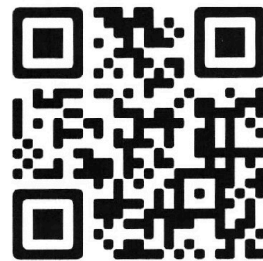




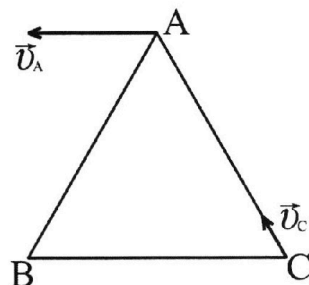
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

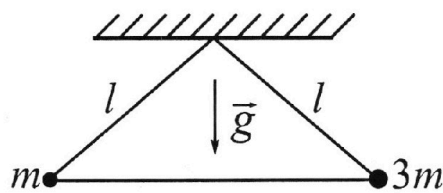
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 8$ м фейерверк находился через $\tau = 0,8$ с после начала полета.

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. Шарiki скреплены с легким стержнем длины $L = 1,6l$. Систему удерживают так, что шарiki находятся 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.



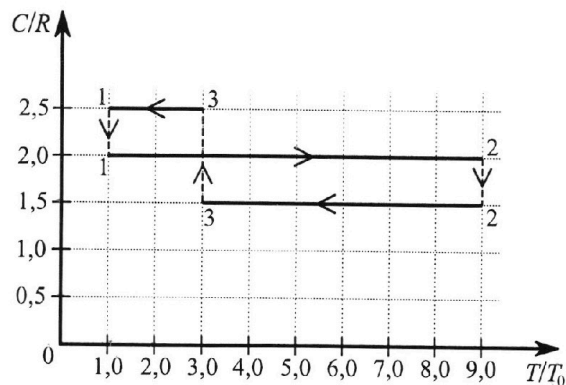
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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, $T_0 = 300 \text{ K}$.



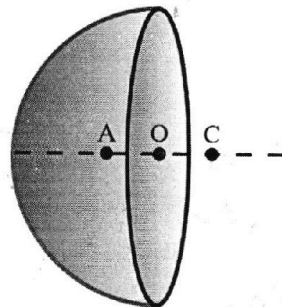
1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

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 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 . 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.



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!

$$\omega_A = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

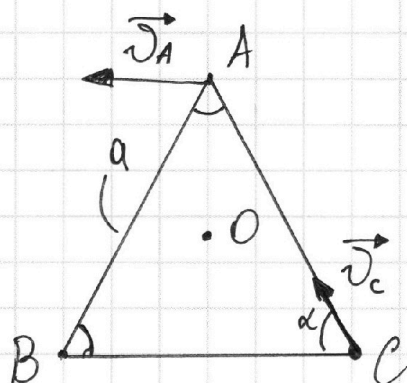
$$a = 0,2 \text{ м}$$

$$1. \omega_c - ?$$

$$2. \tau - ? N=3$$

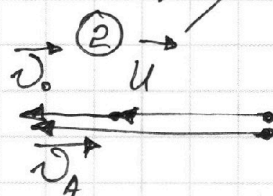
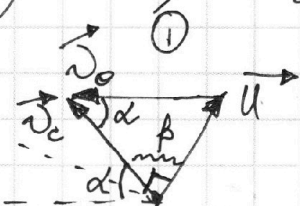
$$3. m = 100 \text{ мг}$$

$$R - ?$$



1. Поймём, что при вращении нашего тела, все его точки обладают враща-

тельной ск-тью ω (угловой) и ск-тью ц.м. O . Т.к. наша фигура - равносторонний Δ -ник, то т. A, B и C обладают одинаковыми вращательными компонентами $\vec{\omega}$ направленными параллельно противолежащим сторонам (касательная к описанной окр. ΔABC). Пусть ск-ть ц.м. O равна ω_0 . Тогда напишем векторные Δ -ки т. A и C :



$\vec{\omega}_0$ направлена вдоль BC (параллельно ей), т.к. $\vec{\omega}_A$ и $\vec{u}$ тоже параллельны BC !

Тогда: $\omega_A = u + \omega_0$ т. косинусов

$$\omega_0^2 = \omega_c^2 + u^2 - 2\omega_c u \cos \beta$$



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!

2. Из геометрии $\triangle ABC$ следует, что:

$$\beta = 90^\circ - \underline{\alpha}, \text{ где } \alpha = 60^\circ$$

$$\beta = 60^\circ$$

Тогда:

$$\begin{cases} v_A = u + v_0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_0^2 = v_c^2 + u^2 - 2 v_c u \cdot \frac{1}{2} \end{cases}$$

$$(v_A - u)^2 = v_c^2 + u^2 - \cancel{2} v_c u$$

$$v_A^2 + u^2 - 2 v_A u = v_c^2 + u^2 - \cancel{2} v_c u$$

$$v_c^2 - 2 u \left(\frac{1}{2} v_c - v_A \right) - v_A^2 = 0$$

3. Заметим, что на рис.1 можно нарисовать Т. синусов:

$$\frac{v_0}{\sin \beta} = \frac{u}{\sin \alpha}, \text{ но } \alpha = \beta = \cancel{60}^6, \text{ тогда}$$

$$v_0 = u \rightarrow u = \frac{v_A}{2}$$

$$v_c^2 - v_A \left(\frac{1}{2} v_c - v_A \right) - v_A^2 = 0$$

$$v_c^2 - \frac{1}{2} v_A v_c + v_A^2 - v_A^2 = 0$$



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
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!

$$v_c^2 - \frac{1}{2} v_A v_c = 0$$

$v_c = 0$ — не подходит по условию

$v_c = \frac{1}{2} v_A$ — это также можно было получить, помняв что Δ -тик на рис. 1 равносторонний

$$\boxed{v_c = \frac{1}{2} v_A} \quad v_c = \frac{1}{2} \cdot 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

4. Найдём радиус описанной окр. ΔABC :

$$r = \frac{2}{3} \cdot a \cdot \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3} a$$

↑ часть
медианы Δ -ка

5. Тогда найдём угловую ск-ть ω нашего тела отн. ц.м. O:

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{v_A}{2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} a} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{v_A}{a}$$

6. Т.к. трения нет, то $\omega = \text{const}$, значит:

$$2\pi N = \omega t \rightarrow t = \frac{2\pi N}{\omega} = \frac{2\pi N}{\frac{\sqrt{3} v_A}{2a}} = \frac{4 \cdot \pi N a}{\sqrt{3} v_A}$$

$$\boxed{t = \frac{4 \pi N a}{v_A \sqrt{3}}}$$

$$t = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 8 \cdot 0,2}{0,4 \cdot \sqrt{3}} \text{ с} = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{3} \text{ с}$$



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
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!

$$\tau \approx 2 \cdot 3,14 \cdot 1,73^5 \approx 2 \cdot 5,43^5 \approx 10,86^5 \leftarrow \text{это секунды}$$

$$\begin{array}{r} 3,14 \\ \times 1,73 \\ \hline 942 \\ 2198 \\ + 314 \\ \hline 54322 \end{array}$$

7. Т.к. по условию масса пчелы m много меньше массы тела, то можно полагать, что угловая ск-ть вращения тела не поменялась после приземления пчелы.

8. Надо понять, что равнодействующая сила R , действующая на пчелу, будет обеспечивать ей только нормальное ускорение a_n , т.к. по вертикали пчела не движется, а ц.м. движется с постоянной ск-тью v_0 , т.к. пол гладкий:

$$a_n = \omega^2 r$$

$$R = m a_n - \text{по II 3-му Ньютону.}$$

$$R = m \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{v_A}{r} \right)^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} a = m \cdot \frac{3}{4} \frac{v_A^2}{r} \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{\sqrt{3}}{4} \frac{v_A^2}{r} m$$

$$R = \frac{\sqrt{3}}{4} m \frac{v_A^2}{r}$$

$$R = \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0,4^2}{0,2} = \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot 10^{-4} \cdot \frac{16 \cdot 10^{-2}}{1,2 \cdot 10^{-1}} = 2\sqrt{3} \cdot 10^{-5} \text{ Н} \approx$$



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!

$$R \approx 2,173 \cdot 10^{-5} \text{ H} \approx 3,46 \cdot 10^{-5} \text{ H} \approx 34,6 \text{ мкH}$$

Ответ: 1. $\nu_c = 0,2 \frac{\text{M}}{\text{с}}$; 2. $T \approx 10,86 \text{ с}$; $R \approx 34,6 \text{ мкH}$



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 4

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!

$$h = 8 \text{ м}$$

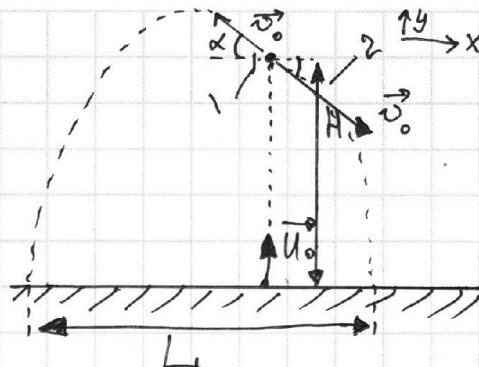
$$\tau = 0,8 \text{ с}$$

$$1. H - ?$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$2. U_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$L_{\text{max}} - ?$$



1. Пусть изначаль-
но фрейверк
запустили со
ск-тью U_0 .
Тогда:

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

2. Максимальная высота подъёма H равно:

$$H = \frac{U_0^2}{2g} \rightarrow H = \frac{(2h + g \tau^2)^2}{2g \cdot 4\tau^2}$$

$$H = \frac{(2h + g \tau^2)^2}{8g \tau^2}$$

$$H = \frac{(8 \cdot 2 + 10 \cdot 0,8^2)^2}{8 \cdot 10 \cdot 0,8^2} \text{ м} =$$

$$= \frac{(16 + 6,4)^2}{64 \cdot 0,8} \text{ м} = \frac{22,4^2}{64 \cdot 0,8} \text{ м} = \frac{501,76}{51,2} \text{ м} = 9,8 \text{ м}$$

$$= \frac{501,76}{51,2} \text{ м} = 9,8 \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} 22,4 \\ \times 22,4 \\ \hline 896 \\ 4480 \\ \hline 501,76 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 501,76 \\ \div 51,2 \\ \hline 9,8 \end{array}$$

3. Заметим, что ^{т.к.} в верхней
точке траектории фрейверк
не имеет скорости, то

по ЗСЦ осколки должны полететь
с одинаковыми ск-тями U_0 в проти-
воположных направлениях (см. рис.)

Тогда пусть ~~вылет~~ разрыв произойдет и





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 4

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!

осколки полетят под углом α к горизонту. Тогда запишем 3-и ~~н~~у движения осколков:

$$\begin{cases} x_1(t) = -v_0 \cos \alpha t \\ x_2(t) = +v_0 \cos \alpha t \\ y_1(t) = H + v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \\ y_2(t) = H - v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

4. В момент приземления $y_1(t) = 0$ и $y_2(t) = 0$, тогда:

$$\begin{cases} \frac{gt_1^2}{2} - v_0 \sin \alpha t_1 - H = 0 \rightarrow t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha \pm \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} \\ \frac{gt_2^2}{2} + v_0 \sin \alpha t_2 - H = 0 \rightarrow t_2 = \frac{-v_0 \sin \alpha \pm \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} \end{cases}$$

Тогда т.к. t_1 и $t_2 > 0$, то:

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

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

5. Тогда расстояние между осколками равно:

$$\begin{aligned} L &= x_2(t_2) - x_1(t_1) = v_0 \cos \alpha (t_1 + t_2) = \\ &= v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2 \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} \end{aligned}$$



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 4

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!

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

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

6. Рассмотрим ф-цию $f(x) = \cos x \cdot \sqrt{\sin^2 x + q}$

Анализируем её на ^{условие} максимума (и минимумы): $(q = \text{const})$

$$f'(x) = -\sin x \sqrt{\sin^2 x + q} + \cos x \cdot \frac{1}{\sqrt{\sin^2 x + q}} \cdot 2 \sin x \cdot \cos x =$$

$$= \frac{-\sin x (\sin^2 x + q) + \cos^2 x \sin x}{\sqrt{\sin^2 x + q}}$$

$$f'(x) = 0 \rightarrow \frac{(\cos^2 x - (\sin^2 x + q)) \sin x}{\sqrt{\sin^2 x + q}} = 0$$

↑ условие максимума/минимума
т.к. $q > 0$, то $\sqrt{\sin^2 x + q}$ всегда > 0 , тогда:

$$\sin x = 0 \rightarrow x = 0^\circ$$

$$\cos^2 x = \sin^2 x + q \rightarrow \cos 2x = q$$

7. Вернёмся к нашей задаче. Пересчитаем L для α :
 $x = \frac{1}{2} \arccos \left(\frac{q}{1} \right)$ - т.к. нам нужен $x > 0$

$$\alpha_1 = 0^\circ \rightarrow L(0) = \frac{2v_0}{g} \cdot \sqrt{2gH}$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{2} \arccos(q) \rightarrow \cos 2\alpha = q = \frac{2gH}{v_0^2}$$

Вспомним, что $\cos 2\alpha = 2\cos^2 \alpha - 1 = 1 - 2\sin^2 \alpha$



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
4 из 4

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!

Погда:

$$\cos \alpha = \sqrt{\frac{2gH + v_0^2}{v_0^2}} \quad \leftarrow \text{т.к. } \alpha < 90^\circ$$

$$\sin^2 \alpha = 1 - \frac{2gH}{v_0^2}$$

$$\begin{aligned} L(\alpha_2) &= \frac{2v_0^2}{g} \cdot \sqrt{\frac{2gH + v_0^2}{2v_0^2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{gH}{v_0^2} + \frac{2gH}{v_0^2}} = \\ &= \frac{2v_0^2}{g \cdot v_0} \cdot \sqrt{\frac{2gH + v_0^2}{2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{gH}{v_0^2}} = \\ &= \frac{2v_0}{g} \cdot \sqrt{\frac{1}{4v_0^2} (2gH + v_0^2)^2} = \frac{2v_0}{g \cdot 2v_0} (2gH + v_0^2) \end{aligned}$$

$$L(\alpha_2) = 2H + \frac{v_0^2}{g} > L(0)$$

значит $L_{\max} = 2H + \frac{v_0^2}{g}$

$$L_{\max} = 2 \cdot \overset{9,8}{\cancel{10}} \text{ м} + \frac{40 \cdot \overset{40}{\cancel{10}}}{\cancel{10}} \text{ м} = \overset{19,6}{\cancel{20}} \text{ м} + 40 \text{ м} = \overset{59,6}{\cancel{42}} \text{ м}$$

Ответ: 1. $H = \overset{9,8}{\cancel{10}} \text{ м}$; 2. $L_{\max} = \overset{59,6}{\cancel{42}} \text{ м}$



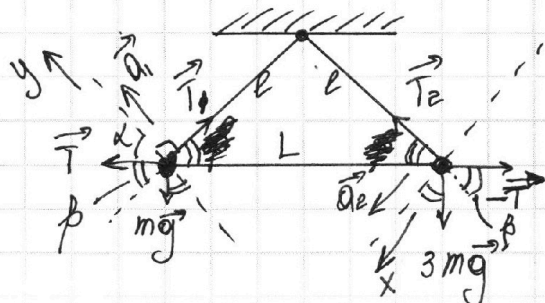
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

$$m = 0,1 \text{ кг}$$
$$L = 1,6 \text{ л}$$
$$m, l, g$$
$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



1. Понятно, что сразу после отпуска нити оста-

1. α - ?
 $\sin \alpha$ - ?

нутся натянутыми и шарики

2. a_1 - ?

начнут двигаться по окружности

3. T - ?

радиусом l . Т.к. в начальный

момент времени скорости шариков равны 0, то они имеют только тангенциальные ускорения направленные перпендикулярно нитям.

Когда введём оси Ox и Oy и запишем Π 3-х Ньютона в проекции на эти оси:

$$Oy: ma_1 = T \sin \beta - mg \cos \beta$$

$$Ox: 3ma_2 = 3mg \cos \beta - T \sin \beta$$

2. Заметим, что из условия неразрывности стержня (нерастяжимости) $a_1 = a_2$



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 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. Тогда:

$$4ma_1 = 2mg \cos \beta \rightarrow a_1 = \frac{1}{2} g \cos \beta$$

Из геометрии Δ -ка найти - стержень -
нить?

$$L = 2l \cos \beta \rightarrow \cos \beta = \frac{L}{2l} = \frac{1,6}{2} = \frac{4}{5}$$

$$a_1 = \frac{2}{5} g$$

$$a_1 = \frac{1}{2} g \cdot \frac{4}{5} = \frac{2}{5} g = \frac{2}{5} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

4. Из рис. видно что $\alpha + \beta = 90^\circ$, значит
 $\sin \alpha = \cos \beta = \frac{4}{5}$

5. Теперь найдём T :

$$ma_1 + mg \cos \beta = T \sin \beta$$

$$T = mg \cdot \frac{\frac{2}{5} + \frac{4}{5}}{\frac{3}{5}} = mg \cdot \frac{6}{3} = 2mg$$

$\uparrow$
 $\sin \beta$

$$T = 2mg$$

$$T = 2 \cdot 0,1 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 2 \text{ Н}$$

Ответ: 1. $\sin \alpha = \frac{4}{5}$; 2. $a_1 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; 3. $T = 2 \text{ Н}$



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 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!

$$\nu = 2 \text{ моль}$$

$$i = 3$$

$$C(T)$$

$$T_0 = 300 \text{ K}$$

$$1. \left(\frac{p}{p_0}, \frac{V}{V_0} \right) - ?$$

$$2. Q_1 - ?$$

$$3. M = 150 \text{ кг}$$

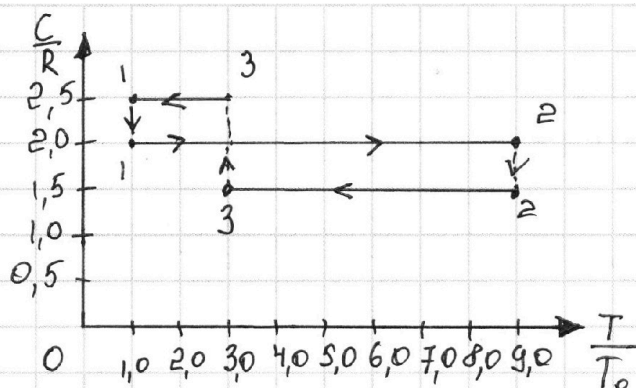
$$N = 10$$

$$H - ?$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$A_{\text{пол}} = \frac{1}{2} A_3$$



1. Заметим, что m -го под графиком $C(T)$ равна количеству теплоты переданному газу (или отданному). Тогда;

$$Q_{12} = 2,0 R \nu (9T_0 - T_0) = 16 \nu R T_0$$

$$Q_{23} = 1,5 R \nu (3T_0 - 9T_0) = -9 \nu R T_0$$

$$Q_{31} = 2,5 R \nu (T_0 - 3T_0) = -5 \nu R T_0$$

2. Тогда понятно, что количество теплоты подведенное к газу $Q_1 = Q_{12} = 16 \nu R T_0$

$$Q_1 = 16 \nu R T_0 \quad Q_1 = 16 \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot 300 \text{ Дж} =$$

$$= 3,2 \cdot 8,31 \cdot 3 \text{ кДж} = 9,6 \cdot 8,31 \text{ кДж} \approx 79,8 \text{ кДж}$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 9,60 \\ \hline 000 \\ 4986 \\ 7479 \\ \hline 79760 \end{array}$$

3. Далее разберёмся с теплоёмкостями в цикле. Рассчитаем теплоёмкости в известных нам процессах:



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!

$$1. T = \text{const} \rightarrow C_T \rightarrow \pm \infty$$

$$2. p = \text{const} \rightarrow C_p = \frac{i+2}{2} R$$

$$3. V = \text{const} \rightarrow C_v = \frac{i}{2} R$$

$$4. Q = 0 \rightarrow C_Q = 0 \quad \frac{i+1}{2} R$$

$$5. p = \alpha V \rightarrow C_{pv} = 2R - \text{вывод достаточно простой}$$

($\alpha = \text{const}$)

На всякий случай выведем C_{pv} :

$$Q_{pv} = C_{pv} \sqrt{R} \Delta T - \text{по стр. С (мол. теплоемкости)}$$

$$Q_{pv} = A_{pv} + \Delta U_{pv} - I \text{ 3-х термодинамики}$$

$$A_{pv} = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{\alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2) = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) -$$

- площадь трапеции в p - V координатах

$$p_i V_i = \sqrt{R} T_i - \text{ур-ние Клапейрона-Менделеева}$$

$$A_{pv} = \frac{1}{2} \sqrt{R} \Delta T - \text{работа газа}$$

$$\Delta U_{pv} = \frac{i}{2} \sqrt{R} \Delta T \rightarrow C_{pv} = \frac{i+1}{2} R$$

изменение внутр. энергии

4. И.к. в данной задаче $i=3$, то из задачи видно:

$$C_{12} = 2R \rightarrow 1-2: p \sim V$$

$$C_{23} = \frac{3}{2} R \rightarrow 2-3: V = \text{const}$$

$$C_{31} = \frac{5}{2} R \rightarrow 3-1: p = \text{const}$$



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!

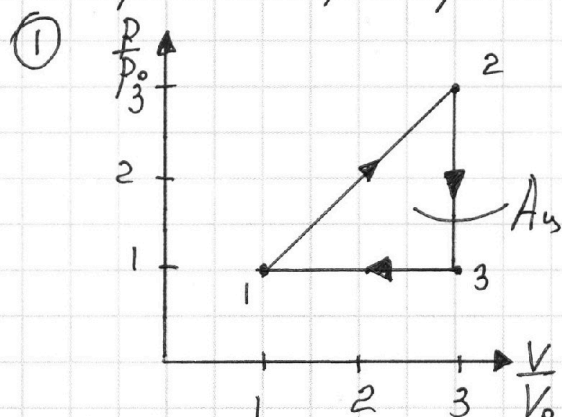
5. Тогда рассчитаем координаты точек 1, 2, 3.

1: p_0, V_0, T_0

2: $3p_0, 3V_0, 9T_0$ (т.к. $p \sim V$, то $p \sim \sqrt{T}$ и $V \sim \sqrt{T}$)

3: $p_0, 3V_0, 3T_0$ (т.к. $p = \text{const}$, то $V \sim T$)

Построим график $p(V)$:



6. Найдем работу A_3 за 3 цикла как по-го под графиком:

$$A_3 = \frac{1}{2} \cdot 2p_0 \cdot 2V_0 = 2p_0V_0 = 2 \cdot 2RT_0$$

7. Тогда по условию за 1 цикл газ совершает полезную работу $A_{\text{пол}} = \frac{1}{2} A_3 = 2RT_0$.

8. Тогда т.к. по условию груз поднимается медленно, то:

$$N A_{\text{пол}} = M g H \rightarrow H = \frac{N \cdot 2RT_0}{Mg}$$

$$H = \frac{10 \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot 300}{150 \cdot 10} \text{ м} = 4 \cdot 8,31 \text{ м} = 33,24 \text{ м} \approx 33,2 \text{ м}$$

Ответ: 1. см. рис. 1; 2. $Q_1 \approx 79,8 \text{ кДж}$; 3. $H \approx 33,2 \text{ м}$



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 ☐

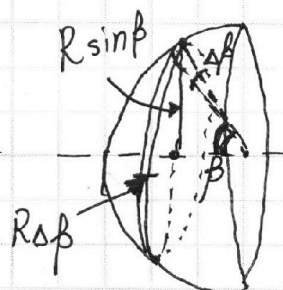
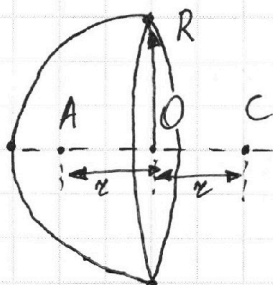
СТРАНИЦА
1 из 4

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!

Q, m, q, φ_0, R, k

1. φ_0 - ?

2. φ_c - ?



1. Для начала определим потенциал эл. поля в т. O. Для этого можно воспользоваться 2-мя способами:

I. принцип суперпозиции

II. непосредственно ^{ве} проинтегрировать

2. По I способу мысленно добавим 2-ю часть полусферы, тем самым получаем сферу, потенциал внутри которой равен $\frac{2kQ}{R}$, но т.к. он создан

2-мя полусферами, то потенциал 1-й полусферы в т. O равен $\varphi_0 = \frac{1}{2} \cdot \frac{2kQ}{R} =$

3. На всякий случай посчитаем II $\frac{kQ}{R}$ способом:

4. Разделим нашу полусферу на кольца толщиной $\Delta\beta \rightarrow 0$ ($\Delta\beta$ - 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 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 4

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!

толщина из т.О). Тогда если пов-ная
плотность заряда сферы σ , то
заряд колечка ~~Δq~~ $\Delta q = \sigma \Delta S =$
 $= \sigma \cdot 2\pi R \sin\beta \cdot R \Delta\beta$. Тогда потенциал
такого колечка в т.О равен:

$$\Delta\varphi = \frac{k \Delta q}{\sqrt{R^2 \cos^2\beta + R^2 \sin^2\beta}} \leftarrow R$$

общезвестный
факт, получаемый при расщипыва-
нии колечка на почти точечные
заряды, они все равноудалены ~~от~~ от
центра, а значит и от т.О

$$\Delta\varphi = \frac{k}{R} \cdot \sigma \cdot 2\pi R^2 \sin\beta \Delta\beta$$

Тогда потенциал $\varphi_0 = \sum_{i=1}^n \Delta\varphi_i$ ^{сумма} $= \frac{\pi}{2}$

$$= 2\pi\sigma k R \sum \sin\beta \Delta\beta = 2\pi\sigma k R \int \sin\beta d\beta =$$
$$= 2\pi\sigma k R \cdot -(\cos\frac{\pi}{2} - \cos 0) = 2\pi\sigma k R$$

Вспомним определение σ :

$$\sigma = \frac{Q}{S}, \text{ где } S = 2\pi R^2 - \text{м-гоб}$$

полусферы $\rightarrow \varphi_0 = \frac{kQ}{R}$ - ура! Совпало!



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 4

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. Тогда воспользуемся ЗСЭ:

$$\underbrace{\varphi_0 q + \frac{m v_0^2}{2}}_{\text{в т.О}} = \underbrace{\varphi_\infty q + \frac{m v_\infty^2}{2}}_{\text{на бесконечности}}$$

полагая $\varphi_\infty = 0$, получим:

$$\frac{kQ}{R} q + \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m}{2} v_\infty^2$$

↓

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

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

5. Теперь определим потенциал точки ~~A~~ φ_A . Исходя из того, что в т.А заряд покоился, то по ЗСЭ:

$$\varphi_A q = \varphi_0 q + \frac{m v_0^2}{2} \rightarrow \varphi_A = \varphi_0 + \frac{m v_0^2}{2q}$$

6. Теперь определим потенциал т.С. Воспользуемся принципом суперпозиции. Если мы мысленно добавим



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 4

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!

ещё одну полусферу, то получится потенциал $\frac{2kQ}{R}$, но т.к. т.С и т.А равноудалены от т.О, то при добавлении 1-й полусферы создаёт в т.С искомый потенциал φ_c , а 2-я полусфера в т.С создаёт потенциал, равный φ_A . Тогда:

$$\varphi_A + \varphi_c = \frac{2kQ}{R}$$

7. Тогда по ЗСЭ:

$$\underbrace{\varphi_A + \varphi_c}_{\text{т.А}} q = \underbrace{\varphi_c}_{\text{т.С}} \cdot q + \frac{m v_c^2}{2}$$

$$(\varphi_A - \varphi_c) q = \frac{m v_c^2}{2} \rightarrow \frac{m v_0^2}{2} \cdot 2 = \frac{m v_c^2}{2} \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{v_c = v_0 \sqrt{2}}$$

$$\text{Ответ: 1. } v = \sqrt{v_0^2 + \frac{2kQq}{mR}}; 2. v_c = v_0 \sqrt{2}$$



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.

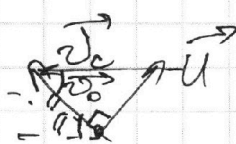
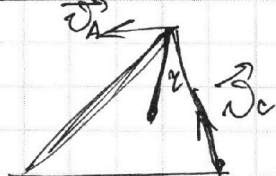
1 ☒ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☒ 7 ☒

СТРАНИЦА
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!

черновик

①



$$S = \frac{abc}{4R}$$

$$S = \frac{1}{2} a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} a =$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{4} a^2$$

$$r = a \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$v_A = v_0 + u \rightarrow u = \frac{v_A}{2}$$

$$v_0^2 = u^2 + v_C^2 - 2u v_C \cdot \frac{1}{2}$$

$$\frac{v_0}{\sin 60} = \frac{u}{\sin 60}$$

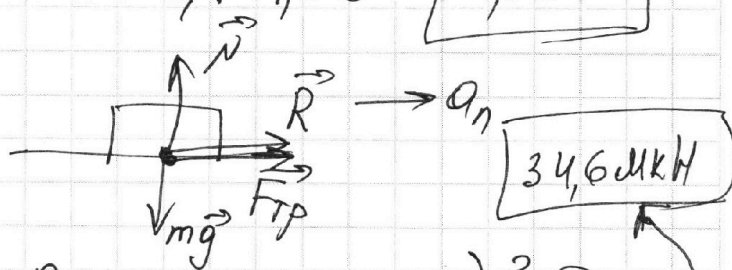
$$v_C^2 - 2u v_C = 0 \rightarrow v_C = u = \frac{v_A}{2}$$

$$\omega = \frac{u}{r} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{v_A}{a}$$

$$R = 10^{-4} \cdot \frac{0,4^2 \sqrt{3}}{0,2 \cdot 4}$$

$$2\pi N = \omega T \rightarrow T = \frac{4\pi a N}{\sqrt{3} v_A} = \frac{2}{1,73} \cdot 1,73 \cdot 10^{-5} = 3,46 \mu\text{K}$$

$$\frac{4 \cdot 3,14 \cdot 0,2 \cdot 3 \sqrt{3}}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 2 \cdot 3/4 \cdot 1,73 = 10,06^5$$



$$34,6 \mu\text{K}$$

$$R = m a_n = m \frac{v_A^2}{4} \cdot \frac{\sqrt{3}}{a} = m \frac{v_A^2}{a} \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} = 10^{-4} \frac{0,16}{0,2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$\begin{array}{r} 3,14 \\ \times 1,73 \\ \hline 942 \\ + 2198 \\ \hline 54322 \approx 5,43 \end{array}$$



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.



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

~~h = 10~~

$$h = U_0 z - \frac{gz^2}{2}$$

$$U_0 = \frac{h + \frac{gz^2}{2}}{z} = \frac{10 + \frac{10}{2} \cdot 0,8^2}{0,8} =$$

$$= 10 + \frac{10}{2} \cdot 0,8^2 = 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$H = \frac{U_0^2}{2g} = \frac{196}{2 \cdot 10} \text{ м} = 9,8 \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} 22,4 \\ \times 22,4 \\ \hline 896 \\ + 448 \\ 448 \\ \hline 501,76 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 501,76 : 64 \\ \underline{448} \\ 537 \\ \underline{512} \\ 256 \\ \underline{256} \\ 0 \end{array}$$

$$\frac{7,84}{0,8} = \frac{7,84}{8} =$$
$$= \frac{39,2}{4} = 9,8 \text{ м}$$

③ ⑤

