



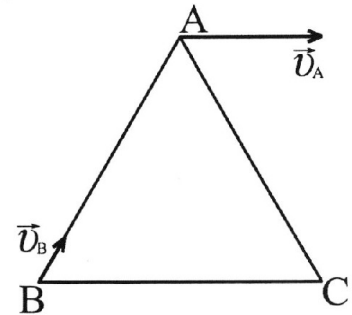
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

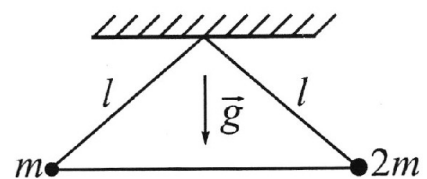
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

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/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте H фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 20$ 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. Шарик скреплен с легким стержнем длины $L = 1,6l$. 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 $2m$ 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/с².

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



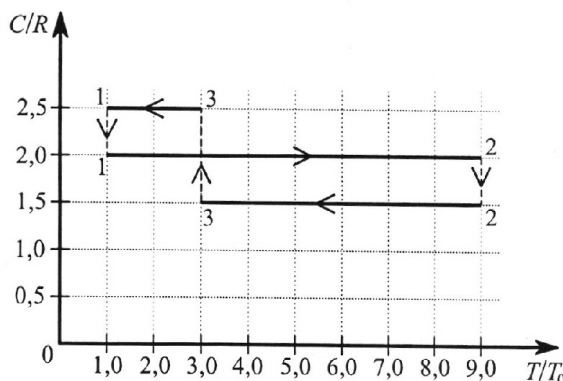
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-04

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, $T_0 = 300$ К.

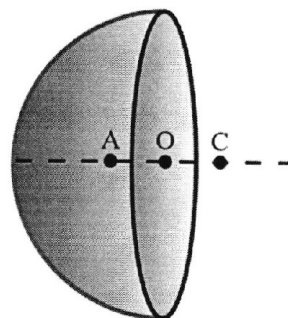


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 400$ кг за $N = 20$ 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 большем по сравнению с R расстоянии от точки О кинетическая энергия частицы равна K .



1. Найдите скорость V_O частицы в точке О. Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость V_C частицы 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.



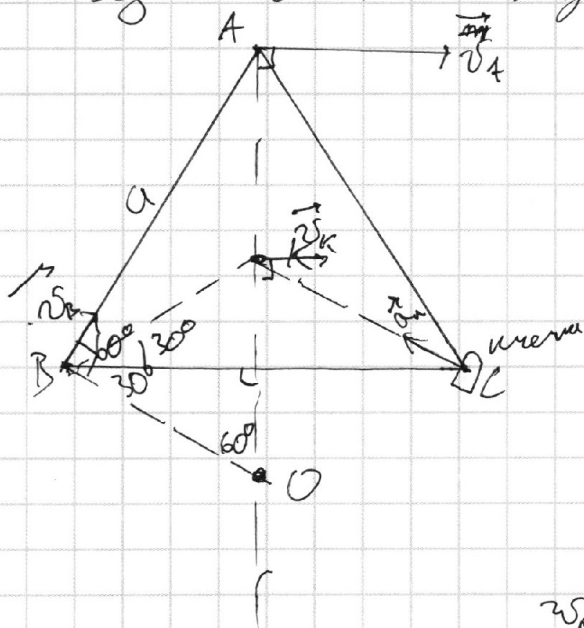
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

№1 П.к. пруж. шариков ^{и к/с} ^{и м. Будет} ^{летать на перес.} ^{двс., вкл. и мес.}
Найдём мгновенную ось вращения O' .



Треугольник не деформируется

$$\tan 60^\circ = \frac{BA}{OB}$$

$$OB = BA \tan 60^\circ$$

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

$$OA = \frac{BA}{\sin 60^\circ} = \frac{2a}{\sqrt{3}}$$

$$\omega_0 = \frac{v_B}{OB} = \frac{v_A}{OA}$$

$$v_A = v_B \frac{OA}{OB} = 2v_B = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

К-центр треугольника (ц.м.)

$$BK - \text{двс.} \Rightarrow BO = KO = \frac{AO}{2} \Rightarrow AK = KO = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

П.к. треугольник не деформируется
перейдём в С.О.м.к. (центр масс).

$$\text{Скор. м.к. } |\vec{v}_K| = |\vec{v}_B| \text{ м.к. } OB = OK$$

Найдём угловую скор. вращ. ω

в С.О.м.к. через см. скор. м.А.

$$\text{Скор. м.А. } v_{AO} = \vec{v}_A - \vec{v}_K = \vec{v}_A - \vec{v}_K =$$



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**.

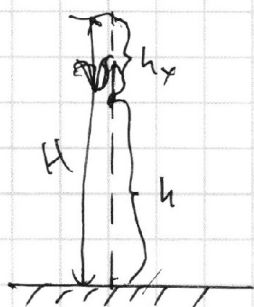
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

1/2

$$v = 6 \frac{m}{c} \quad v_0 = 20 \frac{m}{c}$$



$$H = h + h_x$$

Заменим ЗС $\Rightarrow$ раз м-масса человека

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

$$\frac{v^2}{2} = g h_x$$

$$h_x = \frac{v^2}{2g} = \frac{36}{20} m = 1,8 m$$

$$\Rightarrow H = h_x + h = 6 m$$

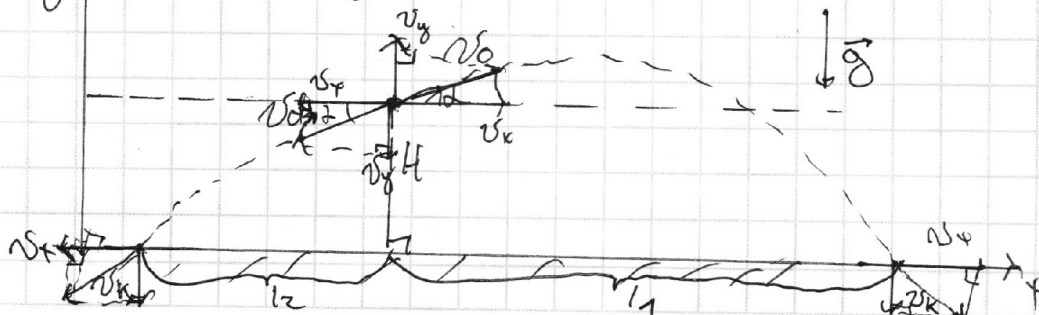
У ЗС и т.м. скорости равной
массы они поворачивают с противоположной
скоростями:

$$m_1 \vec{v}_0 + m_2 \vec{v}_x = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{v}_x = -\vec{v}_0$$

масса осн. скор 2-го осн.

$\Rightarrow$ если 1-й осн. под углом α

к верш. осн. гор. то 2-й под углом $\alpha - 2$





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 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!

Компоненты скор. по ох охраниваются
в иск. полей, ЗСГ для 2 окон
записываются одинаково:

$$\frac{(v_x^2 + v_y^2)_{\text{max}}}{2} + mgh = \frac{(v_x^2 + v_k^2)_{\text{max}}}{2}$$

$$v_y^2 + 2gh = v_k^2 \quad v_k = \sqrt{v_y^2 + 2gh}$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha \quad v_x = v_0 \cos \alpha$$

Найдём l_1 и l_2 ~~каждый из них~~

$$t_1 = \frac{v_k + v_y}{g} =$$

$$l_1 = v_x t_1$$

$$t_2 = \frac{v_k - v_y}{g}$$

$$l_2 = v_x t_2$$

$$L_{\text{max}} = l_1 + l_2 \quad \text{и т.д.} \quad L \rightarrow \text{max} \Rightarrow l_1 + l_2 \rightarrow \text{max}$$

$$L = v_x (t_1 + t_2) = v_x \left(\frac{v_k + v_y}{g} + \frac{v_k - v_y}{g} \right) =$$

$$= v_x \frac{2v_k}{g} = v_0 \cos \alpha \frac{2\sqrt{v_y^2 + 2gh}}{g}$$

$$L' = 0$$

$$\Rightarrow \frac{2v_0 \cos \alpha \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh}}{g} = 0$$



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!

~~7/9/2024~~

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

~~$$\frac{2v_0^2}{g} \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + \cos^2 \alpha \cdot 2gH}$$~~

~~$$\frac{2v_0^2}{g} \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + \cos^2 \alpha \cdot 2gH = 0$$~~

~~$$v_0^2 \cos^2 \alpha \cdot 2 \sin \alpha \cos \alpha + \sin^2 \alpha \cdot 2 \cos \alpha \sin \alpha$$~~

~~$$2gH \cdot 2 \cos \alpha \sin \alpha = 0$$~~

~~$$2 \sin \alpha \cos \alpha (v_0^2 \cos^2 \alpha + 2gH) = 0$$~~

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

$$(\cos^2 \alpha (v_0^2 + 2gH) - \cos^4 \alpha \cdot v_0^2)' = 0$$

$$-2 \cos \alpha \sin \alpha (v_0^2 + 2gH) + 4 \cos^3 \alpha \sin \alpha v_0^2 = 0$$

$$\begin{cases} \cos \alpha \neq 0 \\ \sin \alpha \neq 0 \\ 2 \cos^2 \alpha v_0^2 = v_0^2 + 2gH \end{cases}$$

$$\begin{cases} \alpha = 0^\circ \\ \alpha = 90^\circ \\ \cos^2 \alpha = \frac{1}{2} + \frac{gH}{v_0^2} = \frac{1}{2} + \frac{9.8 \cdot 0.9}{10^2} = 0.99 \end{cases}$$

При $\alpha = 90^\circ$ $L = 0$

При $\alpha = 0^\circ$ $L = 0$



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
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!

$$L = \frac{2v_0^2}{g} \sqrt{2gH} = 4 \sqrt{2 \cdot 16 \cdot 10} \text{ м} =$$

$$\cos 2 = 1$$

$$\sin 2 = 0$$

$$= 16 \sqrt{20} \text{ м} =$$

$$= 32 \sqrt{5} \text{ м}$$

$$\text{При } \cos^2 2 = 0,9 \quad \sin^2 2 = 1 - 0,9 = 0,1$$

$$L = \frac{2v_0^2}{g} \sqrt{0,9 \cdot 0,1 v_0^2 + 2gH} =$$

$$= 4 \sqrt{9 \cdot 0,1} \sqrt{360} \text{ м} = 12 \cdot 6 \text{ м} = 72 \text{ м}$$

$$\frac{(32\sqrt{5})^2 - 72^2}{72^2} = \frac{8^2 \cdot 5}{9 \cdot 2} = \frac{4^2 \cdot 5}{9} = \frac{80}{9} \quad 72 > 32\sqrt{5}, \text{ так}$$

получаемая из-за того что
функция симметрична

относительно верш. осн. верш

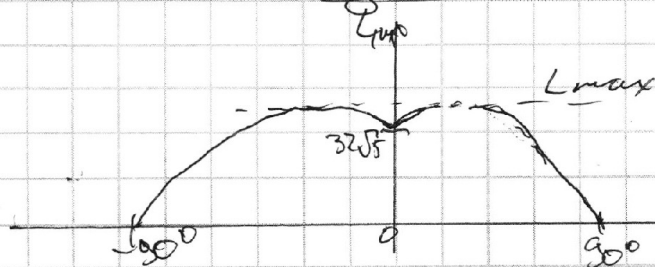
L завис. от α т.к. у нас

осн. отсчит. и меньше 2,2

и-д-д
различны не

образно изобразим на граф.

как ~~возрастающая~~ ~~функция~~





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
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!

$\Rightarrow$ ~~В~~ ~~а~~ ~~и~~ ~~б~~ ~~о~~ ~~с~~ ~~ч~~ ~~е~~ ~~т~~ ~~н~~ ~~ы~~ ~~й~~ ~~м~~ ~~а~~ ~~к~~ ~~с~~ ~~и~~ ~~м~~ ~~у~~ ~~м~~

$L_{\text{при}} \approx \cos^2 \alpha = 0,9 \Rightarrow$

$\Rightarrow L_{\text{max}} = 72 \text{ м}$

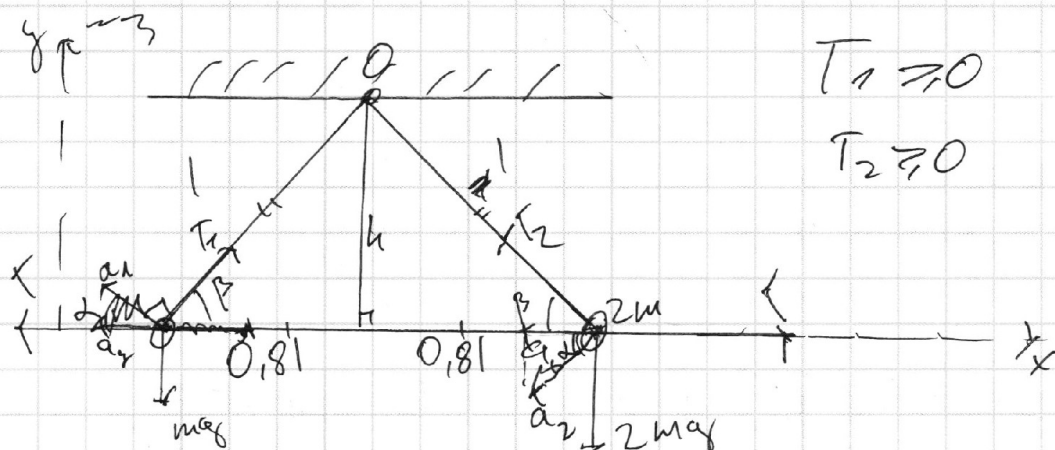


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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!



~~Реш. Крестик не перебивается
быть на месте~~

Реш. Т.к. стержень не деформируется
→ ~~сделаем~~ проекции начальных
ускорений на него равными, т.е.
в начале он не вращается.

$$a_x = a_y = a \quad T_1$$

$$\text{ок: } 1 \quad m a_y = T - T_1 \cos \beta \quad \text{для 1-го}$$

$$2 m a_y = T_2 \cos \beta - T \quad \text{для 2-го.}$$

$$2T - 2T_1 \cos \beta = T_2 \cos \beta - T.$$

$$3T = \cos \beta (T_2 + 2T_1)$$



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 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!

Решим из ~~предположения~~ того что нити остаются вертикальными, тогда оба груза будут двигаться по окр. вокруг O.

$$\text{тогда } \alpha + \beta = 90^\circ \quad a_1 \cos \alpha = a_2 \cos \beta \Rightarrow a_1 = a_2 = a$$

$$\Rightarrow \sin \alpha = \cos \beta = \frac{0.81}{1} = \left(\frac{4}{5}\right) \quad a = a_0 \cos \alpha$$

$$\text{ог: } T_1 \sin \beta = 2mg - T_2 \sin \beta$$

$$\text{и } a_1 \sin \alpha = T_1 \sin \beta - mg$$

$$\Rightarrow m a_0 \sin \alpha =$$

$$2T_1 \sin \beta - 2mg = 2mg - T_2 \sin \beta$$

$$(2T_1 + T_2) \sin \beta = 4mg.$$

$$3T = \cos \beta \frac{4mg}{\sin \beta}$$

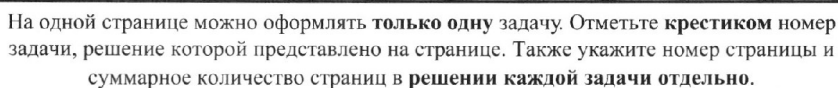
$$T = \frac{4mg}{3} \cot \beta.$$

$$\text{Найдём } u = \sqrt{1^2 - 0.8^2} = 0.6$$

$$\cot \beta = \frac{4}{3}.$$

$$T = \frac{16}{9} mg$$

~~2mg~~



СТРАНИЦА

3 ~~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!

→ ~~Всё~~ ~~сложное~~. много Бродячих
нарядов.



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!

н/ч

$$\eta = \frac{C_D - C}{C_V - C}, \text{ где } PV^n = \text{const.}$$

$$i = 3$$

$$C_V = \frac{3}{2}R$$

$$C_P = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R$$

$$\eta(C_V - C) = C_D - C$$

$$\eta C_V - \eta C = C_D - C$$

$$\eta C_V = C_D$$

для 1-2:

$$\eta_{12} = \frac{\frac{5}{2}R - 2R}{\frac{3}{2}R - 2R} = \frac{\frac{1}{2}R}{-\frac{1}{2}R} = -1.$$

$$PV^{-1} = \text{const.}$$

$\frac{P}{V} = \text{const}$ — это
линейный график
через 0.

Для 2-3: $\eta_{23} = \frac{\frac{5}{2}R - \frac{3}{2}R}{C - \frac{3}{2}R}$
 $C = C_V$ — это условие.

и т.д. в конце $P_1 V_1 = 3 \sqrt{RT_0}$
 $P_0 V_0 = \sqrt{RT_0}$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{V_1} = \frac{P_0}{V_0} \Rightarrow \frac{P_1}{3P_0} = \frac{P_0}{3V_0} \Rightarrow P_1 = 3P_0$$

Для 2-3: $C = C_V \Rightarrow$ это условие.

$$P_2 = 3P_0 = 3 \sqrt{RT_0}$$

$$\Rightarrow P_2 = P_0.$$

Для 3-1: $C = C_P \Rightarrow$ это условие.



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
☒

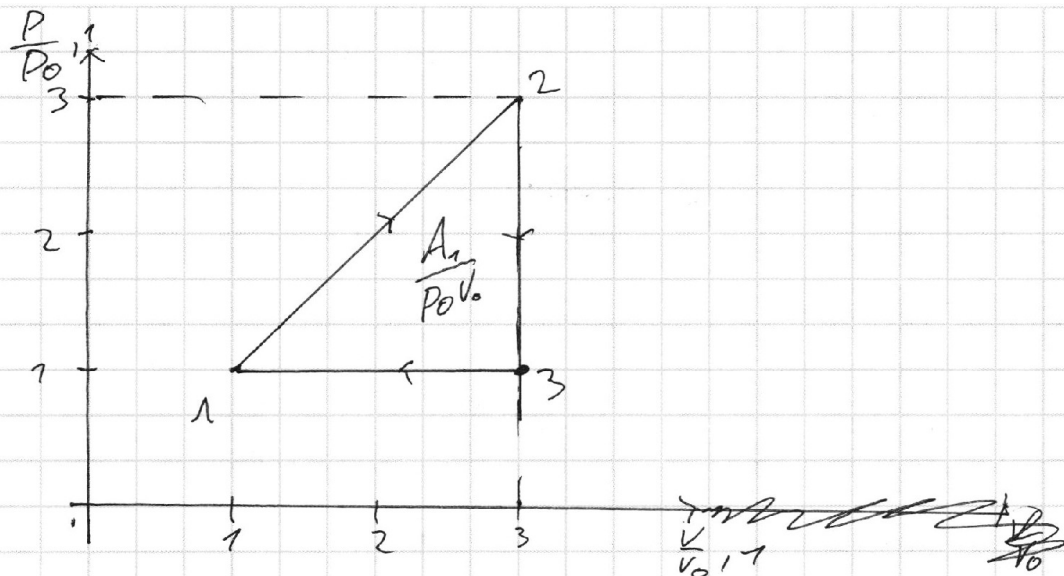
5
☐

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!



Тогда работа это площадь
под графиком цикла деленная
на $P_0 V_0$.

$$A_1 = P_0 V_0 \left((3-1)(3-1) \frac{1}{2} \right) = 2 P_0 V_0$$

$$P_0 V_0 = \nu R T_0$$

$$\begin{aligned} A_1 &= 2 \nu R T_0 = 2 \cdot 5 \cdot 300 = 8,31 \text{ Дж} = \\ &= 3000 \cdot 8,31 \text{ Дж} = 30 \cdot 831 \text{ Дж} = \\ &= \underline{24930 \text{ Дж}}. \end{aligned}$$

Каждая молекула совершает
работу A_1 за N циклов $\neq$



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!

$$A = \frac{1}{2} A_1 N = 249300 \text{ Дж.}$$

Тогда

$$A = M g H.$$

$$H = \frac{249300 \text{ Дж}}{4000 \text{ Н}}$$

$$H = 62.3 \text{ м.}$$

$$= \frac{2493}{40} \text{ м} = 62.3 \text{ м}$$

Ответ: $A_1 = 24930 \text{ Дж}; H = \frac{2493}{40} \text{ м}$



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!

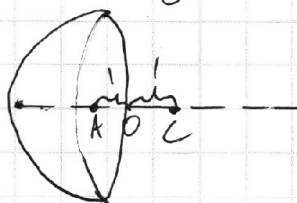
д5.

Потенциальная энергия частицы,
 что равно от полусферы $\Pi_0 \rightarrow 0$

Π_0 - потенциальная энергия в
 т. 0

$\Pi_0 = \frac{kQq}{R}$ - т.к. наход. на расст.
 R от всех ~~на~~ зарядов. угасает.

$$\Rightarrow \Pi_0 + \frac{mv_0^2}{2} = K.$$



$$v_0^2 = \frac{2}{m} (K - \Pi_0)$$

$$v_0 = v_0 = \sqrt{\frac{2}{m} (K - \Pi_0)} = \sqrt{\frac{2}{m} (K - \frac{kQq}{R})} =$$

$$= \sqrt{\frac{2}{m} (K - \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R})}$$

$K > \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R}$ ~~обязательно~~
 иначе ~~задача~~ ~~не будет~~
~~решаться~~

в т. А - кинетическая энергия = 0

$\Rightarrow$ в т. А потенциальная энергия

$$\Pi_A = K.$$

Скор. в т. С через её конск.
 энергию Π_C , найти:

$$\frac{mv_C^2}{2} + \Pi_C = K$$

$$v_C = \sqrt{\frac{2}{m} (K - \Pi_C)}$$