



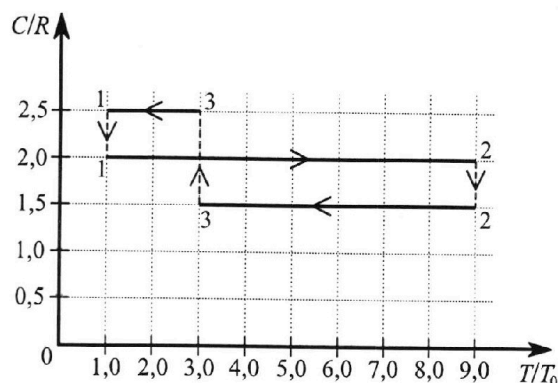
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 1$ моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 200$ К.

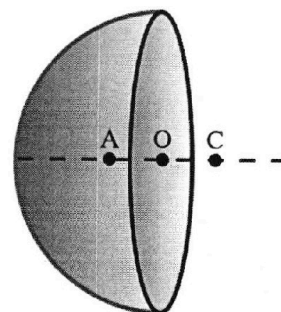


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какое количество Q_1 теплоты подводится к газу в процессе расширения за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 415$ кг за $N = 25$ 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 . В точке О кинетическая энергия частицы равна K .



1. С какой скоростью V частица движется на большом по сравнению с R расстоянии от точки О? Электрическая постоянная ϵ_0 . 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.



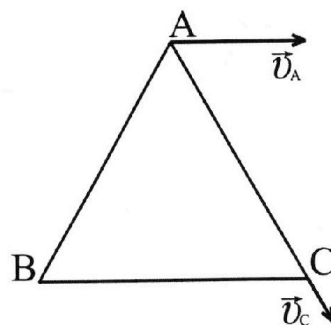
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-03

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 $v_A = 0,6$ м/с, а скорость $\vec{v}_C$ вершины C направлена вдоль стороны AC. Длины сторон треугольника $a = 0,3$ м.



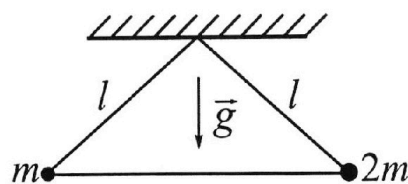
1. Найдите модуль v_C скорости вершины C.
 2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит восемь оборотов?
Пчела массой $m = 60$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины B.
 3. Найдите модуль R равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы 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 $h = 15$ м фейерверк находился через $\tau = 1$ с после начала полета.

1. На какую максимальную высоту H поднимается фейерверк? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

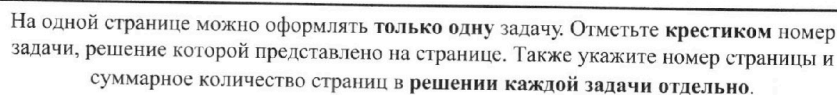
На максимальной высоте фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 30$ м/с. Направление вектора $\vec{V}_0$ скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

2. Найдите максимальное расстояние L_{MAX} между осколками после падения осколков на горизонтальную площадку.

3. Два шарика с массами $m = 200$ г и $2m$ 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 $\vec{a}_1$ 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.



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!




 $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$
 $\tan 30^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}}$

$\Rightarrow$ you multiply $\vec{v}_A$ by AC

$$\angle ACB = 60^\circ \quad (\triangle ABC - \text{равност.})$$

правильно положили на ось AC .

$$V_a \cdot \cos \alpha = V_c$$

$$v_c = v_a \cdot \cos \alpha = 0,6 \cdot \cos 60^\circ = 0,3 \frac{m}{s}$$

2) kangeri Mmobani zeng. Gray.

от вост. стороны провед. перпендикуляр, центр. бр. - Δ вписанное
т.к. перп. от $\sqrt{a}$ - центр к BC , то $\triangle HCO$ - равн.,
 $\angle HCO = 30^\circ$, $HC = \frac{1}{2} BC = \frac{1}{2} a$

$OC = AC$ QED

$$\frac{OH}{HC} = \tan 30^\circ, AO = AM + OM = \cancel{a} a \cos 30^\circ + \frac{a \tan 30^\circ}{2} =$$

$$OH = 6950', \frac{9}{2}$$

$$= a \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{6} \right) = a \frac{2\sqrt{3}}{3}$$

$$OM = \frac{AH}{3} + OH = \frac{a \cos 30^\circ}{3} + \frac{a \sin 30^\circ}{2} = a \left(\frac{\sqrt{3}}{6} + \frac{1}{2} \right) = a \frac{\sqrt{3} + 3}{6}$$

$$0: \frac{U_0}{A_0} \cdot w = \frac{v_A}{A_0} \cdot \frac{v_0}{0.96} \Rightarrow v_0 = \frac{0.96}{a \cdot \frac{2\sqrt{3}}{3}} \cdot \frac{v_A}{w} = \frac{0.96}{0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \cdot \frac{v_A}{w}$$

переедем в СО центра масс, т.е. на вершину треугольника с верш.
 скоростью (переедем центр масс). знаем ~~все~~ в СО ч.м. весь треугольник
 вращается вокруг ч.м. найдем ^{в СО ч.м.} ~~найдём~~ скорость А.

$$\vec{V}_{ACO} = \vec{V}_A - \vec{V}_0 \approx \vec{V}_A \quad V_{ACO} = 0,3 \frac{m}{s}$$



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!

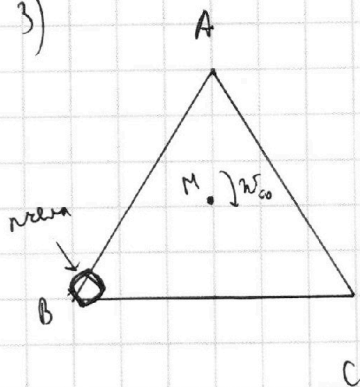
$$V_{ACO} = 0,3 \frac{M}{C}$$

найти ω_{CO} :

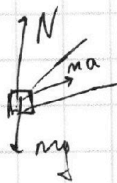
$$\omega_{CO} = \frac{V_{ACO}}{AM} = \frac{\cancel{0,3} V_{ACO}}{\frac{2}{3} AH} = \frac{V_{ACO}}{\frac{2}{3} a \cos 30^\circ} = \frac{\cancel{0,3}}{\frac{2}{3} \cdot 0,5 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \sqrt{3} \frac{M}{C}$$

$$T = \frac{8 \cdot 2\pi}{\omega_{CO}} = \frac{8 \cdot 2\pi}{\sqrt{3}} = \frac{16\sqrt{3}}{3} \pi \text{ C.}$$

3)



масса очень мала, сравн. с пластиной $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ пластина движется так же, как и до этого
рассмотрим силы, действ. на массу:



$\vec{N}$ и $\vec{M}_g$ уравн. друг-друга

значит: ~~и~~ $\vec{N} + \vec{M}_g = 0$

$$R = ma$$

$$a = \omega^2 R \cdot BM$$

$$R = ma = m\omega^2 \cdot BM = m \cdot \frac{16^2}{3} \pi^2 \cdot \frac{2}{3} \cdot a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{60}{10^6} \cdot \frac{16^2}{9} \cdot 2\pi^2 \cdot 0,6 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ H}$$

$$BM = \frac{2}{3} \cdot AH = \frac{2}{3} \cdot a \cdot \cos 30^\circ$$

Ответ:

1) $0,3 \frac{M}{C}$

2) $\frac{16\sqrt{3}}{2} \pi \text{ C}$

3) $\frac{60}{10^6} \cdot \frac{16^2}{9} \cdot \pi^2 \cdot 0,6 \cdot \sqrt{3} \text{ H}$



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.

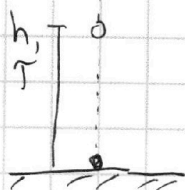
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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) v_0 - нач. ск. камня
 T_H H - ?



прям. равномер. движ:

$$h = v_0 T - \frac{g T^2}{2}$$

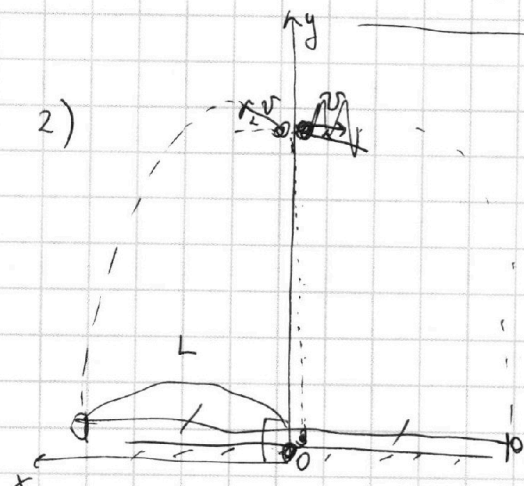
$$v_0 = \frac{h + \frac{g T^2}{2}}{T} = \frac{15 + \frac{10 \cdot 1}{2}}{1} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$H = v_0 T_H - \frac{g T_H^2}{2}$$

$$T_H = \frac{v_0}{g}$$

$$H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{g \cdot \frac{v_0^2}{g^2}}{2} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{400}{2 \cdot 10} = 20 \text{ м}$$

2)



по теореме о центр. масс, т.к. оставши
одна масса, то центр масс оставших
ломов падение совпадает с точкой запуска
значит $L_{\text{полн}}$ достигается при максимальном
углоном одного из оснований от точки
старта. найдем это расстояние

пусть оставши полетели с равными скоростями v (в силу ЗСН)
и один полетел по углу α к горизонту. выберем оси Ox и Oy как.

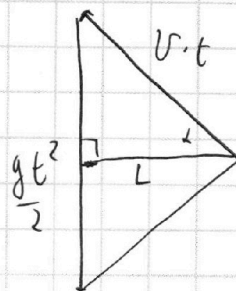
тогда: $Ox: L = v \cdot \cos \alpha \cdot t$; t - время полета осколка

$$Oy: -H = v \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2}$$

$$t = \frac{L}{v \cdot \cos \alpha}$$

$$-H = v \cdot \sin \alpha \cdot \frac{L}{v \cdot \cos \alpha} - \frac{g \frac{L^2}{v^2 \cos^2 \alpha}}{2} =$$

$$= L \cdot \tan \alpha - \frac{L^2 g}{2 v^2 \cos^2 \alpha}$$





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
2 ИЗ 2

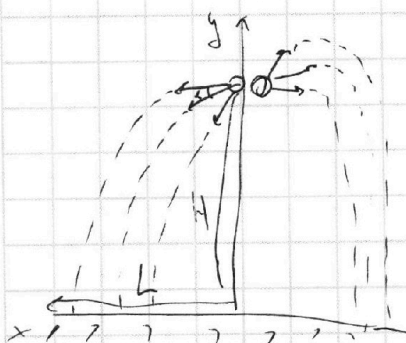
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$-H = L \operatorname{tg} \alpha - \frac{L^2 g}{2 \cos^2 \alpha v^2}$$

$$\frac{L^2 g}{2 \cos^2 \alpha v^2} + L(-\operatorname{tg} \alpha) - H = 0$$

$$D = b^2 - 4ac = \operatorname{tg}^2 \alpha + \frac{2Hg}{\cos^2 \alpha v^2}$$

$$L = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$



~~Значит, это скорость~~

Вектор скорости ^{основной} направлен в против. сторону (вперед).

чем ^{быстрее} скорость ^{основной} наклона вектор от горизонт. тем ближе он приближается.

for-во: $Ox: L = v \cos \alpha \cdot t$ тем ^{быстрее} α - тем меньше $\cos \alpha$, но и меньше t

$Oy: -H = -v \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$ тем ^{быстрее} α , тем ^{быстрее} $\sin \alpha$ и ^{быстрее} меньше t .

значит оба ^{основные} вектора летят ^{вперед} горизонт.

значит: $Ox: L_{\max} = v \cdot t; t = \frac{L_{\max}}{v}$

$$Oy: -H = 0 - \frac{gt^2}{2}$$

$$H = \frac{g L_{\max}^2}{2 v^2}$$

$$L_{\max} = v \sqrt{\frac{2H}{g}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 20}{10}} = 60 \text{ м}$$

из укл.: $v = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ но это ~~for~~ $L_{\max}$ ^{расстояние от начала} ^{основной} ^{по оси x,} ^{значит ответ 120 м}

1) 20 м
Ответ: 2) ~~60 м~~ 120 м

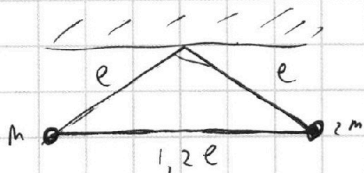


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



найдем все силы в системе
после отпущения

т.к. все будет двигаться

вокруг точки крепления,
ускорения направлены вверх, так как нормальная сила тяжести $\neq 0$
опр. ~~на~~ ось y $2m$ будет быть

1) $\odot$ косинусов: $e^2 = e^2 + 1,44e^2 - 2 \cdot \cos(90^\circ - \alpha) \cdot e \cdot 1,2e$

$$2 \cdot \sin \alpha \cdot 1,2e^2 = 1,44e^2$$

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

2) Ox : II зак. Н.:

$$ma_1 = T \cdot \cos \alpha - mg \cdot \sin \alpha$$

Oy : II зак. Н.

$$2ma_2 = 2mg \cdot \sin \alpha - T \cdot \cos \alpha$$

и найти в одной точке

$a_1 = a_2$, т.к. нити соединены стропом, а ускорения одинаковы, а массы разные, ускорения равны
~~и тогда можно сказать, что ускорения равны~~
и тогда можно сказать, что ускорения равны

$$\begin{cases} ma_1 = T \cdot \cos \alpha - mg \cdot \sin \alpha \\ 2ma_1 = 2mg \cdot \sin \alpha - T \cdot \cos \alpha \end{cases}$$

$$3ma_1 = 2mg \sin \alpha - mg \sin \alpha$$

$$a_1 = \frac{g \cdot \sin \alpha}{3} = \frac{10 \cdot 0,6}{3} = 2 \frac{m}{c^2}$$



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) ~~0x~~ II зав. Н.:

$$ma_1 = T \cdot \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

$$T = \frac{m(a_1 + g \sin \alpha)}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{0,2 \cdot (2 + 6)}{\sqrt{1 - \frac{36}{100}}} = \frac{1,6}{0,8} = 2 \text{ Н}$$

Ответ: 1) 0,6

2) $2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

3) 2 Н

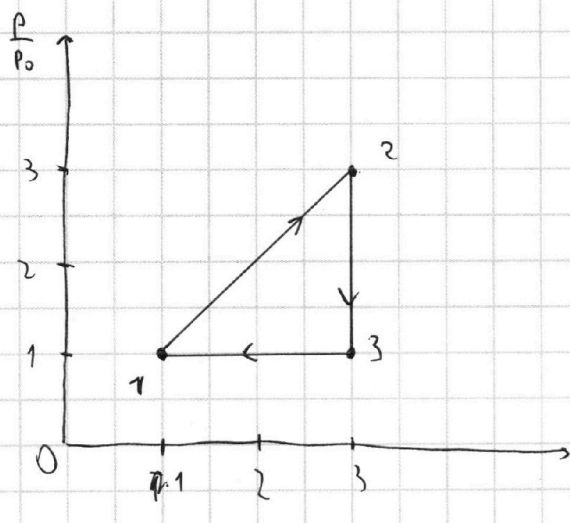


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



мол. темп. в ~~2-3~~ ~~3-1~~ 1-2 равна $2R$

т.к. заг. - адиабатный, то
 этот процесс - прямое проп. P/V
 $\frac{i+1}{2} = \frac{3+1}{2} = 2$

в 2-3 мол. темп. равна $1,5R$
 значит это ~~адиабат~~ изохора
 $\frac{i}{2} = \frac{3}{2} = 1,5$

в 3-1 мол. темп. равна $2,5R$
 значит это изобара

1) ~~из~~ отметить точку 1

М-К: ~~$P_0 V_0 = 2R T_0$~~ М-К: $P_0 V_0 = 2R T_0$ $\Rightarrow \frac{P_0 V_0}{P_2 V_2} = \frac{T_0}{T_2}$
 ~~$P_2 V_2 = 2R T_2$~~

т.к. 1-2 - процесс пр. проп.

то $\frac{P}{V} = \text{const}$; $\frac{P_0}{V_0} = \frac{P_2}{V_2}$; $\frac{P_0}{P_2} = \frac{V_0}{V_2}$; $\frac{V_0^2}{V_2^2} = \frac{T_0}{T_2} = \frac{1}{9}$

$\frac{P_0}{V_0} \Rightarrow \frac{P_2}{P_0} = \frac{V_2}{V_0} = 3$; $P_2 = 3P_0$ $\frac{V_0}{V_2} = \frac{1}{3}$; $V_2 = 3V_0$

процесс 2-3 - изохора. $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ М-К: $P_2 V_2 = 2R T_2$

$P_3 V_3 = 2R T_3$

$V_2 = V_3$

$\frac{P_2}{P_3} = \frac{T_2}{T_3} = 3$

$P_3 = \frac{P_2}{3} = P_0$

ну и показать на графике процесс изобары 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
24 ИЗ 24

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) газ расширяется только на участке 1-2

Значит: I изот. терм.

1-2: $Q_1 = A_{1,2} + \Delta U_{1,2}$

$Q_1 = \frac{(P_0 + P_2)(V_2 - V_0)}{2} + \frac{1}{2} \gamma R (T_2 - T_0)$

М.Х: $P_0 V_0 = \gamma R T_0$
 $P_2 V_2 = \gamma R T_2$

$A_{1,2}$ считаем как площадь под графиком $P(V)$

$A_{1,2} = \frac{(P_0 + P_2)(V_2 - V_0)}{2}$

на графике

$\times 831$
 $\times 32$
 $\hline 1662$
 $+ 2493$
 $\hline 26592$

Газ расширяется только на участке 1-2; U терм. на всем

газ газе равно: $C = 2R$.

$Q_1 = \gamma C \Delta T = \gamma \cdot 2R \cdot (T_2 - T_0) = 1 \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot 8 \cdot 200 =$
 $= 8,31 \cdot 3200 = 32 \cdot 831 = 26592 \text{ Дж}$

3) найти работу газа за цикл.

$A = Q_{1,2} + Q_{2,3} + Q_{3,1} = Q_{1,2} + \gamma R (T_3 - T_2) + \dots$

$= \gamma \cdot 2R \cdot (T_2 - T_0) + \gamma \cdot 1,5R \cdot (T_3 - T_2) + \gamma \cdot 2,5R \cdot (T_0 - T_3) =$

$= \gamma R (2T_2 - 2T_0 + 1,5T_3 - 1,5T_2 + 2,5T_0 - 2,5T_3) =$

$= \gamma R (0,5T_2 + 0,5T_0 - T_3) =$

$= \gamma R T_0 (0,5 \cdot 9 + 0,5 \cdot 1 - 3) = \gamma R T_0 (4,5 + 0,5 - 3) = 2 \gamma R T_0$

тогда: $NA \cdot \eta = Mg \cdot H$

$H = \frac{NA \cdot \eta}{Mg} = \frac{25 \cdot 2 \cdot \gamma R T_0 \cdot 0,5}{415 \cdot 10} = \frac{25 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 200}{415 \cdot 10} =$

$= \frac{831}{83} \approx 10 \text{ м}$

Ответ: 1) 26592 Дж
 2)
 3) 10 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
☐

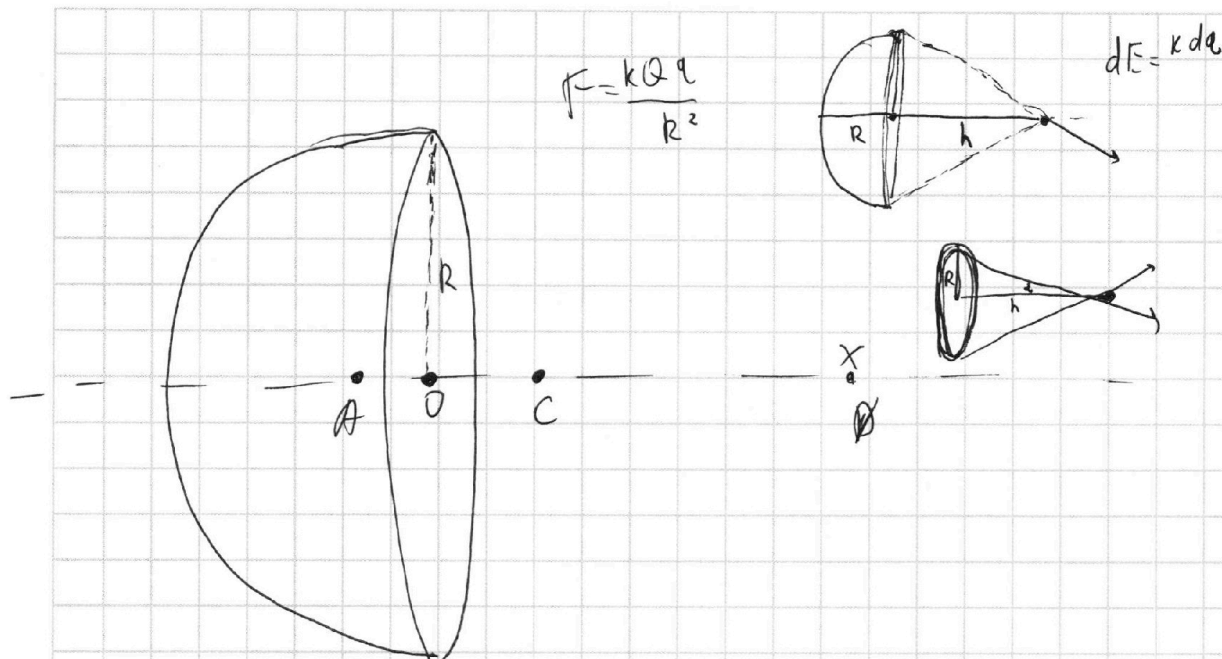
5
☒

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!



- 1) В точке O скорость частицы равна:

$$\frac{mv^2}{2} = k$$
$$v = \sqrt{\frac{2k}{m}}$$

- 2) ~~Решение~~ за нулевой потенциал в точке O.

тогда: $\Phi = 0$: $\Phi_A = K + 0 = Kx + Px$

$\uparrow$ $\uparrow$ $\uparrow$ $\uparrow$

потенц. м. в точке A $\uparrow$ в точке O $\uparrow$ кин. энерг. $\uparrow$ потенц. м. в дал. точке

Φ_A Φ_O Φ_x Φ_{∞}



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!

