



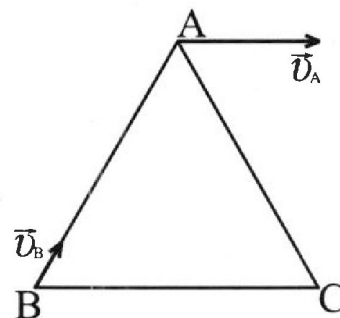
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-02

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



1. Найдите модуль v_B скорости вершины B.
2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит четыре оборота?

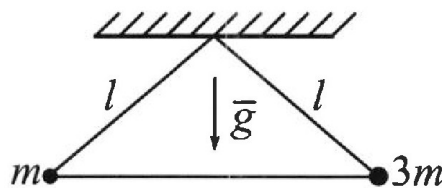
Пчела массой $m = 60$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины C.

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 $h = 11,2$ 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.
3. 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.



1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_2$ ускорения шарика массой $3m$ сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.
2. Найдите модуль a_2 ускорения шарика массой $3m$ 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.



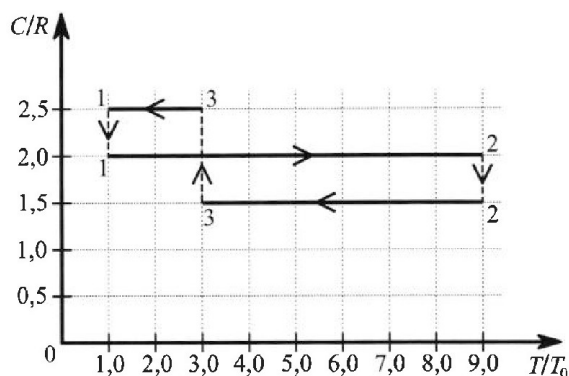
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. 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, $T_0 = 270 \text{ K}$.

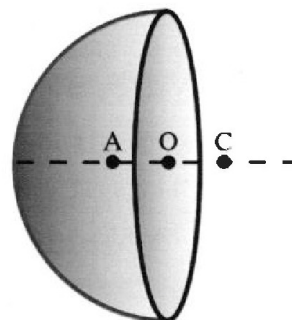


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 250 \text{ кг}$ за $N = 15$ 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 . 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.

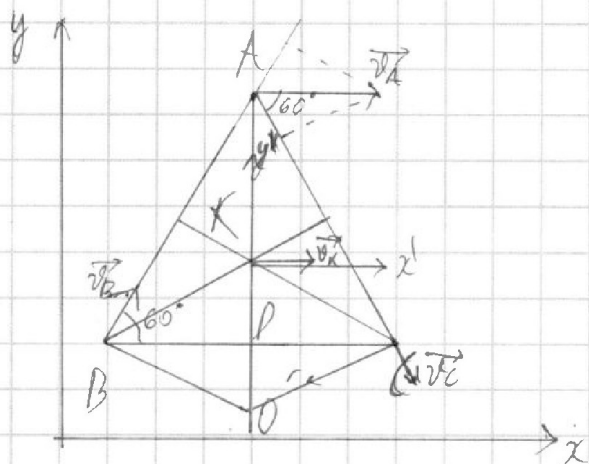


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



ABC - равност.

$$v_A = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$AB = 0,4 \text{ м}$$

1) Найти мгновенный центр вращения пластинки, для этого проведем перпендикуляры к скоростям точек A и B, они пересекутся в точке O, O - это мгновенный центр вращения.

$$AO \perp BC = P, \quad BP = CP = \frac{BC}{2} = 0,2 \text{ м}, \quad \cos \angle OBD = \cos 30^\circ = \frac{BP}{BO}$$

$$BO = \frac{BP}{\cos 30^\circ}, \quad OD = BP \cdot \tan 30^\circ, \quad AD = \sqrt{AB^2 - BP^2} = \sqrt{4BP^2 - BP^2} = BP\sqrt{3}$$

$$v_A = \omega \cdot AD = \omega \cdot (AD + OD)$$

$$v_B = \omega \cdot OB$$

$$\frac{v_B}{OB} = \frac{v_A}{AD + OD}$$

$$v_B = \frac{v_A \cdot OB}{AD + OD} = \frac{0,8 \cdot 0,2 \cdot 2}{\sqrt{3} \cdot (0,2 \cdot \sqrt{3} + 0,1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{3})} = \frac{0,16 \cdot 2}{0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot \frac{3}{3}} = \frac{0,32}{0,8} = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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



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!

2) Найти центр масс пластины, к.к. пластины имеет форму равност. Δ -ка, то её центр масс расположен на пересечении медиан, в точке K .

$$OK = \frac{1}{3}AD + OD = \frac{0,2 \cdot \sqrt{3}}{3} + \frac{0,2 \cdot \sqrt{3}}{3} = \frac{0,4\sqrt{3}}{3}$$

$$v_K = \omega \cdot OK = \frac{v_A \cdot OK}{AO} = \frac{0,8 \cdot 0,4\sqrt{3}}{3 \cdot (\frac{0,2\sqrt{3}}{3} + \frac{0,2\sqrt{3}}{3})} = \frac{0,8 \cdot 0,4}{3 \cdot 0,2 + 0,2} = \frac{0,8 \cdot 0,4}{0,8} = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

В CO , движ. с центр. масс $x'ky'$, $\vec{v}_A = \vec{v}_K + \vec{v}$

$$x': v_A = v_K + v$$

$$v = v_A - v_K = 0,8 - 0,4 = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

ω' - угловая скорость в CO , движ. (цм. хвост)

$$\omega' = \frac{v}{AK} = \frac{v}{\frac{2}{3}AD} = \frac{0,4}{\frac{2}{3} \cdot (\frac{0,2\sqrt{3}}{3} + \frac{0,2\sqrt{3}}{3})} = \frac{0,4}{\frac{2}{3} \cdot 0,4} = \frac{0,4}{0,266666} = 1,5 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$\varphi = \omega' \cdot t = \frac{v}{AK} \cdot t = \frac{0,4}{\frac{2}{3} \cdot 0,4} \cdot t = 1,5t$$

3) $v_c = v_A \cdot \cos 60 = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, т.к. продвиг. скоростью точки движется на ось AC дальн. быть ортормованн (мощность - ниверсия)

Крив движется со скоростью точки C , она испытывает центростремительное ускорение a_c , по II закону Ньютона на ось r :

$$R = \frac{m v_c^2}{\rho C} = \frac{0,8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4^2}{\frac{0,2 \cdot \sqrt{3}}{3}} = \frac{0,8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,16}{\frac{0,2 \cdot \sqrt{3}}{3}} = \frac{0,128 \cdot 10^{-6}}{\frac{0,2 \cdot \sqrt{3}}{3}} = 32 \sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ Н}$$

$$\text{Ответ: } R = 32 \sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ Н}$$

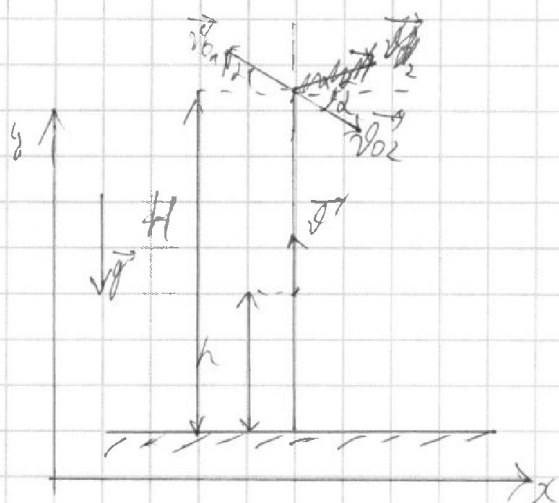


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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



$$v = 40 \frac{m}{c}$$

$$h = 11,2 \text{ м}$$

$$v_0 = 16 \frac{m}{c}$$

$$1) \quad h_1 = h = \frac{v^2 - v_0^2}{2g} \quad v_0 = 0 \frac{m}{c}$$

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{16}{2 \cdot 20} = 0,4 \text{ м}$$

3) (сопротивление воздуха нет):

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

$$v_1 = 0$$

$$\frac{v^2}{2} + gh = gH$$

$$H = \frac{v^2 + 2gh}{2g} = \frac{16 + 2 \cdot 11,2 \cdot 10}{20} = \frac{16 + 224}{20} = \frac{240}{20} = 12 \text{ м}$$

Ответ: $H = 12 \text{ м}$.

2) Если осколки разлетались на максимальные расстояния, то вернем их скорости карав-
ленки под углом $\alpha = 45^\circ$, т.к. $l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

$$v_{01} = v_{02} = v_0 \quad \text{Угол разлета осколка был равен } 45^\circ$$

$$\text{Рассчитать длину выстрела при данном угле выстрела}$$

$$H = h \text{ равно } 2L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} = \frac{16}{10} = 1,6 \text{ м}$$

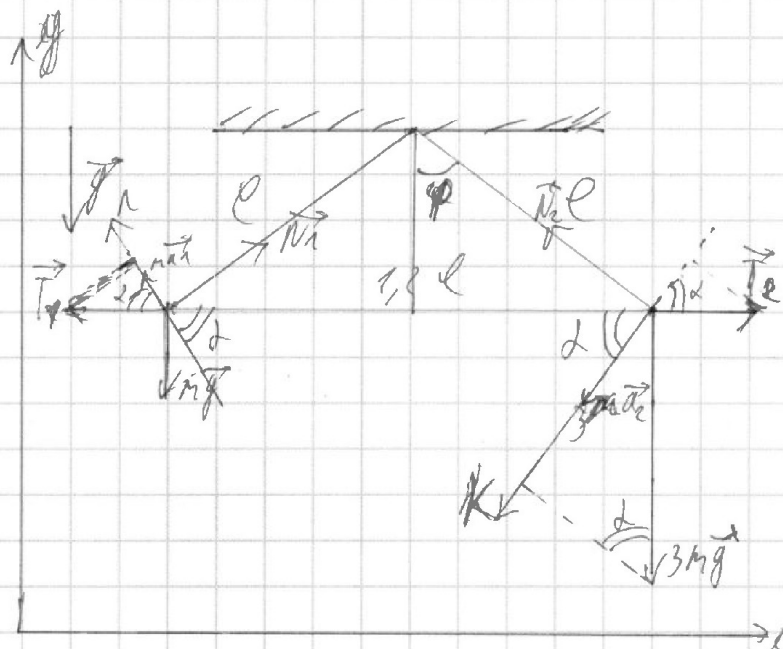


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$R = 802$$

$$L = 7,2 \text{ м}$$

1) В начале времени $t=0$

Тяже системы находится в состоянии покоя. Ускорения $\vec{a}_1$ и $\vec{a}_2$ масс M и m равны по модулю и направлены в противоположные стороны. Ускорение $\vec{a}$ системы равно нулю.

Проведем перпендикуляр к поверхности из точки крепления нити, $\sin \varphi = \frac{4}{5} = 0,8$, $\varphi = 37^\circ$, $\psi = 90^\circ - (90^\circ - \varphi) = \varphi$, следовательно

$$\sin \alpha = 0,6$$

$$\text{Ответ: } \sin \alpha = 0,6.$$

2) Выберем ось K перпендикулярно правой нити и ось L перпендикулярно левой нити.

II закон Ньютона:

$$3mg = 3m\varphi + T_L + T_R$$



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

1
☐

2
☐

3
☒

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
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!

$$K: 3ma_2 = 3mg \sin \alpha - T_2 \cos \alpha$$

$$1: ma_1 = T_1 \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

П.к. стержень ~~разрывается~~ не имеет, но $T_1 = T_2 = T$,

имеем невесомый с пружинами, знаем ускорения одинаковые, $a_1 = a_2 = a$

$$\begin{cases} 3ma = 3mg \sin \alpha - T \cos \alpha & (1) \\ ma = -mg \sin \alpha + T \cos \alpha & (2) \end{cases}$$

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

$$a = \frac{g \sin \alpha}{2} = \frac{10 \cdot 0,6}{2} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\text{Отв: } a_2 = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

$$3) (1) T \cos \alpha = 3m(a + g \sin \alpha)$$

$$T = \frac{3m(a + g \sin \alpha)}{\cos \alpha} = \frac{3 \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot (6 - 3)}{0,8} = \frac{9 \cdot 60 \cdot 10^{-3}}{0,8} =$$
$$= \frac{540 \cdot 10^{-3}}{0,8} = \frac{5400 \cdot 10^{-3}}{8} = 0,675 \text{ Н}$$

$$\text{Отв: } T \approx 0,7 \text{ Н}.$$

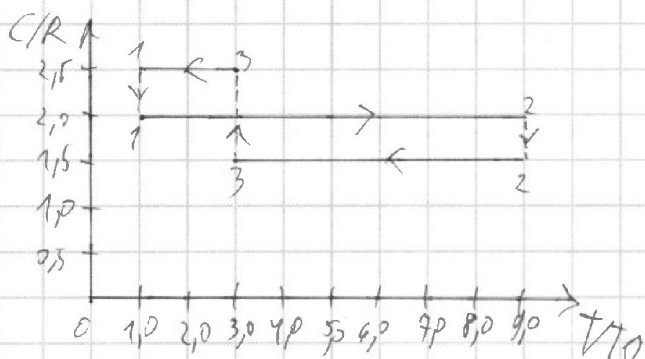


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$J = 3 \text{ моль}$$

$$T_0 = 270 \text{ K}$$

1) В процессе с постоянной молярной теплоемкостью всегда выполняются соотношения

$$pV^{\kappa} = \text{const}; \text{ где } \kappa = \frac{C - C_p}{C - C_v}, \text{ } C - \text{ молярная теплоемкость в процессе.}$$

$$\kappa_{12} = \frac{2R - \frac{5}{2}R}{2R - \frac{3}{2}R} = \frac{-0,5R}{0,5R} = -1$$

в процессе 1-2: $pV^{-1} = \text{const}$ или

$$p = 2 \cdot V$$

$$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}$$

По уравнению Менделеева - Клапейрона:

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{9}$$

$$p_2 V_2 = 9 p_1 V_1$$

$$p_2 V_2 = \frac{9 p_1 V_1^2}{V_2}$$

$$9 V_1^2 = V_2^2$$

$$3 V_1 = V_2$$

$$p_2 = \frac{p_1 V_2}{V_1} = \frac{p_1 \cdot 3 V_1}{V_1} = 3 p_1$$



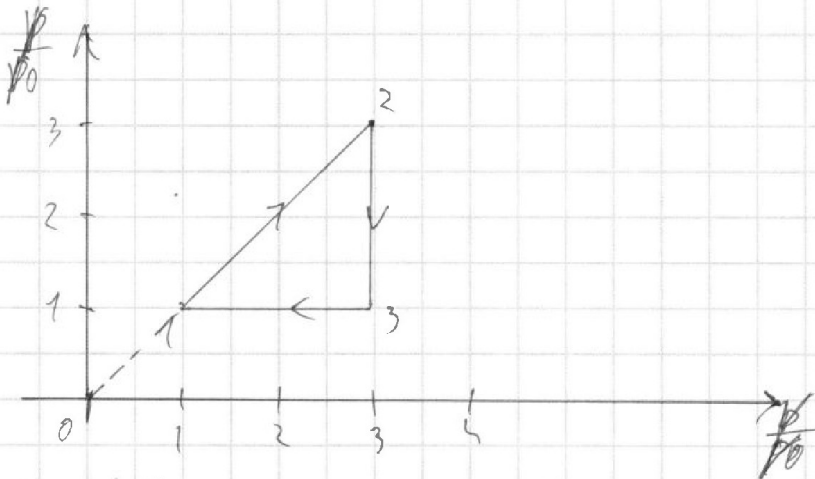
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

В процессе 2-3: $C = C_V$ — изохорный процесс
В процессе 3-1: $C = C_P$ — изобарный процесс



2) Каким из чисел равна площадь фигуры, образованной графиком в осях P, V .

$$S = \frac{1}{2} (P_2 - P_1) \cdot (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (3P_0 - P_0) \cdot (3V_0 - V_0) = \frac{1}{2} \cdot 2P_0 \cdot 2V_0 = 2P_0V_0$$

А эта равна площади под графиком в осях P, V .

$$A_{12} = \frac{P_0 + 3P_0}{2} \cdot 2V_0 = 4P_0V_0$$

$$A_{23} = 0 - V = \text{const}$$

$$A_{31} = -P_0 \cdot 2V_0 = -2P_0V_0$$

$$A_1 = 2P_0V_0 = 2 \cdot 38,31 \cdot 270 \approx 13450 \text{ Дж}$$

$$3) A_1' = \frac{A_1}{2} \approx 6725 \text{ Дж}$$

$$A = \rho g H = A_1' \cdot N$$

$$H = \frac{A_1' \cdot N}{\rho g} = \frac{6725 \cdot 15}{250 \cdot 10} = \frac{6725 \cdot 60}{20000} = \frac{40350}{2000} \approx 20,175 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } H \approx 20 \text{ м.}$$



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
☒

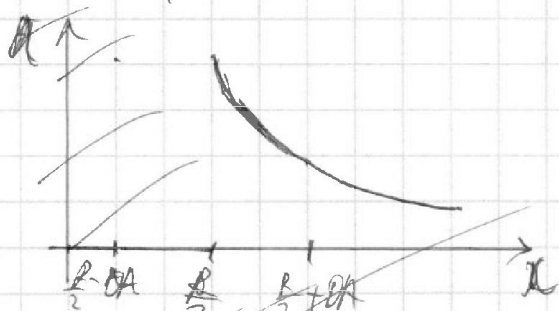
6
☐

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!

$$\frac{MB}{2} = \frac{2KQq(R+2A_0) - 2KQq(R-2A_0)}{(R-2A_0)(R+2A_0)} = \frac{2KQq(R+2A_0 - R + 2A_0)}{(R-2A_0)(R+2A_0)} =$$
$$= \frac{2KQq \cdot 4A_0}{R^2 - 4A_0^2}$$



~~7 - рассуждал от нуля~~
~~до 10~~

~~$kq = \frac{KQq}{R^2}$~~

~~$E_A = \frac{KQ}{R - A_0}$~~

~~$E_B = \frac{KQ}{R + A_0}$~~

~~$V_C = \sqrt{\frac{2KqQA_0}{A(R^2 - 4A_0^2)}}$~~

~~Реш: $V_C = \sqrt{\frac{16KqQA_0}{A(R^2 - 4A_0^2)}}$~~