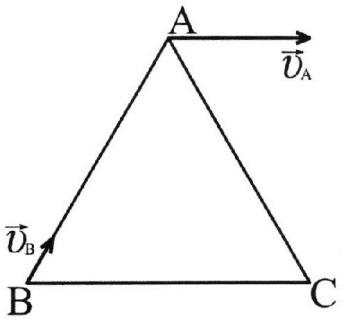
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Вырезанную из однородного листа металла пластину в форме равностороннего треугольника ABC (см. рис.) положили на гладкую горизонтальную плоскость и толкнули. Пластина пришла в движение. В момент $t=0$ оказалось, что скорость $\vec{v}_B$ 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.

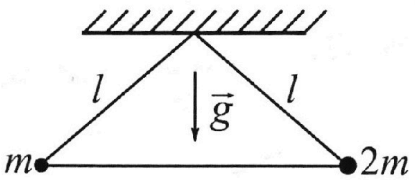
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

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/с^2. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте H фейерв ерк 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. Шарики скреплены с легким стержнем длины $L = 1,6l$. Систему удерживают так, что шарики находятся 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/с^2.

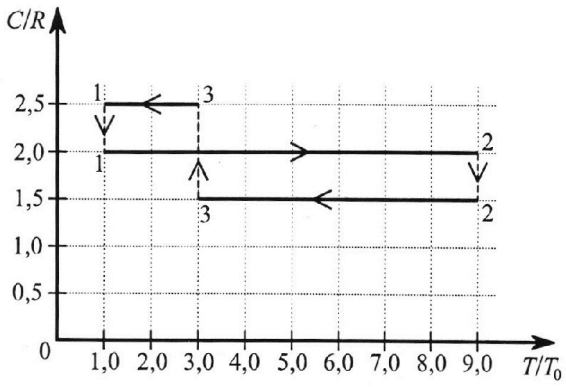
3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-04

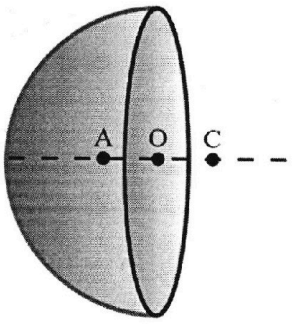
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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, $T_0 = 300$ 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. 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/с^2, 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 A, O, C находятся на оси симметрии (см. рис.). Точка O удалена от всех точек полусферы на расстояние R. Из точки A стартовала с нулевой начальной скоростью частица, масса которой m, заряд q. Частица движется по прямой AC и на большом по сравнению с R расстоянии от точки O кинетическая энергия частицы равна K.



1. Найдите скорость V_O частицы в точке O. Электрическая постоянная ε_0. Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.
2. Найдите скорость V_C частицы в точке C. Точки A и C находятся на неизвестных равных расстояниях от точки O.

Эффекты, связанные с поляризац ией 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 [x] 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!

$$\omega = \frac{v_2 - v_0}{b} = \frac{0{,}4\ \frac{м}{с}}{\frac{0{,}4}{\sqrt{3}}\ м} = \sqrt{3}\ \frac{рад}{с}.$$

Тогда один оборот будет совершен за

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

Т.к масса мухи $m = 120\ мг < M_п$, то на вращение пластины наличие мухи не повлияет, и $\frac{1}{2}$ М пластина продолжит двигаться равномерно. Тогда на муху действует ускорение мухи, т.е туда С по направлению к О. это равно $a_1 = \omega^2 b = 3 \cdot \frac{0{,}4}{\sqrt{3}}\ \frac{м}{с^2} = 0{,}4\sqrt{3}\ \frac{м}{с^2}$

~~А общ~~ Сила в горизонтальной плоскости

~~$F_в = m a_п = 30\sqrt{3}\ \frac{м}{с^2}$, $N = mg =$~~

$F_в = m a_п = 120 \cdot 10^{-6}\ кг \cdot 0{,}4\sqrt{3}\ \frac{м}{с^2} =$

$30\sqrt{3} \cdot 10^{-6}\ Н$. А $N = mg = 1200 \cdot 10^{-6}\ Н$, то

$R = \sqrt{F_в^2 + N^2} = 10^{-6}\ Н \sqrt{3 \cdot 900 + 1200^2} =$

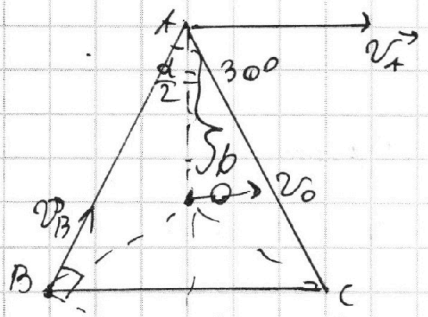
$\sqrt{27 \cdot 100 + 12 \cdot 100 \cdot 1200}\ мН = 100 \cdot 10^{-6}\ Н \sqrt{27 + 14400} =$

$\sqrt{14427} \cdot 10^{-4}\ Н$.

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
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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!



$\angle 90 - \frac{\alpha}{2} = 60° = \alpha$

M - мгновенный центр скорости.

Расстояние от центра площадки O до каждой из вершин равно b, а т.к. треугольник равносторонний, то $a = 2 \cdot \cos\frac{\alpha}{2} \cdot b$, т.е. $b = \frac{a}{2\cos\frac{\alpha}{2}} = \frac{0{,}4\,м}{2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{0{,}4}{\sqrt{3}}\,м$. Тогда при угловой скорости вращения относительно мгновенного центра скоростей Ω, расстояние до B равным $AB \cdot tg\frac{\alpha}{2} = \frac{0{,}4\,м}{\sqrt{3}}$, $\Omega = \frac{v_B}{BM} = \frac{0{,}4\,\frac{м}{с}}{0{,}4\,м} = \sqrt{3}\,\frac{рад}{с}$. Т.е. скорость $v_0 = \Omega \cdot MO =$

$\Omega\left(\frac{AB}{\cos\alpha} - b\right) = \sqrt{3}\left(\frac{0{,}4}{\frac{\sqrt{3}}{2}} - \frac{0{,}4}{\sqrt{3}}\right)\frac{м}{с} =$

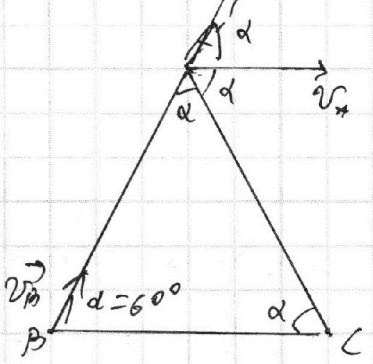
$\sqrt{3} \cdot \frac{0{,}4}{\sqrt{3}}\,\frac{м}{с} = 0{,}4\,\frac{м}{с}$, а тогда скорость угловая

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 [X] 2 [ ] 3 [ ] 4 [ ] 5 [ ] 6 [ ] 7 [ ]

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!

Т.к пластина нерастяжимая, то тогда проекции v_B и v_A на сторону AB равны. Т.к треугольник равнобедренный, то все его углы равны 60°, то:



То $v_B = v_A \cdot \cos\alpha$, $\alpha = 60°$

$$v_A = \frac{v_B}{\cos\alpha} = \frac{0{,}4\ \frac{м}{с}}{\cos 60°} = \frac{0{,}4\ \frac{м}{с}}{\frac{1}{2}} = 0{,}8\ \frac{м}{с}.$$

Теперь найдем скорость v_0 м пластины. Т.к поверхность гладкая, то сил трения нет, а значит пластина начнет вращаться с постоянной угловой скоростью ω относительно v_0 м. Т.к сил трения нет, то скорость v_0 м пластины. То каждая её через мгновенный центр скорости.

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!

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

То $t_2 = \dfrac{-v_0 \sin\alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2\alpha + 2gH}}{g}$, т.к $t_2 > 0$, то

расстояние $L = v_0 \cos\alpha\, t_1 + v_0 \cos\alpha\, t_2 =$

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

$\dfrac{2v_0}{g} \cos\alpha \sqrt{v_0^2 + 2gH - v_0^2 \cos^2\alpha} = \dfrac{2v_0}{g} \sqrt{\cos^2\alpha (v_0^2 + 2gH) - v_0^2 \cos^4\alpha}$

Под корнем парабола ветвями вниз, чей максимум будет в вершине, то

$\cos^2\alpha_x = \dfrac{v_0^2 + 2gH}{2v_0^2} = \dfrac{v_0^2}{2v_0^2} + \dfrac{gH}{v_0^2} =$

$\dfrac{1}{2} + \dfrac{\frac{v^2}{2} + gh}{v_0^2} = \dfrac{1}{2} + \dfrac{18 + 142}{400} = \dfrac{1}{2} + \dfrac{160}{400} =$

$\dfrac{200 - 124}{400} = \dfrac{76}{400}$ $\dfrac{360}{400} = 0{,}9.$

То $L_{max} = \dfrac{2 \cdot 20}{20} \sqrt{0{,}9 \cdot (400 + 2 \cdot (\frac{v_0^2}{2} + gH)) - 0{,}81 \cdot 400} =$

$4\sqrt{0{,}09 \cdot 400 + 0{,}9 (v^2 + 2gH)} = 4\sqrt{36 + 0{,}9 \cdot}$

$4 \cdot \sqrt{0{,}09 \cdot 400 + 2 \cdot 0{,}8 \cdot 160} = 4\sqrt{36 + 320 \cdot 0{,}9} =$

$4\sqrt{36 + 320 - 32} = 4\sqrt{356 - 32} =$

$4\sqrt{324} = 4 \cdot \sqrt{324} = 72\,м$

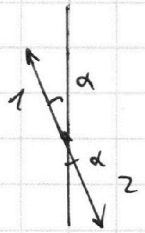
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!

После разрыва и до удара тел выполняется ЗСИ, тогда (скорость перед разрывом была 0, а массы осколков одинаковы) скорости осколков одинаковы по модулю и противоположны по направлению. Пусть скорости направлены под углом α к вертикали, тогда:



Для движения осколка 1 найдем время падения на землю:

$$v_0 \sin\alpha \cdot t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = -H, \quad |\cdot 2$$

$$g t_1^2 - 2 v_0 \sin\alpha \cdot t_1 - 2H = 0$$

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

$$t_1 = \frac{v_0 \sin\alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2\alpha + 2gH}}{g}, \text{ т.к. } t_1 > 0.$$

Для t_2:

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

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

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 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!

Введем ось OY направленную вверх по направлению полёта фейерверка.

Тогда при полёте фейерверка (в первый пункт он целый), сопротивления воздуха нет, то до разрыва (а он будет в точке максимального подъема, где $v_{y0}=0$) выполняется ЗСЭ, а значит при массе фейерверка m: $\frac{mv^2}{2}+mgh=mgH$ (т.к. $v_{y0}=0$), то

$$H=\frac{\frac{v^2}{2}+gh}{g}=\frac{\sqrt{\frac{36}{2}+14^2}}{10}\text{ м}=\frac{\sqrt{160}}{10}\text{ м}=\frac{4\sqrt{10}}{\sqrt{10}}\text{ м}$$

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.**

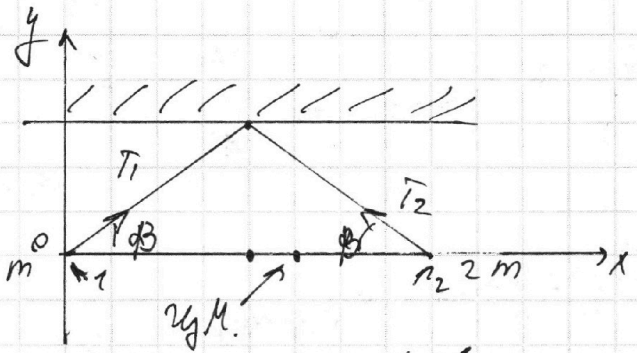
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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!

Найдем местоположение ЦМ системы. Это значит, что мы измеряем расстояние от левого шарика $x_ц = \frac{2m \cdot 1{,}6\ell}{3\ell} = \frac{2}{3} \cdot 1{,}6\ell =$

$\frac{2}{3} \cdot \frac{8}{5}\ell = \frac{16}{15}\ell$. ~~Ускорение ЦМ должно быть направлено вниз, т.к. действие на него справа должно быть скомпенсировано, для этого рассмотрим.~~ Рассмотрим рисунок:



$\cos\beta = \frac{\frac{1{,}6\ell}{2}}{\ell} = 0{,}8$; ТО

$\sin\beta = \sqrt{1-\cos^2\beta} = 0{,}6$. Тогда перейдем в СО ЦМ поймем, что струны вращаются вокруг ЦМ, тогда относительно него ускорение точек 1 и 2 описывается из нормального ускорения $a_n =$

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!

$\omega^2 \cdot l_1$ или $\omega^2 l_2$, l_1, l_2 – расстояние от центра до точек 1 или 2. Но изначально (мы рассматриваем первый момент) $N = 0$, то $a_n = 0$ – ускорение по Ox нити будет нулевое. Для тангенциальной составляющей ввиду углового ускорения ε, то ~~$\varepsilon l_2 + a_{цм} = a_{цм}$~~ $\varepsilon l_2 + a_{цм\,y} = a_{2y}$, сложили, что вращение по часовой, и сдвиг $a_{цy} = a_{цм\,y} - \varepsilon l_1$. Тогда 2 з-н Ньютона по OY: $3m a_{цм\,y} = 3mg - 2T_1 - (T_1 + T_2)$ – для нити.

Для 1-й нити действует сила горизонтально, то для 1 и 2 шарика:

$2m a_{2y} = 2mg - T_2$

$m a_{1y} = mg - T_1$, то

$a_{цм\,y} = g - \frac{0,6}{3}(T_1 + T_2) = g - 0,2(T_1 + T_2)$

$a_{2y} = g - \frac{0,6}{2} T_2 = g - 0,3 T_2$.

$a_{1y} = g - 0,6 T_1$

По $\sin\alpha = 1$, $\alpha = 90^\circ$. Тогда сила $T_1 = T_2$, по

$a_x = 0$,

$3mg - 2 \cdot 0{,}6 \cdot T_1 = 3m a_{цм}$, то

$a_{цм} = 3g - 1{,}2 T_1$.

Т.к ускорение m_2 равно a_2, то

$2ma_2 = 2mg - 0{,}6T_1$, Т.е

$a_2 = g - 0{,}3T_1$. Тогда

Запишем относительно

Ц.М уравнение вращательного движения:

$(2mg - 0{,}6T_1) \cdot \frac{16}{30}\ell - (mg - 0{,}6T_1) \cdot \frac{16}{15}\ell =$

$\beta \left(2m \cdot \frac{16^2}{900}\ell^2 + m \cdot \frac{16^2}{15^2}\ell^2 \right)$, Т.е

$\beta = \frac{\left(\frac{32}{30} - \frac{16}{15}\right) mg\ell + 0{,}6 \cdot T_1 \cdot \frac{16}{30}\ell}{\ell^2 m \frac{2 \cdot 256 + 256 \cdot 4}{900}} =$

$\frac{0{,}6 \cdot 16}{\frac{30}{900} \cdot 8 \cdot 16^2} \frac{T_1}{m\ell} = \frac{0{,}6 \cdot 900}{30 \cdot 8} T_1 =$

Т.к натяжение нити меняется

мгновенно, то $2 \cdot T_1 \cdot \sin\beta = 3mg$, то

$T_1 = \frac{3mg}{2\sin\beta} = \frac{3}{1{,}2} mg = \frac{10 \cdot 3}{12} mg =$

$\frac{30}{12} mg = 2{,}5mg$. Тогда ускорение

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!

Б относительное ускорение по вертикали тоже, поэтому для $\alpha = 20°$:

$\beta \cdot \left(\frac{16}{10}l - \frac{16}{15}l\right) = (g - 0{,}3T_2) - (g - 0{,}2T_1 - 0{,}2T_2) =$

$0{,}2T_1 =$ $\beta \cdot \frac{16}{30}l = 0{,}2T_1 - 0{,}1T_1$

А для $\alpha = 20°$:

$\beta \cdot \frac{16}{15}l = (g - 0{,}2T_1 - 0{,}2T_2) - (g - 0{,}6T_1) =$

$0{,}4T_1 - 0{,}2T_2$. Левые и правые части выражений отличаются в 2 раза и не несут какой либо пользы. Для оси Ox т.к $a_{цм} = a_x = a_{1x} = a_{2x}$, то пусть $T_1 > T_2$, то

$T_1 \cdot \cos\alpha - T = m_Q a_x$, т.к стержень легкий, а $a_x = \text{const}$ по абсолютной, то и $T = \text{const}$, то ~~$T_1 \cdot \cos\alpha$ тоже~~, без начальной Б для малых разностей сил $T \Delta T = a_x \cdot \Delta m$, но $\Delta m \to 0$, то $\Delta T \to 0$, то $T = \text{const}$, поэтому ускорение точки Ц.М направлено вниз, а без действия силы по горизонтали происходит.

То ускорение $a_{цм}$ направлено вниз, то ускорение точки 2 тоже направлено вниз.

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
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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 шарика по оси Oy, тогда $2ma_{2y} = -T_1 \cdot \sin\beta + 2mg$ т.е $2mg - 2{,}5 \cdot 0{,}6\, mg = 2ma_y$.

То $a_2 = a_{2y} = \frac{mg}{2m} = \frac{g}{2} = 5\frac{м}{с^2}$

А сила T соответственно равна

$T = 2{,}5mg \cdot 0{,}8 = 2mg = 2 \cdot 10\frac{м}{с^2} \cdot 0{,}09кг =$

$20 \cdot 0{,}09 Н = 0{,}18 Н$.

Ответ: $\sin\alpha = 1$; $a_2 = \frac{g}{2}$; $T = 0{,}18 Н$.

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 [x] 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!

Поскольку мощность, что на полезную работу идет всего половина работы, т. е $\eta_б = 0,5$ получим, что полезная работа машины $\eta_б \cdot N \cdot t$, так т. к груз поднимают медленно, то в конце его механическая энергия равна 0, т. е вся полезная работа идёт на увеличение энергии потенциальной, т. е $Mgh = \eta_б \cdot N \cdot t$, т. е

$$h = \frac{\eta_б \cdot N \cdot t}{mg} = \frac{0,5 \cdot 20 \cdot 24930\ Дж}{4000\ \frac{Н}{м}} =$$

$$\frac{10 \cdot 24930\ Дж}{4000\ \frac{Дж}{м}} = \frac{24930}{400}\ м = \frac{2493}{40}\ м =$$

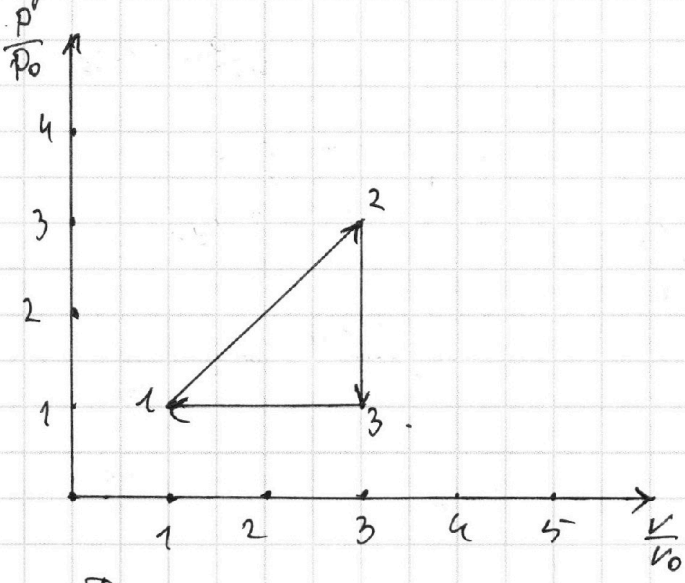
$$\frac{2400+93}{40}\ м = \left(60 + \frac{93}{40}\right) м = \left(60 + 2 + \frac{13}{40}\right) м =$$

$$62,325\ м$$

Тогда в точке 2 где $T = 9T_0$:

$$\begin{cases} 9\nu R T_0 = p_2 \cdot 3V_0 \\ \nu R T_0 \quad p_0 V_0 \end{cases}$$

, т. е $p_2 = 3p_0$. Тогда, с учетом выхода из начала координат участка 1 – 2!



Т. к ~~для начала~~ во в точке конечная температура газа равна начальной, т. е $T_0 = T_к$, то алгебраическая сумма всего подведенного и отведенного тепла равна работе, т. е пользуясь первым графиком:

$$A_1 = \nu(8T_0 \cdot 2R - (9T_0 - 3T_0)\cdot\frac{3}{2}k - \frac{5}{2}k\cdot(3T_0 - T_0)) =$$

$$\nu(16RT_0 - 9RT_0 - 5RT_0) = 2\nu RT_0 = (2\cdot 5\cdot 8{,}31\cdot 300)$$

** $= (10\cdot 8{,}31\cdot 300)Дж = (83{,}1\cdot 300)Дж = (831\cdot 30)Дж =$

$24930 Дж = 24{,}93 кДж$.

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 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!

Для идеального одноатомного газа число степеней свободы соответствует 3, а значит внутренняя энергия такого газа равна $U = \frac{3}{2}\nu RT$. Тогда (молярная) теплоёмкость для изохорного процесса равна $\frac{3}{2}R$, для изобарного $\frac{5}{2}R$, что соответствует участкам 2–3 и 3–1 соотв-но.

Найдем же теперь, какому процессу соответствует участок 1–2. Для это воспользуемся уравнением, связывающей показатель политропы (т.е процесса с постоянной теплоёмкостью) со степенью n в уравнении политропы, т.е $pV^n = const$. То $n = \frac{c - c_p}{c - c_V} = \frac{2R - \frac{5}{2}R}{2R - \frac{3}{2}R} =$

$\frac{-\frac{1}{2}R}{\frac{1}{2}R} = -1$, то есть $\frac{p}{V} = const$, т.е

$p = V \cdot const$, тогда графиком будет являться прямая, выходящая из начала координат в осях $p - V$. Тогда

$p_0 V_0 = \nu R T_0$. Для изобары в точке 3 температура $3T_0$, то т.к $p = p_0 = const$, то в точке $3\ V = 3V_0$. Для точек 2 и 3 соот-ко для $V = 3V_0$ соот

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!

Известно, что потенциал $\varphi_C = \varphi_{сф} - \varphi_{2C} =$ равна $\frac{2Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$

$\varphi_{сф} - \varphi_{1A} = \frac{2Q}{4\pi\varepsilon_0 R} - \frac{k}{q}$. Тогда в случае одной положительной (левой) и точки С потенциальная энергия будет равна $W_{nC} = q\varphi_C =$

$\frac{2Qq}{4\pi\varepsilon_0 R} - k$, т.е частица в точке С будет такая, что $\frac{mv_C^2}{2} + W_{nC} = k$, т.е $mv_C^2 = 2(k - W_{nC}) =$

$2\left(2k - \frac{2Qq}{4\pi\varepsilon_0 R}\right) = 4\left(k - \frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0 R}\right)$

$v_C = \sqrt{4\frac{4\pi\varepsilon_0 Rk - Qq}{4\pi\varepsilon_0 R}} = \sqrt{\frac{4\pi\varepsilon_0 Rk - qq}{\pi\varepsilon_0 R}} =$

$\sqrt{2}v_0$

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 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!

На бесконечности по сравнению с R расстояние энергия кулоновского взаимодействия частицы можно пренебречь, а значит будет существовать только кинетическая энергия k.

В случае же нахождения в точке O энергия ~~взаимодействия~~ будет складываться из кулоновской энергии взаимодействия и кинетической энергии, то по ЗСЭ: $k = \frac{m v_0^2}{2} + W_n$.

По $W_n = q\varphi_0$ где φ_0 - потенциал точки, потенциал бесконечно удаленных зарядов равен 0, который можно представить как $\varphi_0 = \sum_{i=1} \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_i}{R_i}$ разбив полусферу на маленькие кусочки, или же (т.к заряд однородно распределен) как $\varphi_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{R}$, то $k = \frac{m v_0^2}{2} + \frac{qQ}{4\pi\varepsilon_0 R}$

$$2 \cdot \left(k - \frac{qQ}{4\pi\varepsilon_0 R}\right) = m v_0^2$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2(4k\pi\varepsilon_0 R - qQ)}{4\pi\varepsilon_0 R m}} = \sqrt{\frac{4k\pi\varepsilon_0 R - qQ}{2\pi\varepsilon_0 R m}}$$

В точке A энергия взаимодействия частицы с полусферой равна k. Теперь мысленно достроим полусферу так

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!

ле полвинной сферы, и таким то по модулю однородно распределенным зарядом. ~~Т.к поверхность шарик Q~~ Тогда внутри этой сферы поле $\vec{E}=0$, а потенциал $\varphi_{сф}$ постоянен в любой точке Этой сферы и равен потенциалу на поверхности сферы. Но по теореме Гаусса поле данной сферы за её пределами равно $\frac{2Q}{4\pi\varepsilon_0 R^2}$, т.е совпадает с полем точечного заряда. Тогда представим ~~данную~~ полусферу ~~вложенной~~ в точке, ~~из~~ внутри сферы как потенциал φ_1, создаваемый левой полусферой и φ_2, создаваемый правой полусферой сферы. А т.к А и С расположены симметрично, то $\varphi_{сф} = \varphi_{1A} + \varphi_{2A} = \varphi_{1C} + \varphi_{2C}$, при этом в силу симметрии $\varphi_{1C} = \varphi_{2A}$ и наоборот. Тогда зная, что в точке А левая полусфера создает поле φ_{1A}, что $\varphi_{1A} \cdot q = W_{пА} = k$, $\varphi_{1A} = \frac{k}{q}$. А т.к $\varphi_{сф}$ как

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!

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!

$2mg - 0,6T_2 = 2ma_{2y}$

$mg - 0,6T_1 = ma_{1y}$

$a_y = \frac{3mg - 0,6T_1 - 0,6T_2}{3m} = g - \frac{0,6}{3}\frac{T_1+T_2}{m} =$

$g - 0,2\frac{T_1+T_2}{m}$

$g - 0,3\frac{T_2}{m}$

$g - 0,6\frac{T_1}{m}$

$1,6T_1 + 0,8T_2 = 3T$

$0,8T_1 - 0,4T_2 = 0,5T$

$4,8T_1 - 2,4T_2 = 3T$

$4,8T_1 - 2,4T_2 =$

$(1,6T_1 + 0,8T_2$

$\frac{(g - 0,3\frac{T_2}{m}) - (g - 0,2\frac{T_1+T_2}{m})}{\frac{16}{30}\ell} =$

$\frac{(g - 0,2\frac{T_1+T_2}{m}) - (g - 0,6\frac{T_1}{m})}{\frac{16}{15}\ell}$.

$\frac{0,2T_1 - 0,1T_2}{\frac{16}{30}} = \frac{0,4T_1 - 0,2T_2}{\frac{16}{15}}$

$15 \cdot 0,1(2T_1 - T_2) = 30 \cdot 0,2(2T_1 - T_2)$

$\frac{0,8T_2 - T}{2m}$

$\frac{0,4T_2}{m} - \frac{0,5T}{m}$

$0,8T_1 - 0,4T_2 = 0,5T$

$0,8(T_1 - T_2) = 0,8T_1 - T$

$\frac{0,8T_1 - T}{m} = \frac{0,8T_1 - T}{m}$

$\frac{0,8T_1 - T}{m} = \frac{T}{m}$

$\frac{0,8T_1 - T}{3}$

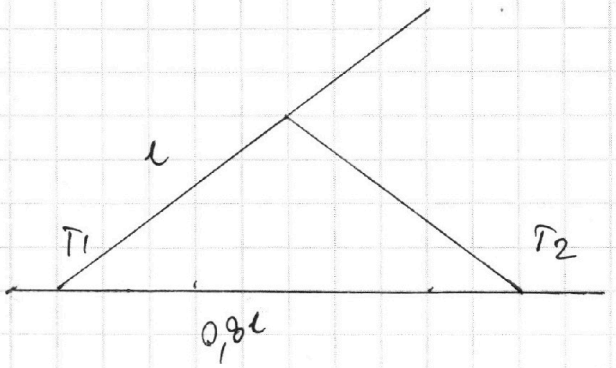
$2 \cdot \frac{0,8T_1}{3} + \frac{0,8T_2}{3} = T$

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!



~~1,5 l~~

3m

$\frac{16}{10}l - \frac{16}{15}l =$

$\frac{16 \cdot 3l - 16 \cdot 2l}{30} =$

$\frac{16}{30}l$

~~$2mg - T_2 \cdot 1,5n$~~

$2mg - 0,6T_2 \cdot$

~~$\frac{16}{30}l$~~

~~$ma =$~~ $0,6(T_1 + T_2)$

$2mg - 0,6T_2 - (3mg - 0,6 \cdot [T_1 + T_2]) =$

$2mg - 0,6T_2 + 3mg + 0,6T_1 + 0,6T_2 =$

$0,6T_1 - mg$

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!

$\sqrt{k}$

$\sqrt{}$

$(\sqrt{a^2+k^2} - \sqrt{a^2+k^2-2ak}) = l_1$ (b)

$(\sqrt{a^2+k^2+2ak} - \sqrt{a^2+k^2}) = l_2$

$l_1 + l_2 = a$

$\frac{36}{2} = 18$

$18 + 142 =$

$\frac{202}{2q^2} + \frac{n}{g}$

$\frac{36}{200} + \frac{142}{100}$

$142,0 + 818,0$

$\frac{0901}{142}$
81
081
1

$\frac{1}{2}R \mid -\frac{1}{2}k = -1$

$2R - \frac{5}{2}R \mid 2R - \frac{3}{2}R = \sqrt{D} = \lambda$

$\beta^2 + 2\beta R + 4a^2R^2 =$
$13a^2 + \beta^2R^2 =$

$\beta^2 + 2aR = \beta\sqrt{a^2+R^2}$

$a^2+R^2 - 2aR$

$a^2+R^2+\beta^2 - \beta\sqrt{a^2+R^2} =$

$\sqrt{a^2+R^2} - \left(\frac{k}{\alpha}\right)\beta = \sqrt{R^2+R^2-2aR}$

$\alpha(\sqrt{a^2+R^2} - \sqrt{a^2+R^2-2aR}) = k$

$\beta^2 = 4a^2R^2 + 4aR\beta^2$

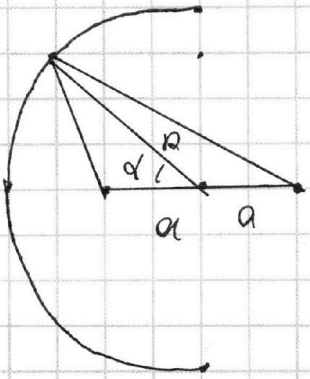
$\pi \cdot \cos\alpha -$

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 __ 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!



$dk \cdot k^{-\frac{1}{2}}$

$2\sqrt{k}$

$a^2 + k^2 - 2\cos\alpha a \cdot k$

$\frac{\delta \cdot d\alpha \cdot R \cdot R \cdot \sin\alpha \cdot d\varphi}{4\pi\varepsilon_0 \quad x}$

$\frac{2\pi \cdot \delta \cdot R^2}{4\pi\varepsilon_0}$

$\frac{d\alpha \sin\alpha}{\sqrt{a^2+k^2-2\cos\alpha aR}}$

$k = a^2 + k^2 - 2\cos\alpha\, qR$

$dk = 2\sin\alpha \cdot aR \cdot d\alpha$

$d\alpha \sin\alpha = \frac{dk}{2aR}$

$\frac{b}{2aR} \quad a^2+k^2-2aR \quad \frac{dk}{\sqrt{k}}$