускорения

$$\vec{a}_B = \vec{a}_{yc} = \frac{v_B^2}{OB} = \frac{v_0^2}{OB} = \frac{v_0^2}{a} \sqrt{3} =$$

$OB = OC$ (ABC равносторонний)

$$\vec{a}_B = \omega^2 OB = \left(\frac{v_0 \sqrt{3}}{a} \right)^2 \cdot a \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{v_0^2 \sqrt{3}}{a^2} \cdot \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{v_0^2}{a} \sqrt{3}$$

II 3.11

$$\vec{R} = m \vec{a}_n = m \vec{a}_B$$

$$R = m a_B = m \cdot \frac{v_0^2}{a} \sqrt{3} = 100 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,2^2 \cdot \sqrt{3}}{0,2}$$

$$R = 1 \cdot 10^{-4} \cdot 0,2 \cdot \sqrt{3} = 2\sqrt{3} \cdot 10^{-5} \text{ Н}$$

Ответ

$$v_0 = 0,2 \text{ м/с}; T = 0,28 \sqrt{3} \text{ с}$$

$$R = 2\sqrt{3} \cdot 10^{-5} \text{ Н} = 2\sqrt{3} \cdot 10^{-2} \text{ мН} = 20\sqrt{3} \text{ мкН}$$



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

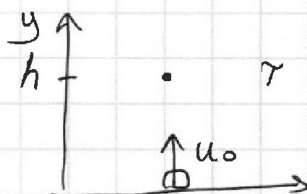
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№2

1) U_0 — начальная скорость детерверна

$$y(t) = U_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

$$y(\tau) = h = U_0 \tau - \frac{g \tau^2}{2} \quad (1)$$



ЗСЖ

$$\frac{M U_0^2}{2} = M g h$$

M — масса детерверна

$$U_0 h = \frac{U_0^2}{2g}$$

из уравнения (1)

$$U_0 = \frac{2}{0,8} + \frac{10 \cdot 9,8}{2} \cdot 10 + 4 = 14 \text{ м/с}$$

$$U_0 \tau = h + \frac{g \tau^2}{2}$$

$$U_0 = \frac{h}{\tau} + \frac{g \tau}{2} = \frac{2h + g \tau^2}{2\tau} = 14 \text{ м/с}$$

$$h = \frac{(2h + g \tau^2)^2}{4\tau^2 \cdot 2g} = \frac{14^2}{2 \cdot 10} = \frac{14 \cdot 7}{10} = \frac{70,28}{10} = 9,8 \text{ м}$$

2) из-за ЗСИ вектора скорости двух осколков

параллельны и противоположно направлены и равны по величине



массы осколков одинаковы

$$m_1 \vec{v}_{01} + m_2 \vec{v}_{02} = 0$$

$$m_1 = m_2$$

$$\Rightarrow \vec{v}_{01} = -\vec{v}_{02}$$

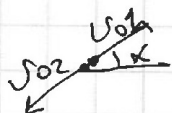
$\vec{v}_{01}$ и $\vec{v}_{02}$ — векторы

скорости 1-ого и 2-ого осколка

пусть α — угол между горизонтальной

и вектором скорости одного

из осколков



$$L = v_{01} \cos \alpha \cdot t_1 + v_{02} \cos \alpha \cdot t_2$$

t_1 и t_2 — время полёта

двух осколков

$$y_1(t) = h + v_{01} \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$$

$$y_2(t) = h + v_{02} \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$$



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
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!

$$y_1(t_1) = 0 \approx H + v_0 \sin \alpha t_1 - g \frac{t_1^2}{2}$$

$$y_2(t_2) = 0 = H + v_0 \sin \alpha t_2 - g \frac{t_2^2}{2}$$

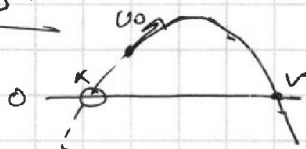
$$t_1^2 - \frac{2v_0 \sin \alpha t_1 - \frac{2H}{g}}{g} = 0$$

$$D = \frac{4v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2} + \frac{8H}{g} = \frac{4v_0^2 \sin^2 \alpha + 8gH}{g^2}$$

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

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

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



$$t_2^2 + \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} t_2 - \frac{2H}{g} = 0$$

$$t_2 = \frac{-\frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \pm \frac{2}{g} \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{2} \quad t_2 > 0 \Rightarrow +\sqrt{D}$$

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

$$L = v_0 \cos \alpha t_1 + v_0 \cos \alpha t_2 = v_0 \cos \alpha (t_1 + t_2)$$

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

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



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!

$$L^2 = \frac{4v_0^2 \cos^2 \alpha}{g^2} \cdot (v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH)$$

$$\cos^2 \alpha = 1 - \sin^2 \alpha$$

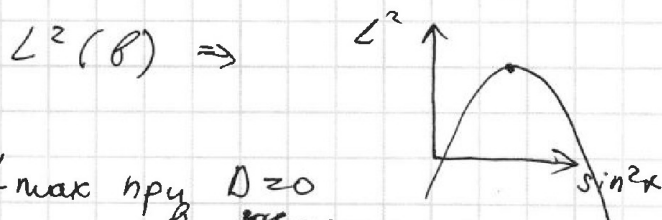
$$L^2 = \frac{4v_0^2}{g^2} (v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH) - \frac{4v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2} (v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH)$$

$$L^2 = \frac{4v_0^4 \sin^2 \alpha}{g^2} + \frac{8gHv_0^2}{g^2} - \frac{4v_0^4 \sin^4 \alpha}{g^2} - \frac{8gHv_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2}$$

$$L^2 = -\frac{4v_0^4 \sin^2 \alpha}{g^2} + \sin^2 \alpha \left(\frac{4v_0^4}{g^2} + \frac{8gHv_0^2}{g} \right) + \frac{8gHv_0^2}{g^2}$$

пусть $\sin^2 \alpha = b$

$$L^2 = -\frac{4v_0^4}{g^2} b^2 + \frac{4v_0^4 + 8gHv_0^2}{g^2} b + \frac{8gHv_0^2}{g}$$



$L_{\max}$ при $D=0$

ищем экстремум $L^2(\sin^2 \alpha)$

$$0 = -\frac{4v_0^4}{g^2} b^2 + \frac{4v_0^4 + 8gHv_0^2}{g^2} b + \frac{8gHv_0^2}{g} \quad | \cdot (-\frac{g^3}{4v_0^4})$$

$$b^2 - \frac{v_0^2(v_0^2 + 2gH)}{4v_0^4} b - \frac{8gHv_0^2}{g} \cdot \frac{g^2}{4v_0^4}$$

$$b^2 - \frac{v_0^2 + 2gH}{v_0^2} b - \frac{2Hg}{v_0^2} = 0$$

$$D = \left(\frac{v_0^2 + 2gH}{v_0^2} \right)^2 + \frac{8gH}{v_0^2} = 0$$



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!

$$D=0$$

$$\frac{(v_0^2 + 8gH)^2 - 8gHv_0^2}{v_0^4} = 0 \quad | \cdot v_0^4 \neq 0$$

$$v_0^2 + 8gH \quad v_0^4 + 16gHv_0^2 + 64g^2H^2 - 8gHv_0^2 = 0$$

$$v_0^4 + 8gHv_0^2 + 64g^2H^2 = 0$$

$$L^2 = -\frac{4v_0^4}{g^2}b^2 + \frac{4v_0^4 + 8gHv_0^2}{g^2}b - \frac{8Hv_0^2}{g}$$

$$X_B = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{-(4v_0^4 + 8gHv_0^2)}{g^2} \pm \frac{-8Hv_0^2}{g^2}$$

$$X_B \approx \frac{4v_0^4 + 8gHv_0^2}{8v_0^4} \approx \frac{4v_0^2(v_0^2 + 2gH)}{8v_0^4} \approx \frac{v_0^2 + 2gH}{2v_0^2}$$

$$X_B = \sin^2 \alpha$$

$\sin \alpha > 0$
угол отсчитываем

$$\sin \alpha = \sqrt{\frac{v_0^2 + 2gH}{2v_0^2}} = \sqrt{0,745}$$

$$\frac{20^2 + 2 \cdot 10 \cdot 9,8}{2 \cdot 20^2} = \frac{1}{2} + \frac{9,8}{20^2} = 0,5 + \frac{49}{2 \cdot 10^2} = 0,5 + \frac{24,5}{100} =$$

$$9,8 : 2 = 4,9 + 4,9 = 9,8$$

$$49 : 2 = 24,5$$

$$= 0,5 + 0,245 = 0,745$$

$$9,8 \cdot 2 = 19,6$$

$$\begin{array}{r} 185 \cdot 85 \\ 85 \\ \hline 1525 \\ 1425 \\ \hline 4665 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 80 \\ 85 \\ \hline 425 \\ 680 \\ \hline 2225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 745 \\ 5 \\ \hline 27 \\ 45 \end{array}$$

$$L^2(X_B) = -\frac{4v_0^4}{g^2} \cdot \left(\frac{v_0^2 + 2gH}{2v_0^2}\right)^2 + \frac{4v_0^4 + 8gHv_0^2}{g^2} \cdot \frac{v_0^2 + 2gH}{2v_0^2} + \frac{8Hv_0^2}{g}$$



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
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!

$$L^2(x_B) = -\frac{4v_0^4}{g^2} \frac{(v_0^2 + 2gH)^2}{4v_0^4} + \frac{4v_0^2(v_0^2 + 2gH) \cdot (v_0^2 + 2gH)}{g^2 \cdot 2v_0^2} + 8Hv_0^2$$

$$L^2(x_B) = -\frac{(v_0^2 + 2gH)^2}{g^2} + \frac{2(v_0^2 + 2gH)^2}{g^2} + \frac{8Hv_0^2}{g} =$$
$$= \frac{(v_0^2 + 2gH)^2 + 8gHv_0^2}{g^2} = \frac{v_0^4 + 4gHv_0^2 + 4g^2H^2 + 8gHv_0^2}{g^2}$$

$$L^2(x_B) = L_{\max}$$

$$L_{\max} = \frac{(v_0^2 + 2gH)^2}{g^2} \Rightarrow L_{\max} = \frac{v_0^2 + 2gH}{g}$$

$$L_{\max} = \frac{20^2 + 2 \cdot 10 \cdot 9,8}{10} = \frac{400 + 196}{10} = \frac{596}{10} = 59,6 \text{ м}$$

Ответ: $H = 9,8 \text{ м}$

$L_{\max} = 59,6 \text{ м}$



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
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!

$a_1 = a_2 = a$ получаем систему из уравнений (1) и (2)

$$\begin{cases} N \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma \\ 3mg \sin \alpha - N \cos \alpha = 3ma \end{cases}$$

$$2mg \sin \alpha = 4ma$$

$$a = \frac{2g \sin \alpha}{4} = \frac{g \sin \alpha}{2} = a_1 = \frac{10 \cdot 0,8}{2} = 0,4 \cdot 10 = 4 \text{ м/с}^2$$

где шарики 3м $\alpha_2 \perp$ ^{прямой} ~~линии~~ ^{длина} ~~длина~~ ^{и направл} ~~вдоль~~ ^{вдоль} ~~ребра~~ ^{ребра} ~~угол~~ ^{угол}
м.к. $v_0 = 0$
сразу после освобождения шара.

$$3) \quad N \cos \alpha = mg \sin \alpha + ma = mg \sin \alpha + \frac{mg \sin \alpha}{2}$$

$$N = \frac{mg \sin \alpha}{\cos \alpha} \cdot 1,5$$

уравнение (3)

$$T^* = N \sin \alpha + 3mg \cos \alpha$$

$$T^* = \frac{mg \sin \alpha}{\cos \alpha} \cdot 1,5 \cdot \sin \alpha + 3mg \cos \alpha$$

$$T^* = mg \left(1,5 \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} + 3 \cos \alpha \right)$$

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

$$\Rightarrow \cos \alpha = 0,6$$

$$T^* = mg \left(1,5 \cdot \frac{0,8^2}{0,6} + 3 \cdot 0,6 \right)$$

$$T^* = 0,1 \cdot 10 \cdot \left(\frac{5 \cdot 0,64}{2} + 1,8 \right) = 1 \cdot (2,5 \cdot 0,64 + 1,8) =$$

$$= 0,64 \cdot 2 + 0,32 + 1,8 = 1,28 + 0,32 + 1,8 = 1,6 + 1,8 = 3,4 \text{ Н}$$

$$T^* = 3,4 \text{ Н}$$

Ответ: $\sin \alpha = 0,8$
 $a_1 = 4 \text{ м/с}^2$
 $T = 3,4 \text{ Н}$



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!

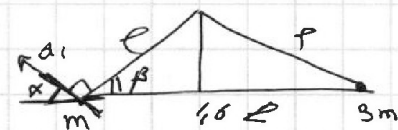
№3

1) сразу после освобождения системы скорость шарика массой m равно 0

$$\Rightarrow a_n = \frac{v^2}{r} = 0$$

значит его только тангенциальное ускорение $a_t = a$

a_t направлено $\perp$ оси вращения
 $\Rightarrow a_t \perp$ касательной ℓ



$$\alpha + \beta = 90^\circ = 180^\circ$$

$$\alpha = 180^\circ - \beta = 90^\circ - \beta$$

$$\cos \beta = \frac{4.6}{5} = 0.92$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - 0.92^2} = \sqrt{0.1584} \approx 0.398$$

$$\sin \alpha = \sin (180^\circ - \beta) = \sin \beta$$

$$\sin \alpha = \sin \beta = 0.398$$

$$2) \vec{N} = -\vec{N}'$$

т.к. стержень легкий и нерастяжимый

направим ось x $\perp$ касательной ℓ ; в левый вращении

и z Н

$$Ox: N \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma_1 \quad (1) \quad \text{ось } y \perp \text{ оси } x$$

$$Oy: mg \cos \alpha + N \sin \alpha - T = 0 \quad (3)$$

для шарика массой $3m$

$$Ox': 3mg \sin \alpha - N' \cos \alpha = ma_2 \quad (N = N')$$

$$3mg \sin \alpha - N \cos \alpha = ma_2 \quad (2)$$

$$Oy': T' - N \sin \alpha - 3mg \cos \alpha = 0$$

$a_1, a_2 = a$ т.к. радиус вращения

тот же l и $3m$ равен l

$$\Rightarrow \begin{cases} N \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma \\ 3mg \sin \alpha - N \cos \alpha = 3ma \end{cases}$$

т.к. ось вращения l и $3l$



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!

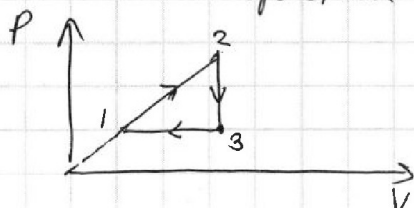
№ 4

1) газ одноатомный $\Rightarrow i = 3$
процесс 3-1 $\frac{C}{R} = 2,5 \Rightarrow C = \frac{5}{2}R$ значит это изобарный процесс

процесс 1-2 $\frac{C}{R} = 2 \Rightarrow C = 2R$ значит процесс — это прямая пропорциональность

процесс 2-3 $\frac{C}{R} = 1,5 \Rightarrow C = \frac{3}{2}R$ значит это изохорный процесс

исходя из выше сделанных утверждений график процесса имеет вид



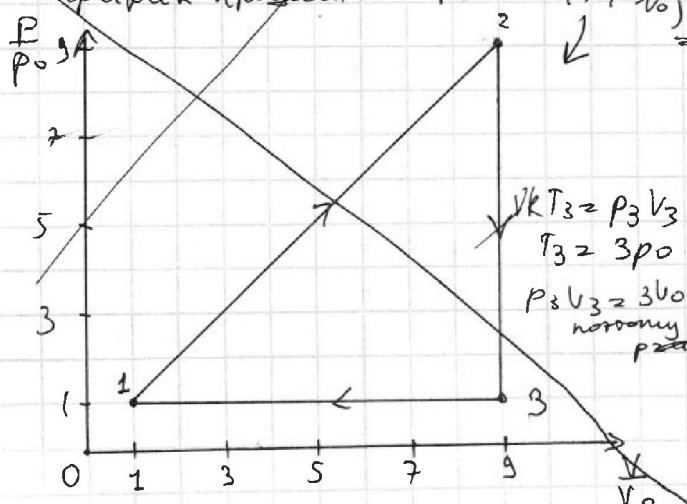
в точке 1 $p_1 V_1 = p_0 V_0 = \sqrt{RT_0}$

1-2 прямая пропорциональность
 $\Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \frac{V_2}{p_2} = \frac{V_0}{p_0}$

даны p_i, V_i, T_i

значение p_i, V_i и T_i для точки 1

график процесса в координатах $(\frac{p}{p_0}, \frac{V}{V_0})$



$$p_2 V_2 = \sqrt{RT_2}$$

$$T_2 = 3 T_0 = p_2 V_2 \quad \text{из графика}$$

$$\Rightarrow p_2 = 3 p_0$$

$$V_2 = 3 V_0$$

$$V_2 = V_3 = 3 V_0$$

$$p_1 = p_3 = p_0$$

координата точки

$$\begin{cases} 1 (V_0; p_0) \\ 2 (3p_0; 3V_0) \\ 3 (V_0; 3p_0) \end{cases}$$

$$VKT_3 = p_3 V_3$$

$$T_3 = 3 p_0$$

$$p_1 V_3 = 3 V_0 \cdot p_0$$

$$\text{потому}$$

$$p_2 = 3 p_0$$

$$V_2 = 3 V_0$$



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!

Черновик

2) процесс расширения это процесс 1-2

$$\Rightarrow Q_{12} = Q_{12}$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} (8 p_0 V_0 - p_0 V_0)$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \cdot 8 p_0 V_0 = 120 p_0 V_0$$

$$A_{12} = \oint p \, dv = \frac{(p_1 + p_2)}{2} \cdot (V_2 - V_1) =$$

$$= \frac{p_0 + 9p_0}{2} \cdot (9V_0 - V_0) = 5p_0 \cdot 8V_0 = 40 p_0 V_0$$

$$Q_{12} = 120 p_0 V_0 + 40 p_0 V_0 = 160 p_0 V_0$$

упр-ние к м
 $p_0 V_0 = \nu R T_0$

$$Q_{12} = 160 \cdot \nu R T_0 = 160 \cdot 2 \cdot 8,314 \cdot 300$$

$$8,314 \cdot 2 = 16,628 \cdot 372 = 6181,44$$

$$Q_{12} = 6181,44 \cdot 10^3 = 798144$$

$$Q_{12} = 798,144 \cdot 10^3 = 798144 \text{ Дж}$$

$$Q_{12} \approx 799 \text{ кДж}$$

$$\begin{array}{r} 16,628 \\ \times 16,628 \\ \hline 148 \\ 13396 \\ + 6648 \\ \hline 79828 \end{array}$$

3) скажем найдем КПД 2 цикла

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{S_{123}}{Q_{12}} = \frac{(9V_0 - V_0)(9p_0 - p_0) \cdot \frac{1}{2}}{160 p_0 V_0} = \frac{32 p_0 V_0}{160 p_0 V_0} =$$

$$= \frac{2}{10} = 0,2$$

пусть Q_N - кол-во тепла сообщенное теплоемкости
 за $N=10$ циклов

$$Q_N = Q_1 \cdot N$$

$$A_{получ} = \frac{1}{2} A = \frac{1}{2} Q_N \cdot \eta = \frac{1}{2} Q_1 \cdot N \cdot \eta$$

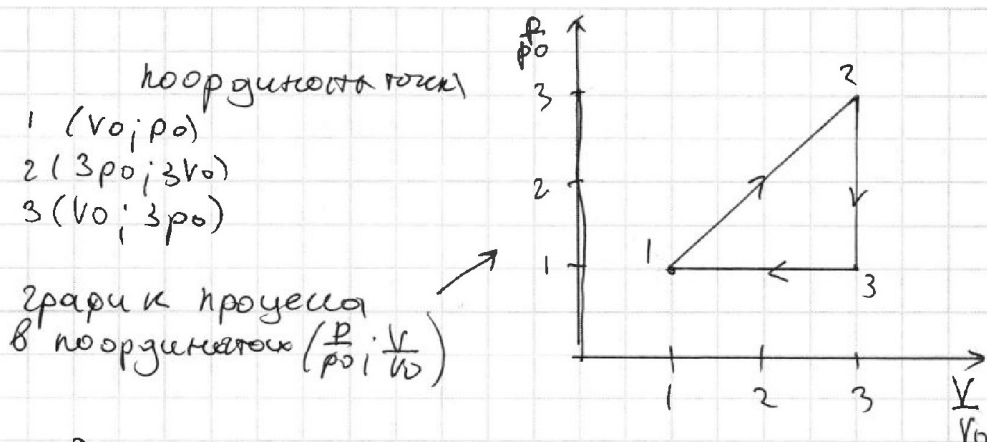


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



2) процесс расширения это только процесс 1-2

$$\Rightarrow Q_{12} = Q_{12}$$

1-ое начало термодинамики

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} = \frac{3}{2} (p_2 v_2 - p_1 v_1) = \frac{3}{2} (3p_0 v_0 - p_0 v_0)$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \cdot 8 p_0 v_0 = 12 p_0 v_0$$

$$A_{12} = S_{\text{трапеции}} = \frac{p_1 + p_2}{2} \cdot (v_2 - v_1)$$

$$A_{12} = \left(\frac{p_0 + 3p_0}{2} \right) (3v_0 - v_0) = 2p_0 \cdot 2v_0 = 4p_0 v_0$$

$$Q_{12} = 12 p_0 v_0 + 4 p_0 v_0 = 16 p_0 v_0$$

уравнение к-м

$$p_0 v_0 = \nu R T_0$$

$$\nu = 2$$

$$Q_{12} = 16 \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot 300 = Q_1$$

$$Q_{12} = 16 \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot 300 = 32 \cdot 8,31 \cdot 3 \cdot 100 = 86 \cdot 8,31 \cdot 100$$

$$Q_1 = Q_{12} = 797,76 \cdot 100 = 79776 \text{ Дж}$$

$$Q_{12} \approx 79,8 \text{ кДж} \quad Q_1 \approx 79,8 \text{ кДж}$$

3) где каждая из них КПД цикла 123 = η

$$\eta = \frac{A}{Q_{\text{н}}} = \frac{S_{123}}{Q_1} = \frac{(3v_0 - v_0)(3p_0 - p_0) \cdot \frac{1}{2}}{16 p_0 v_0} = \frac{2 p_0 v_0}{16 p_0 v_0}$$

$$\eta = \frac{1}{8}$$

S_{123} — площадь цикла 123

$$\begin{array}{r} 21 \\ \cdot 8,31 \\ \hline 1656 \\ 4986 \\ \hline 7479 \\ 79776 \end{array}$$



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
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!

3) пусть Q_N - кол-во теплоты сообщаемой тепловой машиной грузу за $N=10$ циклов

$$Q_N = Q_1 \cdot N$$

A_N - работа груза за $N=10$ циклов

$$A_N = Q_N \cdot \eta = Q_1 \cdot N \cdot \eta$$

$$A_{\text{полезн}} = \frac{1}{2} A_N = \frac{1}{2} Q_1 \cdot N \cdot \eta$$

$A_{\text{полезн}}$ пойдет на изменение потенциальной энергии груза

$$A_{\text{полезн}} = M g H$$

груз поднимают медленно $\Rightarrow E_k = 0$

$$M g H = \frac{1}{2} Q_1 \cdot N \cdot \eta = \frac{1}{2} \cdot 16 \text{ Дж} \cdot N \cdot \eta = 8 \text{ Дж} \cdot N \cdot \eta$$

$$H = \frac{8 \text{ Дж} \cdot N \cdot \eta}{M g} = \frac{8 \text{ Дж} \cdot 10 \cdot \frac{1}{8}}{150 \cdot 10} = \frac{10}{150}$$

$$H = \frac{10}{150} \cdot 300 = 20 \text{ м}$$

$$H = 4 \cdot 8,31 = 33,24 \text{ м}$$

Ответ: график см на стр 2

$$Q_1 = 79,8 \text{ кДж}$$

$$H = 33,24 \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 4 \\ \hline 33,24 \end{array}$$



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
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!

Черновик.

~~Аполетное пойдет на изменение
потенциальной энергии груза~~

$$A_{\text{полет}} = M g H$$

$$\Rightarrow M g H = \frac{1}{2} Q_1 \cdot N \cdot \eta$$

$$\frac{79,8 \cdot 10 \cdot 0,125}{20 \cdot 150}$$

$$H = \frac{Q_1 \cdot N \cdot \eta}{2 g M} = \frac{799 \cdot 10 \cdot 0,2}{2 \cdot 10 \cdot 150} = \frac{799 \cdot 0,1 \cdot 100^3}{150}$$

$$Q_1 \approx 800 \text{ кДж} \quad 799 \approx 800$$

$$H = \frac{800 \cdot 0,1}{150} = \frac{80}{150} = \frac{800}{15} \text{ м}$$

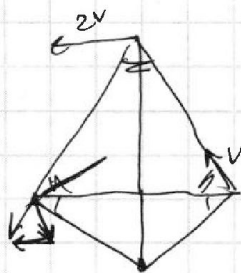
$$H = 533 \text{ м}$$

Ответ $Q_1 = 800 \text{ кДж}$

$$H = 533 \text{ м}$$

график процесса см стр 1

$$H - g \frac{t^2}{2} = t \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

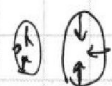
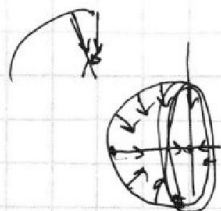


$$N = \frac{Q_1 \cdot 10 \cdot 0,2}{2} = \frac{1 \cdot 4}{2} = 2 \text{ м}$$

$$4 \cdot M = 140 + 20 + 16 \cdot Q_1$$

$$t = N \sin \alpha + 3 n y \cos \alpha$$

$$T = 2 \cdot 0,8 + 3 \cdot 4 \cdot 0,6 = 1,6 + 1,8 = 3,4$$



$$\int_0^{\pi} \frac{k Q_1 q \sin \alpha}{R^2} = \frac{k q Q}{R^2} \left[-\cos \alpha \right]_0^{\pi} = -\frac{k q Q}{R^2} (0 - 1) = \frac{k q Q}{R^2}$$

$$Q_i = \frac{Q}{4 \pi R^2}$$

$$40 \cdot 4,96 = 40,14 = 56 \quad V_0 \sqrt{\frac{2H}{g}} = 2/320 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8}{10}} = 59,6256$$



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!

$n=5$ 1) найдем потенциал заряда q в точке O
 рассмотрим что в точке O создаст множество зарядов q_i ; при q_i - наложим во всех точках $\in$ полушере
 при $\Sigma q_i = Q$

тогда φ_0 - потенциал в точке O

$$\varphi_0 = \sum \frac{q_i \cdot k}{R_i} \quad \frac{k}{R} \cdot \Sigma q_i = \frac{kQ}{R}$$

R_i - расстояние равно R

потенциал на большом AO сравнительно с R
 от точки O равен 0 ; т.к. $R_{kl} \ll R$

ЗСЗ

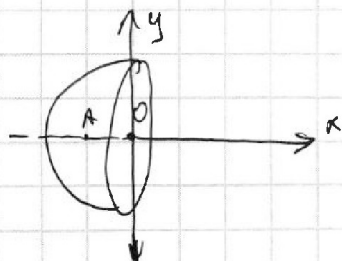
$$\varphi_0 \cdot q = \frac{mv^2}{2} \quad \varphi_0 \cdot q + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$v^2 = \frac{2kQq}{mR} + v_0^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2kQq}{mR} + v_0^2}$$

Ответ:

2) площадь поверхности полушара $S = \frac{4\pi R^2}{2} = 2\pi R^2$



ось x совпадает с прямой AO

и направлена вправо

ось y - совпадает с осью симметрии

т.к. полушар симметрично относительно осей Ox

тогда все потенциалы все F_{kl} действующие со стороны зарядов q_i на заряд Q дают в сумме 0 на ось x $\perp Ox$

$\Rightarrow$ когда частица имеет свою скорость z с осью x и y тогда F_{kl} x