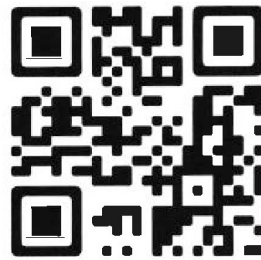




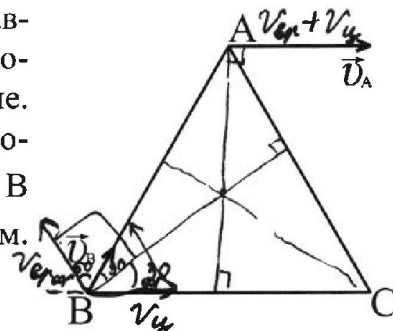
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



✗ 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 $v_A = 0,8$ м/с, а скорость $\vec{v}_B$ вершины B направлена вдоль стороны BA. Длины сторон треугольника $a = 0,4$ м.



✗ Найдите модуль v_B скорости вершины B.

✗ За какое время τ пластина в системе центра масс совершит четыре оборота?

Пчела массой $m = 60$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины C.

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

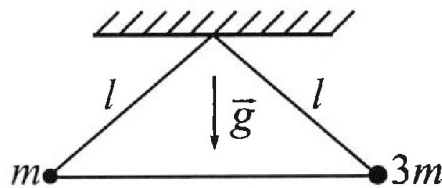
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

✗ На какой высоте H разорвался фейерверк, если известно, что на высоте $h = 11,2$ м фейерверк летел со скоростью $V = 4$ м/с? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте H фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 16$ 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.

✗ Два шарика с массами $m = 80$ г и $3m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарик скреплен с легким стержнем длины $L = 1,2l$. Систему удерживают так, что шарик находится на одной высоте. Далее систему освобождают.



✗ Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_2$ ускорения шарика массой $3m$ сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.

✗ Найдите модуль a_2 ускорения шарика массой $3m$ сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

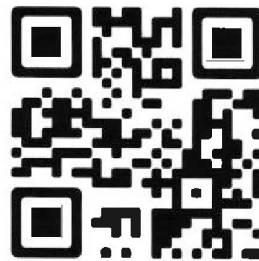
✗ Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.



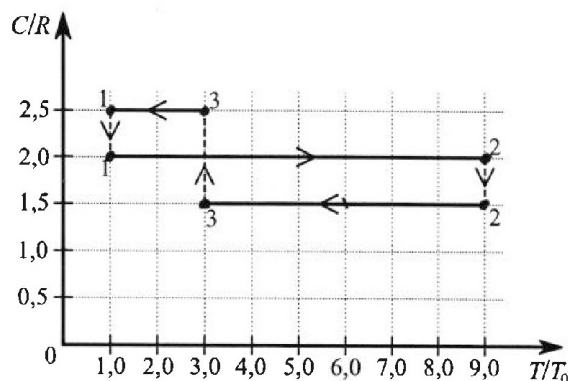
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



✖ Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 3$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 270$ К.

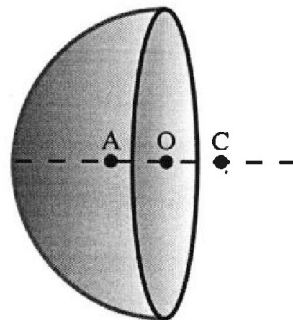


✖ Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 — давление и объем газа в состоянии 1.

✖ Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

✖ На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 250$ кг за $N = 15$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К). Считайте, что в каждом цикле половина работы газа за цикл преобразуется в полезную работу подъемника.

5. По поверхности 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 . Частица движется по прямой АС и на большем по сравнению с R расстоянии от точки О скорость частицы равна V . Точки А и С находятся на неизвестных равных расстояниях от точки О.



1. Найдите скорость V_O частицы в точке О. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.
2. Найдите скорость V_C частицы в точке С.

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

Handwritten solution for problem 5:

Diagram: A horizontal line with points A, O, C. A charge q is at A, and a charge q_0 is at O. The distance between A and O is r .

Equations:

$$F_H = q_0 E$$

$$E = \frac{kQ}{L}$$

$$A = F d r = \frac{kQq}{L^2} = \varphi_A - \varphi_B = A = q_{\text{зар}} \cdot E \cdot L$$

$$\frac{kQq}{L^2} = \frac{kQ}{L}$$

$$\frac{kQq}{L^2} - \text{изм.}$$

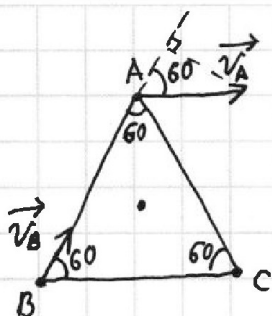


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

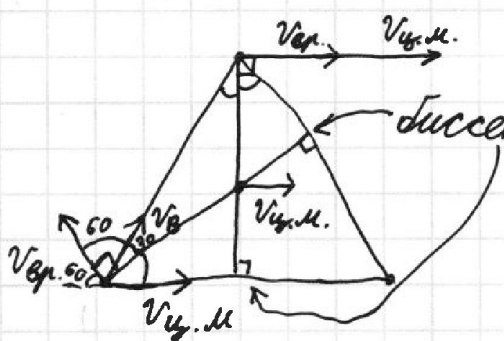
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$N1$
 AB - жесткая грань.

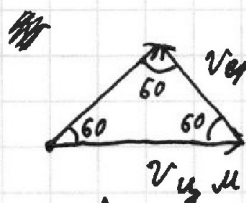
$$v_A \cos(60) = v_B$$

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



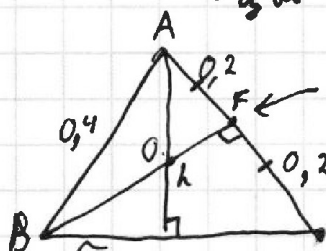
$v_{\text{вер.}}$ - скорость ~~вершин~~ вершин в сист. отсчёта центра масс.

$v_{\text{ц.м.}}$ - скорость центра масс. относ. земли.



треугольник равносторон.

$$v_{\text{вер.}} = v_{\text{ц.м.}} = v_B = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



биссектр., высот., медиана

медианы делят дуги дуга как 2:1

По теореме Пифагора для $\triangle BFA$:

$$0,4^2 = 0,2^2 + h^2 \Rightarrow h = \sqrt{0,4^2 - 0,2^2} = 0,12$$

$$\Downarrow$$

$$OB = 0,08 \text{ м.} = R_{\text{равн.}}$$

$$v_{\text{вер.}} = \omega \cdot R_{\text{равн.}}$$

$$\omega = \frac{0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{0,08 \text{ м}} = 5 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

1 оборот - 2π радиан

$$T = \frac{2\pi \cdot 4}{5} = 5,024 \text{ с}$$



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
☐

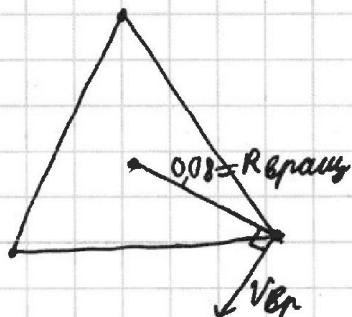
6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
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!

N1 (продолж)



$a_{ц}$ - центростремительное ускорение.

$$\begin{cases} a_{ц} = \frac{v_{вр}^2}{R_{вращ}} \\ R = F = a_{ц} \cdot m \end{cases}$$

$$R = F = \frac{v_{вр}^2 \cdot m}{R_{вращ}}$$

$$R = F = \frac{0,4 \cdot 0,4 \cdot 60 \cdot 10^{-6}}{0,08} = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ Н}$$

$$R = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ Н}$$



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
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!

N2 (продолжение.)

$$L = v_x \left(\frac{\sqrt{v_y^2 + 2gH} - v_y + \sqrt{v_y^2 + 2gH} + v_y}{g} \right) = \frac{2v_x \sqrt{v_y^2 + 2gH}}{g} =$$
$$= 2 \frac{\sqrt{v_0^2 - v_y^2} \sqrt{v_y^2 + 2gH}}{g}$$

Если ~~взять~~ производную максимизируя функцию получим:

$$v_0^2 - v_y^2 = v_y^2 + 2gH$$

$$\sqrt{\frac{v_0^2 - 2gH}{2}} = v_y; v_y^2 = \frac{v_0^2 - 2gH}{2}$$

$$L_{\max} = \frac{2}{g} \sqrt{v_0^2 - \left(\frac{v_0^2}{2} - gH\right)} \sqrt{\frac{v_0^2}{2} - gH + 2gH} =$$

$$= \frac{2}{g} \sqrt{\frac{v_0^2}{2} + gH} \cdot \sqrt{\frac{v_0^2}{2} + gH} = \frac{2}{g} \left(\frac{v_0^2}{2} + gH \right) =$$

$$= \frac{v_0^2}{g} + \frac{2gH}{g} = 2H + \frac{v_0^2}{g} = 2 \cdot 12 \text{ м} + \frac{16^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 24 + 1,6 \cdot 16 \text{ м}$$

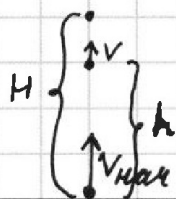
$$L_{\max} = 49,6 \text{ м}$$



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
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!



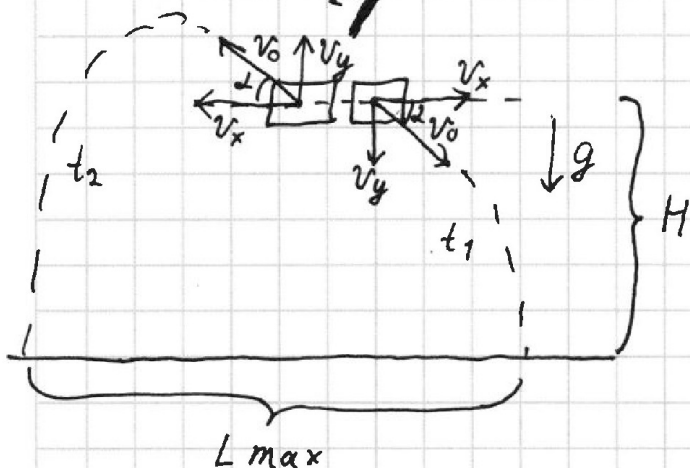
N 2

$$mgh + \frac{mv^2}{2} = mgh$$

$$h + \frac{v^2}{2g} = H$$

$$H = 11,2 + \frac{4^2}{2 \cdot 10} = 12 \text{ м}$$

импульс системы на высоте H ~~не~~ равен, значит после разрыва, так как (внешних сил нет) импульс останется равен 0, скорости будут противоположно направлены и равны (так как массы равны).



$$H = v_y t_1 + \frac{g t_1^2}{2}$$

$$\frac{g t_1^2}{2} + v_y t_1 - H = 0$$

$$t_1 = \frac{-v_y \pm \sqrt{v_y^2 - 4(-H)\frac{g}{2}}}{2 \cdot \frac{g}{2}}$$

$$t_1 = \frac{\sqrt{v_y^2 + 2gH} - v_y}{g}$$

$$H = -v_y t_2 + \frac{g t_2^2}{2}$$

$$t_2 = \frac{\sqrt{v_y^2 + 2gH} + v_y}{g}$$

$$v_x^2 + v_y^2 = v_0^2$$

$$v_x = \sqrt{v_0^2 - v_y^2}$$

$$L = v_x t_1 + v_x t_2 = v_x (t_1 + t_2)$$

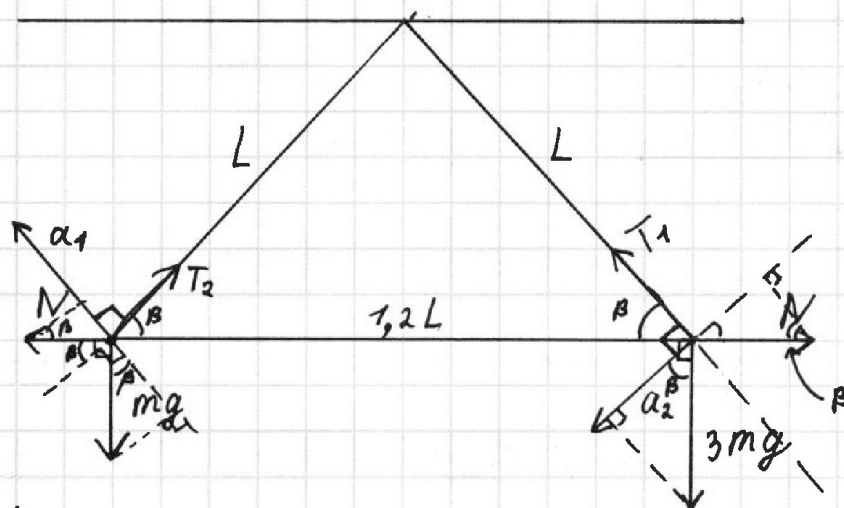


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$1,2L\omega^2 = |\alpha_1 \cdot \cos(90^\circ - \beta) - \alpha_2 \cos(90^\circ - \beta)|$$

$\Downarrow$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$$

($\omega = 0$ в момент $t = 0$)

$\Downarrow$

$$3 = \frac{3mg \cdot 0,6 - N \cdot 0,8}{0,8N - mg \cdot 0,6}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T_1 = 3mg \sin(\beta) + N \cos(\beta) \\ \alpha_2 \cdot 3m = 3mg \cos(\beta) - N \sin(\beta) \\ \alpha_1 m = N \sin(\beta) - mg \cos(\beta) \\ T_2 = N \cos(\beta) + mg \sin(\beta) \end{array} \right.$$

$$2,4N - 1,8mg = 1,8mg - 0,8N$$

$$3,2N = 3,6mg$$

$$N = \frac{36}{32} mg = \frac{9}{8} mg = 1,125mg$$

$$\alpha_2 = \frac{3mg \cdot 0,6 - \frac{9}{8} \cdot 0,8 mg}{3m} = 0,3g$$

$$\alpha_2 = 3 \frac{\mu}{c^2}$$

$$T_1 = 3mg \cdot 0,8 + \frac{9}{8} mg \cdot 0,6 = \frac{12,3}{4} mg = 123 \cdot \frac{0,08}{4} = 123 \cdot 0,02 = 2,46$$

$$T_1 = 2,46 \text{ Н}$$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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



$$\Delta^2 = \Delta^2 + 1,44\Delta^2 - 2 \cdot 1,2 \cdot L \cdot \cos(\beta)$$

$$0 = 1,44 - 2,4 \cdot \cos(\beta)$$

$$1,2 = 2 \cos(\beta)$$

$$\cos(\beta) = 0,6$$

$$\sin(\beta) = \sqrt{1 - 0,36} = 0,8$$

$$90 - \beta = \alpha$$

$$\sin(\alpha) = \sin(90 - \beta) = \cos(\beta) = 0,6$$

~~$3mg \sin(\beta) = N \cos(\beta)$~~

~~$3mg \cos(\beta) = N \sin(\beta)$~~

~~$N = \frac{3mg \cos(\beta)}{\sin(\beta)}$~~

~~$N = \frac{3mg \cdot 0,6}{0,8}$~~

~~$N = 2,25mg$~~

Продолжение дальше

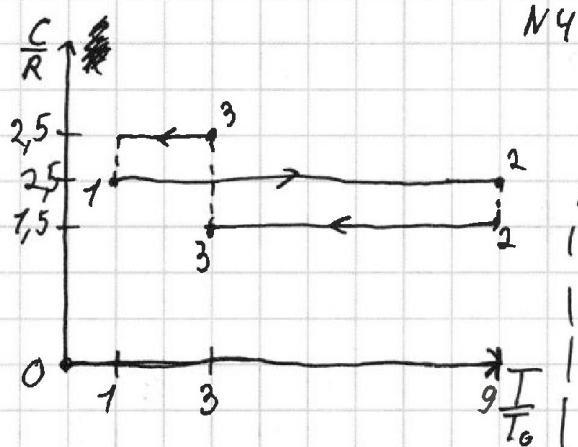


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

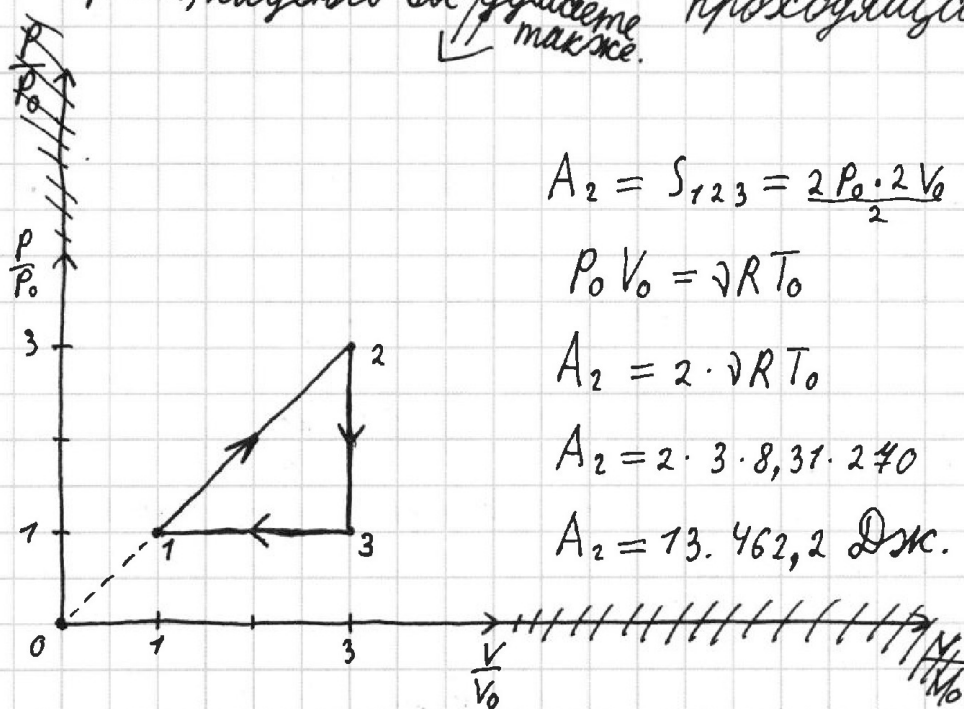


$$C = \frac{3}{2}R + \frac{P \Delta V}{\Delta T}$$

C_{2-3} — с без работы ($A=0$),
 так как $C=1.5$. ($V=0$)

C_{3-1} — с постоянным P ,
 так как $C=2.5$.

Это типично известный факт, надеюсь вы знаете также. C_{1-2} — C , при котором $P(V)$ линейная функция проходящая через 0.



$$A_2 = S_{123} = \frac{2P_0 \cdot 2V_0}{2} = 2P_0 V_0$$

$$P_0 V_0 = 2RT_0$$

$$A_2 = 2 \cdot 2RT_0$$

$$A_2 = 2 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 240$$

$$A_2 = 13.462,2 \text{ Дж.}$$

$$MgH = NA_2$$

$$H = \frac{NA_2}{Mg} \Rightarrow H = \frac{9 \cdot 13.462,2}{70 \cdot 250} = \frac{9 \cdot 8,31 \cdot 240}{25}$$

$$H = 80,4432 \text{ м}$$



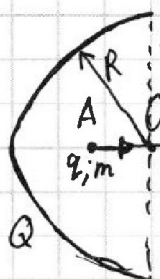
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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!

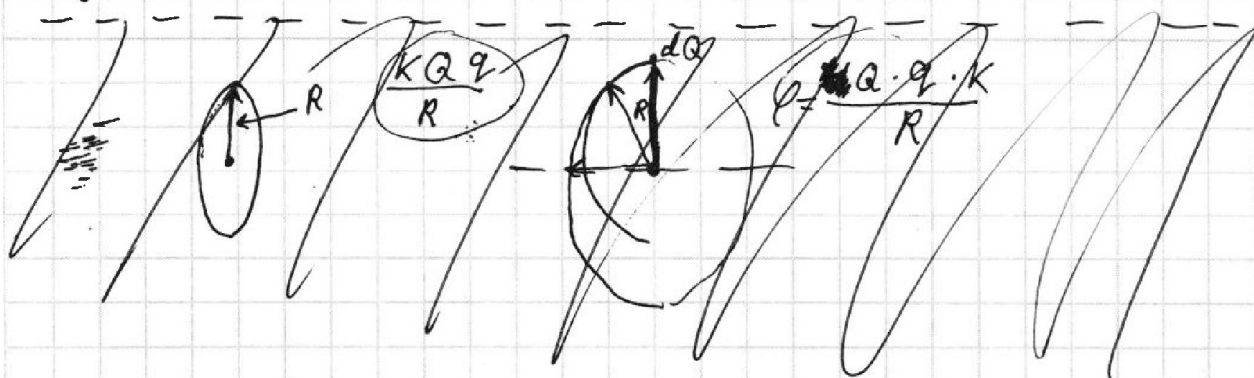
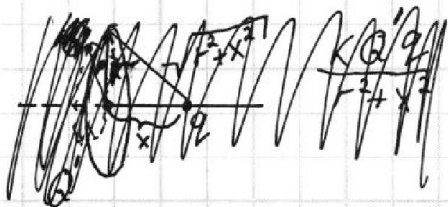
N 5



$$\frac{mv^2}{2} = \text{потенциальная энергия в A.}$$

$$\text{Энергия в точке O} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{kQq}{R}$$

$$\sqrt{\frac{mv^2 - \frac{2kQq}{R}}{m}} = v_0$$





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
X из X

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!

$$\frac{C}{R} = \frac{Q}{R \Delta T} = \frac{\Delta U + \Delta A}{R \Delta T} = \frac{1,5 R \Delta T}{R \Delta T} + \frac{P \Delta V}{R \Delta T}$$

$$\frac{C}{R} = 1,5; \Delta V = 0 \quad \left| \quad \frac{C}{R} = 2,5; \Delta P = 0 \right| \quad \begin{matrix} P \Delta V = R \Delta T \\ P \neq 2V \end{matrix}$$

$$2 \Delta V dV + \Delta V^2 = R \Delta T$$

$$\frac{C}{R} = 1,5 + \frac{P \Delta V}{2 \Delta V \Delta V + \Delta V^2}$$

$$\frac{C}{R} = 1,5 + \frac{P \Delta V}{R \Delta T} = 2$$

$$\frac{2 \Delta V \Delta V}{2 \Delta V \Delta V} = 0,5$$

$$\begin{aligned} P &= 2V \\ (P + dP) &= 2(V + dV) \\ d(V + dV)^2 &= R d(T + \Delta T) \\ 2 \cdot 2V dV &= R dT \end{aligned}$$

$$(0,4 + 0,2) (0,4 - 0,2) = 0,12$$

$$\frac{0,16}{0,08} \cdot 10^{-4} = 2 \cdot 10^{-4}$$

$$\sin(90) = 1$$

$$\frac{8 \cdot 3,14}{5} = 5,024$$

$$60 \text{ м} \cdot 1000 \text{ м} = 6 \cdot 10^4 \text{ м}^2$$

$$\sin(30) = \sin(90 - 60) = \cos(60) \quad \sin(30) = \frac{1}{2} \quad \cos(60) = \frac{1}{2}$$

$$\sin(45) = \frac{\sqrt{2}}{2} \quad \cos(45) = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\sin(60) = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad \cos(30) = \frac{\sqrt{3}}{2}$$



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

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
X ИЗ X

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!

$$\cancel{3} \cdot 0,6 \text{ g} - \frac{\cancel{3}}{\cancel{2}} \cdot 0,8^1 \text{ g} = 0,6 \text{ g} - 0,3 \text{ g} = 0,3 \text{ g}$$

$$\cancel{2} \cdot \frac{\cancel{9,6}}{4} \text{ mg} + \frac{\cancel{0,8} \cdot 9,4}{4} \text{ mg}$$

$$\frac{\cancel{7} \cdot \cancel{11}^2}{\cancel{20} \cdot \cancel{22}^2} = 0,8$$

$$\frac{\cancel{10} + \cancel{2,3}}{4} \text{ mg} = \frac{12,3}{4} \text{ mg}$$

$\uparrow v_y$

$$0 = \frac{gt^2}{2} + v_y t - H$$

$$t = \frac{-v_y \pm \sqrt{v_y^2 + 4H}}{g}$$

$\downarrow g$ H

$$\begin{array}{r} 942 \\ \times 831 \\ \hline 11042 \\ 2916 \\ 4446 \\ \hline 804432 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16 \\ \times 16 \\ \hline 96 \\ 16 \\ \hline 256 \\ 240 \\ \hline 496 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ \cancel{81} \\ \hline 162 \\ \times 831 \\ \hline +16,2 \end{array}$$

$$16,2 + 162 \cdot 3 + 1620 \cdot 8$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 180 \\ 6 \\ \hline 486 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8 \\ 48 \\ 16 \\ \hline 0 \\ 12960 \\ 486 \\ \hline 13446,0 \\ 16,2 \\ \hline 13462,2 \end{array}$$

$$\frac{242,2}{10} 8,319$$

$$24 \rightarrow 54 \rightarrow 108$$

$$1,08 \cdot 8,319$$

$$9,42 \cdot 8,31$$