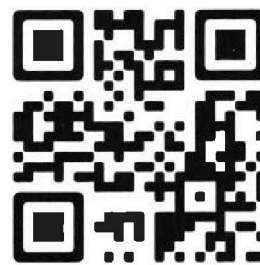




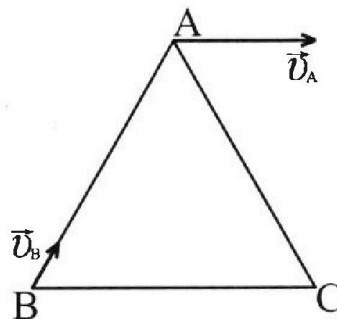
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

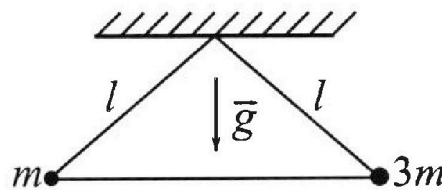
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

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 разр ывается 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.



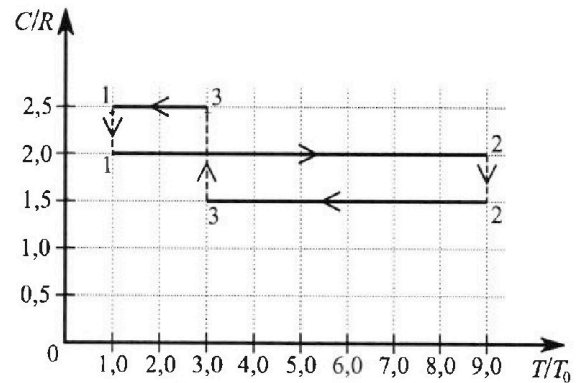
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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, $T_0 = 270$ К.

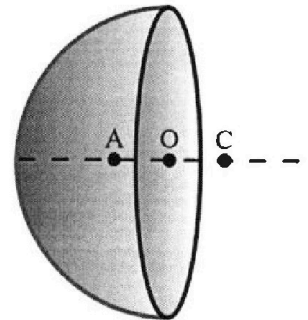


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 250$ 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 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 большом 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
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!

Найдём угловую скорость вращения в
СД отн. т.М, как $\frac{V_{AM}}{AM} = \frac{V_A}{\sqrt{3}a}$

$$= \frac{\sqrt{3}V_A}{\sqrt{3+3\sqrt{3}}a} = \frac{V_A}{a\sqrt{1+\sqrt{3}}}$$

Время τ найдём как $\tau = \frac{8\pi}{\omega} = \boxed{\frac{8\sqrt{3}\pi a}{V_A}}$

$= \frac{8\pi a \sqrt{1+\frac{1}{\sqrt{3}}}}{V_A}$ Ответ 2.

В СД отн. т.М на пути точки
полюса ускорения равно
вектору напряжённости ускорения
точки С (a_n).

$$a_n = \frac{V_{CM}^2}{CM} = \frac{V_{AM}^2}{AM} = \frac{\frac{1}{4}V_A^2}{\frac{\sqrt{3}}{3}a} \quad \left(\begin{array}{l} \text{т.к. } V_{AM} = V_{CM} \\ CM = AM \end{array} \right)$$

Ответ 3

$$= \frac{V_A^2}{a} \cdot \frac{1}{3+3\sqrt{3}} = \frac{V_A^2}{a} \cdot \frac{1}{1+\sqrt{3}}$$

Ответ 3.

$$R = m a = m a_n = \boxed{\frac{m V_A^2}{a} \cdot \frac{1}{1+\sqrt{3}}}$$



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

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

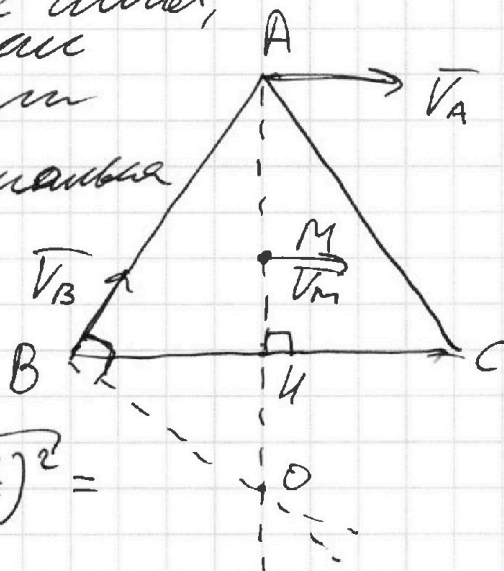
Поскольку на плоскости не
действуют вращение и
ускорение центра масс
равно нулю, значит
СД относительно
центра масс инерциальна

Точка М - центр масс.

Найдем скорость
точки М. (V_M)

$$AM = \frac{2}{3} AH = \frac{2}{3} \sqrt{a^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2} =$$

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



Скорость V_M направлена коллинеарно V_A ,
так как AM, O лежат на одной прямой.

$$\frac{V_A}{AO} = \frac{V_M}{MO} \Rightarrow V_M = \frac{MO}{AO} V_A = \frac{AO - AM}{AO} V_A =$$

$$= V_A \left(1 - \frac{AM}{AO}\right) = V_A \left(1 - \frac{\frac{\sqrt{3}}{3} a}{a \sqrt{1 + \frac{1}{3}}}\right) = \frac{1}{2} V_A$$

$$= V_A \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{3 \sqrt{1 + \frac{1}{3}}}\right) = V_A \left(1 - \sqrt{\frac{1}{3 + \sqrt{3}}}\right)$$

В СД относительно точки М равна
 $V_{AM} V_A - V_M = \frac{1}{2} V_A$ и сонаправлена V_A .

Короче



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 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 Найдём точку O —
мгновенный центр вращения,
как пересечение перпендикуляров
к AB в точке B и
перпендикуляра к BC
в точке C через точку A .

II — пересечение AO и BC . В

$$BK = KC = \frac{BC}{2} = \frac{a}{2}$$

$$\angle KBO = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$$

$$BO = \frac{BK}{\cos 30^\circ} = \frac{a}{2 \cos 30^\circ} = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

$$AO = \sqrt{AB^2 + BO^2} = \sqrt{a^2 + \left(\frac{a}{\sqrt{3}}\right)^2} =$$

$$= a \sqrt{1 + \frac{1}{3}} = a \sqrt{\frac{4}{3}} = \frac{2}{\sqrt{3}} a$$

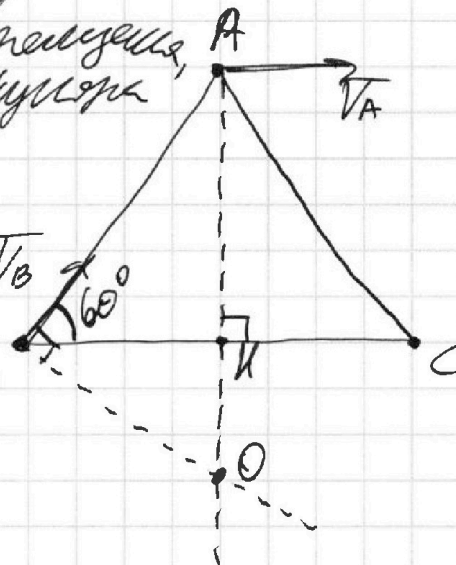
$$\frac{V_B}{BO} = \frac{V_A}{AO} \Rightarrow V_B = \frac{BO}{AO} V_A = \frac{\frac{a}{\sqrt{3}}}{\frac{2}{\sqrt{3}} a} V_A =$$

$$= \frac{1}{2} V_A = 0.44 \text{ м/с}$$

$$= \frac{1}{2} V_A = 0.44 \text{ м/с}$$

$$0.44 \text{ м/с} \cdot \sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{\sqrt{3}+1}}$$

Ответ 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
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!

2) Уровень трамплиста таков, что фигурист разрыгается, когда достигнет самой высокой точки прыжка на высоте h со скоростью V и будет двигаться, как по окружности.

Вопрос: Высота

На высоте h кинетическая энергия фигуриста равна 0 (т.к. это максимальная высота).

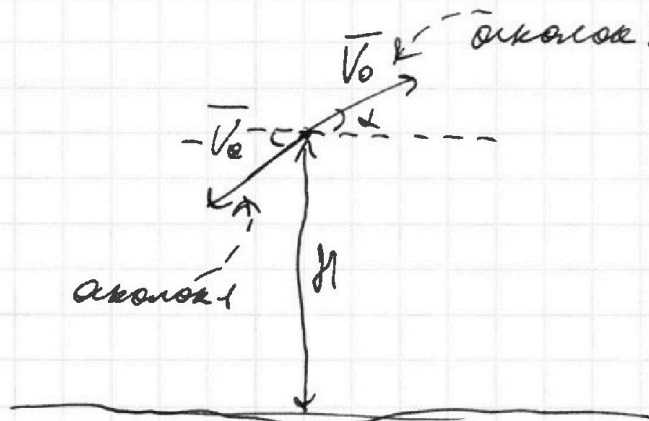
$$mgh + \frac{mV^2}{2} = mgH \Rightarrow H = \frac{gh + \frac{V^2}{2}}{g} =$$

$$= \left[h + \frac{V^2}{2g} \right] \text{ Ответ 1.}$$

Меньше окружков равны, значит по закону сохранения энергии, сразу после разрыва их скорости равны по модулю и противоположны по направлению.

$$H = \frac{gt_1^2}{2} + V_0 \sin \alpha t_1$$

$$H = \frac{gt_2^2}{2} - V_0 \sin \alpha t_2$$





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!

$$t_1 = \frac{-V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha - 2gH}}{g}$$

$$t_2 = \frac{V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha - 2gH}}{g}$$

$$L = V_0 \cos \alpha t_1 + V_0 \cos \alpha t_2 = V_0 \cos \alpha (t_1 + t_2) =$$
$$= \frac{2V_0 \cos \alpha}{g} \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha - 2gH} =$$

$$= \frac{2V_0 \cos \alpha}{g} \sqrt{(V_0^2 - 2gH - V_0^2 \cos^2 \alpha) \cos^2 \alpha}$$

$$\cos^2 \alpha_{\max} = \frac{2gH - V_0^2}{-2V_0^2} = \frac{V_0^2 - 2gH}{2V_0^2}$$

$$L_{\max} = \frac{2V_0}{g} \sqrt{\frac{1}{2} (V_0^2 - 2gH)^2 \cdot \frac{1}{2V_0^2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{V_0^2 - 2gH}{g}} \quad \text{ответ 2.}$$



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!

II Закон Ньютона для шарика $3m$ в проекции на ось, параллельную $\vec{a}_2$:

$$3ma_2 = 3mg \cos(90^\circ - \alpha) - T \cos \alpha$$

II Закон Ньютона для шарика m в проекции на ось, параллельную $\vec{a}_1$:

$$ma_1 = T \cos \alpha - mg \cos(90^\circ - \alpha)$$

$$\vec{a}_1 = \vec{a}_2 := \vec{a}$$

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

$$4ma = 2mg \sin \alpha \quad (\text{сложив})$$

$$a = \frac{g \sin \alpha}{2} = \frac{10^{4/2} \cdot 0,6}{2} = \boxed{3^{4/2}}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,6^2} = 0,8$$

Ответ 2.

$$\begin{aligned} T &= \frac{ma + mg \sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{0,08 \text{ кг} \cdot 3^{4/2} + 0,08 \text{ кг} \cdot 10^{4/2} \cdot 0,6}{0,8} = \\ &= \frac{0,01 \text{ кг} \cdot 3^{4/2} + 0,01 \text{ кг} \cdot 10^{4/2} \cdot 0,6}{0,1} = \end{aligned}$$

$$= 0,3 \text{ Н} + 0,6 \text{ Н} = \boxed{0,9 \text{ Н}} \quad \text{Ответ 3.}$$



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



СТРАНИЦА
1 из 2

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

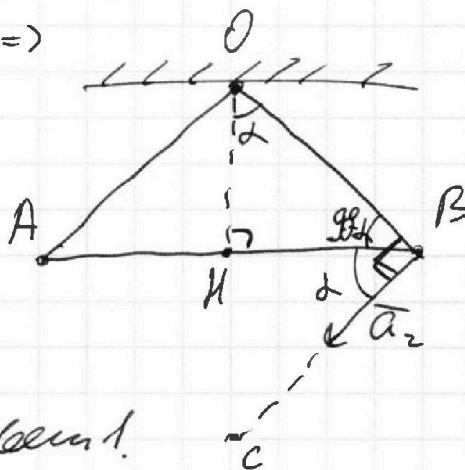
③ Шины перпендикулярны, значит движение будет предположить ~~быть~~ вращение системы вокруг точки крепления к потолку. Срезу точки огибающейся системы скорости шариков равны нулю, значит центры масс шаровые ускорения тоже равны нулю, значит новые ускорения шариков будут направлены перпендикулярно нитям.

$$\begin{cases} \angle OBC = 90^\circ \Rightarrow \angle OBA = 90^\circ - \alpha \Rightarrow \\ \angle ABC := \alpha \end{cases}$$

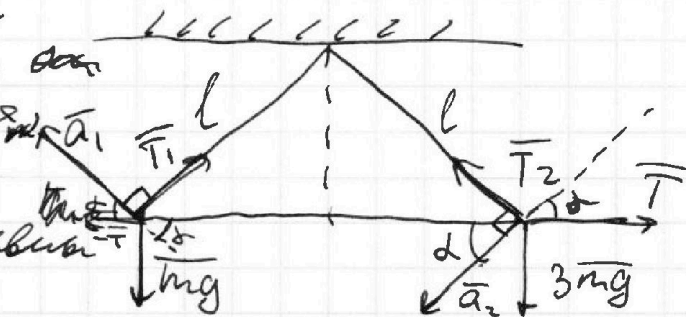
$$\Rightarrow \angle BOH = \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \alpha = \frac{l}{z} =$$

$$= \frac{0,6l}{l} = \boxed{0,6} \text{ ответ!}$$



Шары находятся на равном расстоянии от центра вращения, значит ускорения будут равны по модулю ($a_1 = a_2$)



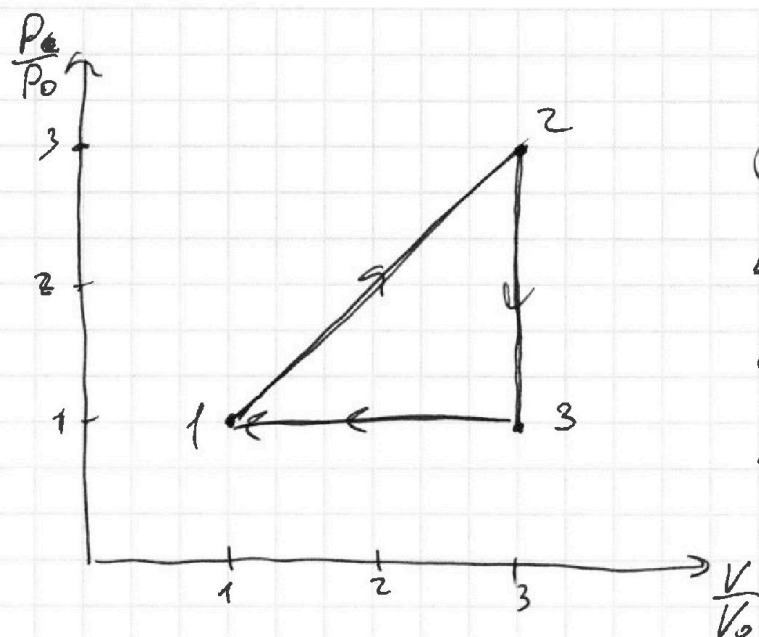


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



$$Q = \Delta U + A$$

$$Q = C \Delta T$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$C \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + A$$

$$A = \nu R \Delta T (C - \frac{3}{2} R) =$$

$$2 \nu R$$

$$= 2 \nu R$$

Работа от температуры зависит
линейно, значит, процесс по составу
полюс, с температурой и количеством
процессов.

$$C_{12} = 2R \quad C_{23} = \frac{3}{2}R \quad C_{31} = \frac{5}{2}R$$

$$A_{12} = \nu T_0 (C_{12} - \frac{3}{2}R) = \nu T_0 (2R - \frac{3}{2}R) = \frac{1}{2} \nu T_0 R$$

$$A_{23} = 0 \quad \text{т.к.} \quad C_{23} - \frac{3}{2}R = 0$$

$$A_{31} = -2 \nu T_0 R$$

$$A_1 = A_{12} + A_{23} + A_{31} = \frac{1}{2} \nu T_0 R - 2 \nu T_0 R = -\frac{3}{2} \nu T_0 R = -2 \cdot 270 \text{ К} \cdot 3 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

Ответ: 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 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!

$$MgH = \Delta NA,$$

$$H = \left[\frac{\Delta NA}{gM} \right] = \frac{0,5 \cdot 15 \cdot 1620 \text{ к.моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{к.моль} \cdot \text{К}}}{10^{14/2} \cdot 2500 \text{ К}} =$$

$$= \frac{15 \cdot 810 \text{ к.моль}}{2500 \text{ К}} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{к.моль} \cdot \text{К}} =$$

$$= \left[\frac{243}{50} \cdot 8,31 \text{ К} \right]$$

Объяснение поправке графика:

$$\frac{T_2}{T_0} = g \Rightarrow \frac{P_2 V_2}{P_0 V_0} = g \Rightarrow \frac{P_2}{P_0} = \frac{g}{\frac{V_2}{V_0}}$$

$$\frac{T_3}{T_0} = 3 \Rightarrow \frac{P_3 V_3}{P_0 V_0} = 3 \Rightarrow \frac{P_3}{P_0} = \frac{3}{\frac{V_3}{V_0}}$$

Работа $A = \int_{\Delta T} (C - \frac{3}{2}R)$ для идеального газа зависит от ΔT и равна площади под графиком $P_{\text{ид}} V$, значит в процессах 1-2 и 3-1 $P_{\text{ид}} V$ зависит линейно. А в к. работе в 2-3 равна нулю, процесс 2-3 является изохорой.



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!

$$y := \frac{P}{P_0} \quad x := \frac{V}{V_0}$$

$$y_2 = \frac{9}{x_2} \quad y_3 = \frac{3}{x_3} \quad y_0 = x_0 = 1$$

$$\frac{y_1 + y_2}{2} (x_2 - x_1) = \frac{|A_{12}|}{P_0 V_0} = \frac{|A_{12}|}{2RT_0} = 4$$

$$\frac{y_1 + y_3}{2} (x_3 - x_1) = \frac{|A_{31}|}{P_0 V_0} = \frac{|A_{31}|}{2RT_0} = 2$$

$$x_2 = x_3 \text{ (т.к. 2-3 - изохоры)}$$

$$\left(1 + \frac{9}{x_2^2}\right) (x_2 - 1) = 8$$

$$(x_2 + 9)(x_2 - 1) = 8x_2$$

$$x_2^2 = 9 \quad x_2 = 3 \quad x_3 = 3$$

$$y_2 = 3 \quad y_3 = 1$$



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.

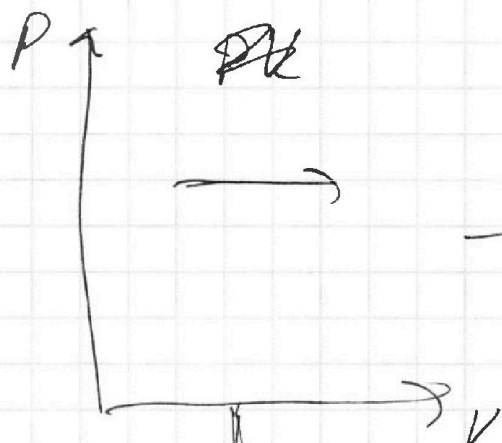
1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
__ 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!

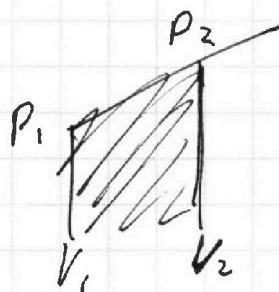
$$Q = \Delta U + A \quad Q = \frac{C}{R} \cdot \Delta T$$
$$\Delta U = \frac{3}{2} \Delta T R$$

$$\frac{C}{R} \Delta T = \frac{3}{2} \Delta T R + A \quad A = \Delta T \left(\frac{C}{R} - \frac{3}{2} R \right)$$



$$PV = \nu RT$$
$$R \left[\frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{моль} \cdot \text{К}} \right] =$$

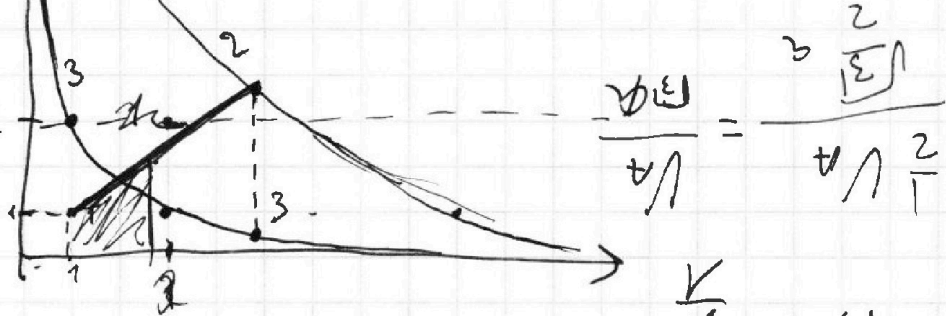
$$\frac{\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}}{\frac{\text{м}^3}{\text{моль}}} = \left[\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \right]$$
$$\int P dV$$



$$PV = \nu RT$$

$$P = \frac{2}{V} \nu RT$$

$$2V^2 = \nu RT$$



$$A = \frac{P_2 + P_1}{2} (V_2 - V_1) =$$

$$\frac{\frac{2}{V_1} \nu RT}{2} = \frac{\frac{2}{V_1} \nu RT}{2}$$
$$\frac{2}{V_1} = \frac{9}{8} = \frac{\frac{2}{V_1} \nu RT}{\frac{2}{V_1} \nu RT}$$

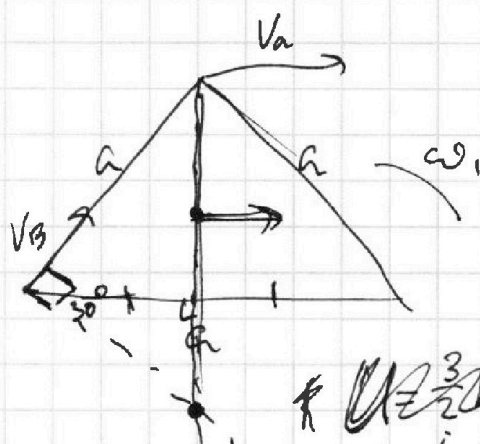


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

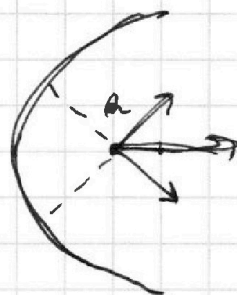
СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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!

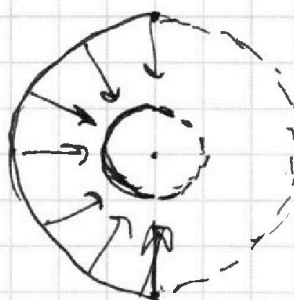
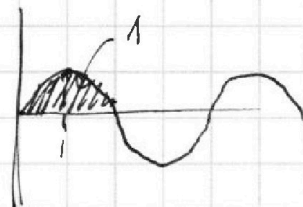


$$PV = \nu RT$$

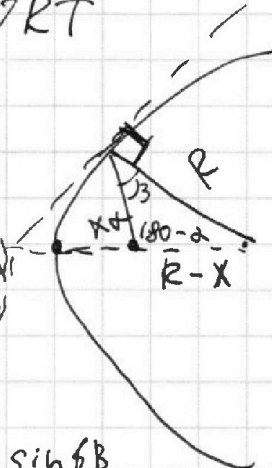
$$U = \frac{3}{2} \nu RT$$



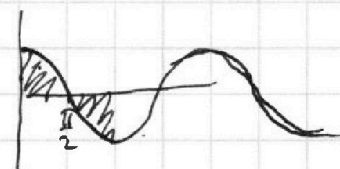
$$1 - 0,36 = 0,64 = 0,8^2$$



$$\frac{\sin(180^\circ - \alpha)}{R} = \frac{\sin \beta}{R - x}$$



$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos \alpha = \sin\left(\frac{\pi}{2}\right)$$



$$T_2 = g T_0$$

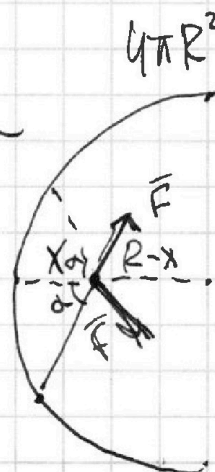
$$T_3 = 3 T_0$$

$$\frac{P_2}{P_0} = \frac{g}{\frac{V_2}{V_0}}$$

$$P_2 V_2 = g P_0 V_0$$

$$P_3 V_3 = 3 P_0 V_0$$

$$\frac{P_3}{P_0} = \frac{\frac{3}{V_3} P_3 V_3}{P_0 V_0} = 3$$



$$2 F \cos \alpha$$

$$Q = \Delta U + A$$

$$Q = \frac{c}{R} \nu \Delta T$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$