



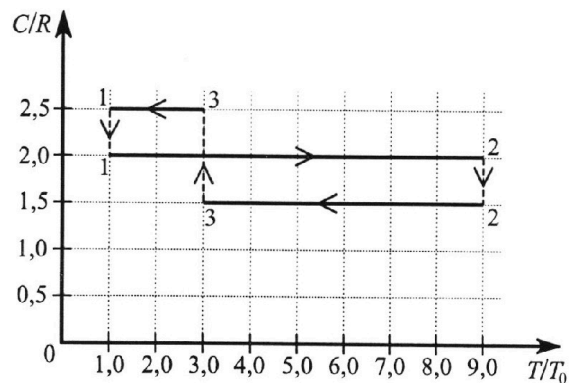
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025

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.

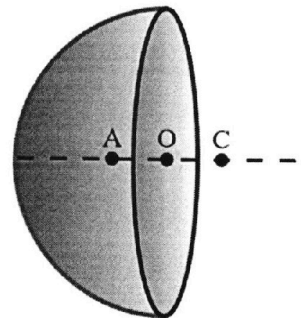


1. Постройте график процесса в координатах  $(P/P_0, V/V_0)$ , здесь  $P_0, V_0$  – давление и объем газа в состоянии 1.

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/с<sup>2</sup>, 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 электрической 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 кинетическая энергия частицы равна  $K$ .



1. Найдите скорость  $V_O$  частицы в точке О. Электрическая постоянная

$\epsilon_0$ . 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.



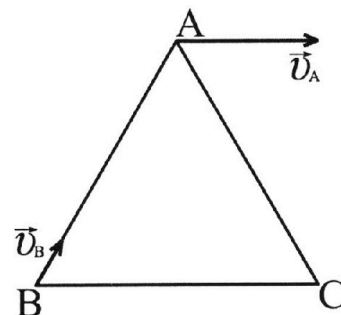
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## 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  $\tau$  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.

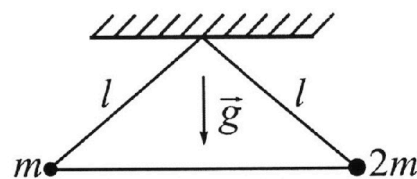
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

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/с<sup>2</sup>. 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  $L_{\text{MAX}}$  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  $\alpha$  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/с<sup>2</sup>.

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



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.

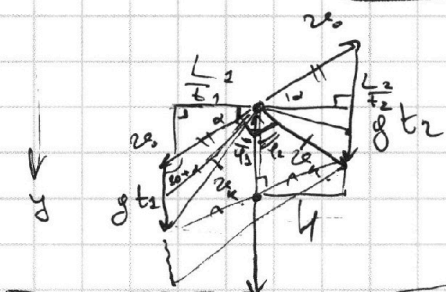
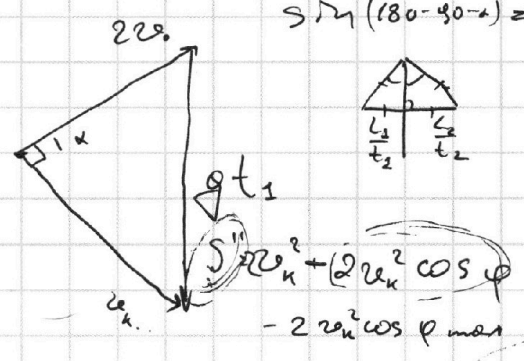
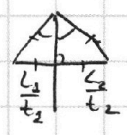


СТРАНИЦА  
\_\_\_ ИЗ \_\_\_

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!

Черновик

$$\sin(180 - 90 - \alpha) = \cos \alpha$$



$$S = \frac{g L_1}{2} + \frac{g L_2}{2} = \frac{g}{2} (L_1 + L_2) \quad ; \quad S_{max} \rightarrow L_{max}$$

$$v_0 \sin \alpha \cdot t_1 + \frac{g t_1^2}{2} = H$$

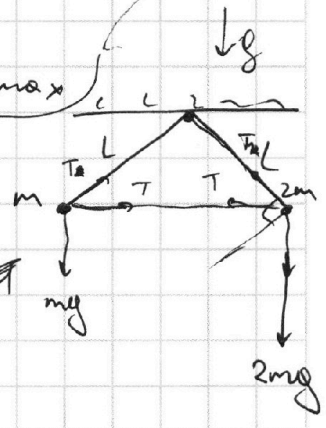
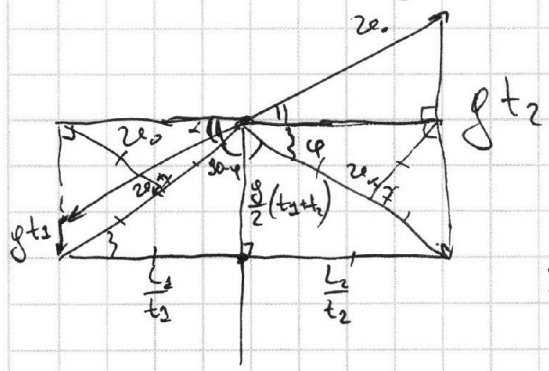
$$-v_0 \sin \alpha \cdot t_2 + \frac{g t_2^2}{2} = H$$

$$S = v_0 \cos \alpha \cdot g t_1 + v_0 \cos \alpha \cdot g t_2$$

$$\frac{L_1 t_1 + L_2 t_2}{t_1 + t_2} \cdot \frac{g}{2} (t_1 + t_2)$$

$$S = \frac{g}{2} \cdot \frac{L_2}{t_2} \cdot \frac{g}{2} (t_1 + t_2)$$

$$\frac{L_1}{t_1} + \frac{L_2}{t_2} = \frac{g t_1}{2} + \frac{g t_2}{2}$$



$$W = k \frac{g t_1}{R}$$

$$v_0^2 + 2gH = \frac{L_1^2}{t_1^2} + \frac{g^2}{2} (t_1 + t_2)^2$$

$$S = \frac{v_k \sin \varphi + v_k \cos \varphi}{2} \cdot 2 = v_k (\sin \varphi + \cos \varphi)$$

$$\frac{1}{2} v_k^2 \cdot \sin(2\varphi)$$

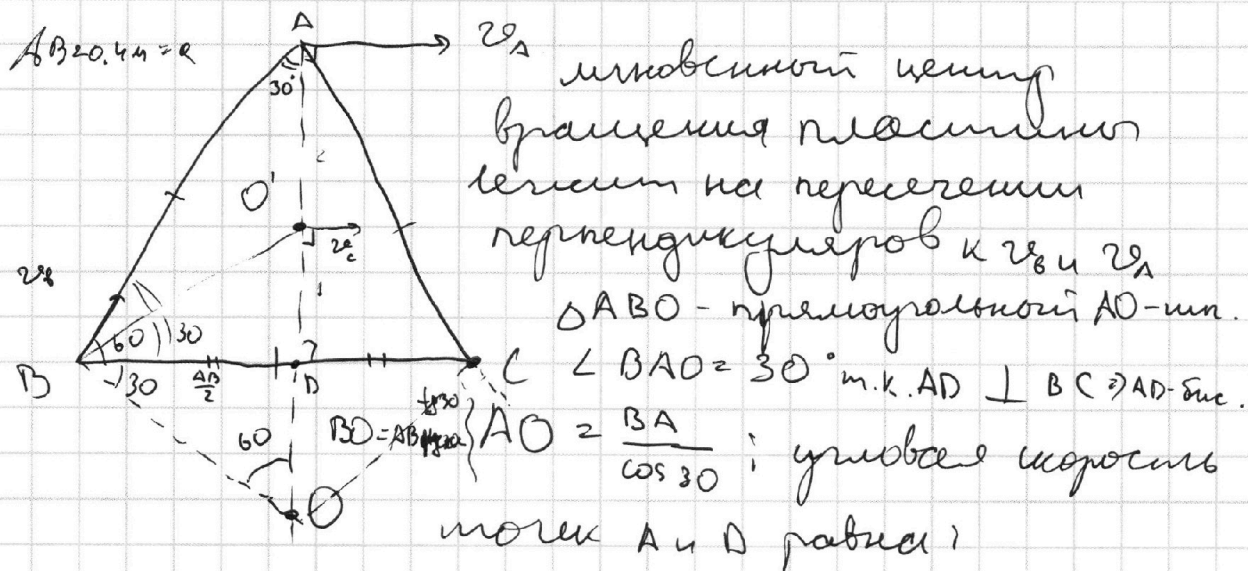


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\omega = \frac{v_B}{BO} = \frac{v_A}{AO} \Rightarrow v_A = v_B \cdot \frac{AO}{BO} = v_B \cdot \frac{BA \cdot \cos 30^\circ}{\cos 30^\circ \cdot BA \cdot \sin 30^\circ} = 2 v_B$$

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

находим угловую скорость  $\omega_c$  в системе ц.м.

$O'$  - т.п. медиан - центр масс  $O'D = \frac{AO'}{2} = \frac{AB}{2} \tan 30^\circ$

$AO' = AB \tan 30^\circ$ ;  $v_{ц.м.} = v_A \cdot \frac{OO'}{OA} = \frac{AO - AO'}{AO} v_A = v_A \left( 1 - \frac{AB \tan 30^\circ}{\frac{AB}{\cos 30^\circ}} \right)$

$\Rightarrow v_c = \frac{v_A}{2}$ ;  $\omega_c = \frac{v_A - v_c}{AO'} = \frac{v_A}{2 AB \tan 30^\circ} = \frac{v_A \cos 30^\circ}{AB}$

$T_c = \frac{2\pi}{\omega_c} = \frac{2\pi AB}{v_A \cos 30^\circ} = \frac{2\pi \cdot 0,4 \text{ м}}{0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{3}} \text{ с.}$

т.к. скорости точки  $C$  и  $B$  равноудалены от  
мгновенного центра вращения то  $v_c = v_B$ . тангенциальное  
ускорение тем; вертикальное сил не испытывает  
т.к.  $a_y = 0 \Rightarrow$  ускорение тела равно  $a_n$  точки  $C$





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  
☐

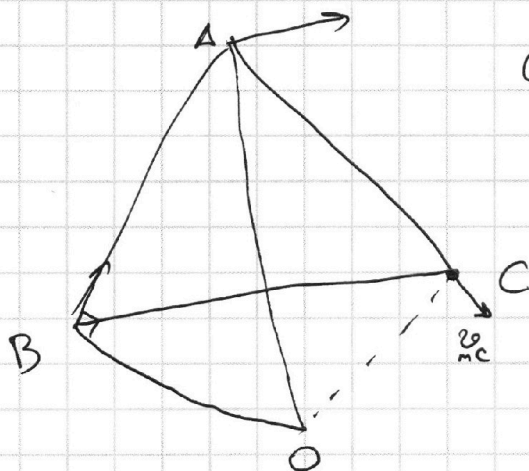
5  
☐

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!



$$Q_n = \frac{v_{mc}^2}{OC} \cdot \frac{v_{v}^2}{OB} = \frac{0,16 \frac{m^4}{c^2}}{0,4 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} m} = 0,4\sqrt{3} \frac{m}{c^2}$$

$$R = m Q = 120 \cdot 10^{-6} m \cdot 0,4\sqrt{3} \frac{m}{c^2} =$$

$$= \underline{48\sqrt{3} \cdot 10^{-6} H}$$



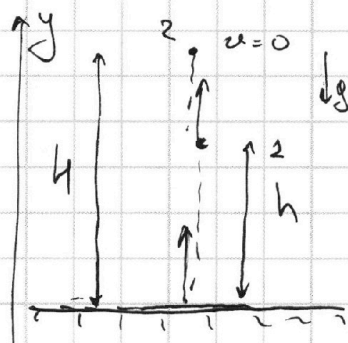
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



в высшей точке траектории  $v_y = 0$ ; время полёта от точки 1 до точки 2 -  $\frac{2v_0}{g}$ ;

$$\Delta h = H - h = v_0 t - \frac{g t^2}{2} = \frac{2v_0^2}{2g}$$

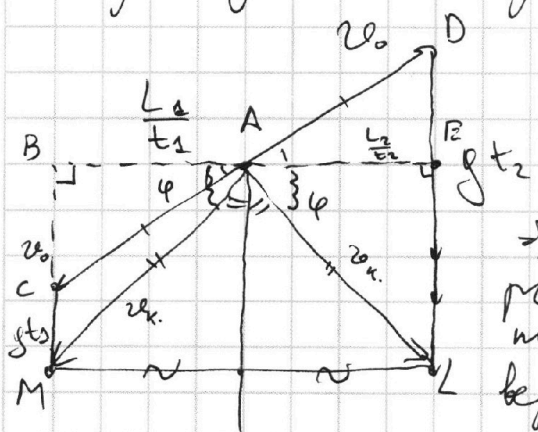
$$H = h + \frac{2v_0^2}{2g} \geq 14,2 \text{ м} + 1,8 \text{ м} = \underline{16 \text{ м}}$$

после разрыва из ЗСН, т.к. начальным

импульс 0, а массы равны:  $m \vec{v}_0 + m \vec{v}_1 = 0 \Rightarrow$

$\vec{v}_1 = -\vec{v}_0 \Rightarrow$  2ой осколок полетит в противоположном направлении со скоростью  $v_0$ .

нарисуем о скоростях для каждого осколка:



из ЗСД:  $\frac{m v_0^2}{2} + \frac{m g H}{2} = \frac{m v_k^2}{2}$  для

каждого осколка, кроме того на горизонталь не действует сил  $\Rightarrow$  импульс по горизонтали равен 0  $\Rightarrow$  конечные скорости направлены под одинаковым углом к вертикали в р/б. в бис. это высота

и меридиана, т.к. равен угол к вертикали, то и отклонение их до  $90^\circ$  угол  $\varphi$  тоже равен ( $\angle BAM = \angle EAL$ )

тогда, поскольку  $\triangle ABC \cong \triangle ADE$  по стороне и двум углам, то площади треугольников скоростей (для обоих осколков) с одной стороны, вкл. на основании, где высота это среднее кор. на оси x

$$S = \frac{L_1}{t_1} \cdot \frac{g t_1}{2} + \frac{L_2}{t_2} \cdot \frac{g t_2}{2} = \frac{g}{2} (L_1 + L_2) = v_k \cdot S_{BAM} + S_{AEL}$$



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!

$$S = \frac{g}{2} L = \frac{v_k \sin \varphi \cdot v_k \cos \varphi \cdot 2}{g} = \frac{1}{2} v_k^2 \cdot \sin(2\varphi)$$

$$L = \frac{v_k^2}{g} \cdot \sin(2\varphi); L_{\max} \text{ если } \sin 2\varphi_{\max} \Rightarrow \sin 2\varphi = 1$$

$$L = \frac{v_k^2}{g} = \frac{v_0^2 + 2gh}{g} = \frac{v_0^2}{g} + 2h = 40 \text{ м} + 32 \text{ м} = \underline{72 \text{ м}}$$

Ответ:  $h = 16 \text{ м}; L = 72 \text{ м}$

поскольку шарики связаны твёрдым стержнем, то их тангенциальное ускорение равно:  
запишем 2ой закон Ньютона на ось  $\perp$  линии для каждого шарика:





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!

Для  $p \propto V$ : тем более, что все процессы построены изохорно; адиабатно и прямой функцией из нек. координат рас-м случае)

$p \propto V$ :  $pV = \text{const}$  (изотерма)

$pV = \text{const}$  (изотерма)  $pV = \text{const}$  (изотерма)

$$2 \alpha V dV = \gamma R dT \Rightarrow \alpha V dV = \frac{\gamma R dT}{2}$$

$$\frac{dQ}{dT} = \frac{C}{R} = \frac{3}{2} \frac{\gamma R dT}{dT} + \frac{p(V) dV}{\gamma R dT} = \frac{3}{2} dT + \left( \frac{\alpha V dV}{\gamma R} \right) \left( \frac{1}{2} dT \right) \Rightarrow$$

$\Rightarrow \frac{C}{R} (dT) = 2 \Rightarrow$  процесс 12 - прямая проходящая через  $m(0;0)$ .

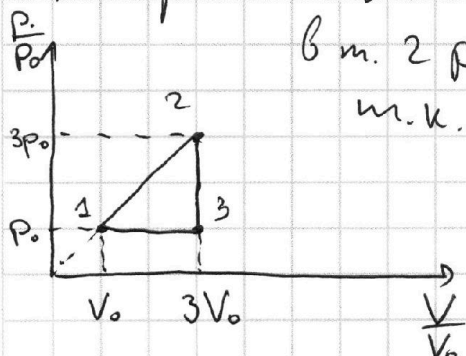
Для изохорического процесса  $\Delta V = 0 \Rightarrow$

$$Q = \frac{C}{R} dT = \frac{3}{2} R dT + 0 \Rightarrow \frac{C}{R} = \frac{3}{2} \Rightarrow 23 - \text{изохора}$$

Для изобарического процесса 1-3-1:

$$Q = \frac{C}{R} dT = \frac{3}{2} R dT + \frac{p dV}{\gamma R} \Rightarrow \Delta T = \frac{p dV}{\gamma R} \Rightarrow p dV = \gamma R dT$$

$\Rightarrow$  процесс 3-1 - изобара  $\Rightarrow$  наш цикл в коорд.  $\frac{p}{p_0} \left( \frac{V}{V_0} \right)$ :



в м. 2  $pV = \text{const} \Rightarrow 2 (3V_0; 3p_0)$

м.к. 3-1 - изобара по изохоре  $p = p_0$

р.к.  $p = p_0$

$$\text{работа цикла: } A = \frac{2p_0 \cdot 2V_0}{2} = 2p_0 V_0$$

$$A = 2 p_0 V_0 = 2 \gamma R T_0 = 3000 R \text{ [Дж]}$$

м.к. перемещение  $\vec{F} = Mg$  в перем.  $\vec{h}$  вертикал. по  $A = Fh = Mgh$

$$A = Mgh = \eta A_0 N \Rightarrow H = \frac{\eta A_0 N}{Mg} = \frac{5}{2} R \approx 20,8 \text{ м}$$

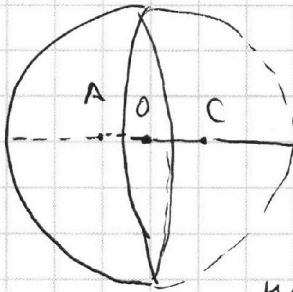


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.



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!



из точки O полукруговидность  
видна под телесным углом  $2\pi$   
стерадиан по Р. Гаусса:

$$E_0 \cdot 2\pi R^2 = \frac{Q}{2\epsilon_0} \Rightarrow E_0 = \frac{Q}{4\pi R^2 \epsilon_0} = \frac{Q}{4\pi R^2 \epsilon_0}$$

на бесконечности все пот. энергии поля  
перешли в кин. энергию т.к. Кулоновские силы обратно  
пропорциональны расстоянию, а в точке O полная  
энергия это сумма пот. энергии поля и кин. энергии  
частицы.

по ЗСЭ:

$$K = \frac{mv_0^2}{2} + W_0 \Rightarrow v_0 = \sqrt{(K - W_0) \cdot \frac{2}{m}}$$

где  $W_0 =$



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  
\_\_ 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!

Черновик

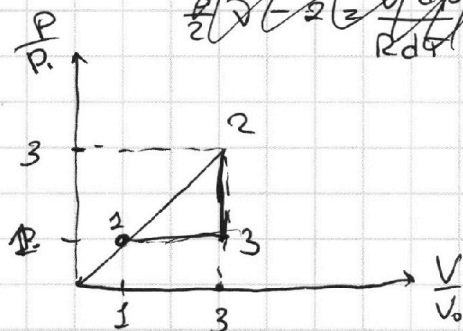
$$C = \frac{dQ}{dT} = \frac{\frac{3}{2} \gamma R dT + P dV}{dT}; \quad \frac{C}{R} = \frac{3}{2} \gamma + \frac{P dV}{R dT}$$

$$1-2: \quad \frac{C}{R} = 2 = \frac{3}{2} \gamma + \frac{P dV}{R dT} \quad \Delta Q = \frac{C}{R} \Delta T R$$

$$P dV + V dp = \gamma R dT$$

$$\frac{P dV}{R dT} = \gamma - \frac{V dp}{R dT}$$

$$\frac{P dV}{R dT} = \gamma - \frac{V dp}{R dT}$$



$$P_0 V_0 = \gamma R T_0$$

$$A_Q = \frac{2 P_0 \cdot 8 V_0}{R} = 2 \gamma R T_0 = 3000 R \text{ Дж.}$$

$$A = M g h = \eta A_Q N$$

$$h = \frac{\eta N A_Q}{M g} = \frac{1}{2} \cdot \frac{20 \cdot 3000 R}{4000 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C}{R} = \frac{3}{2} \gamma + \frac{P(V) dV}{\gamma R dT} = \frac{3}{2} \gamma + \frac{\alpha V dV}{\gamma R dT}; \quad \frac{3}{2} \gamma R dT$$

$$2 \alpha V dV = \gamma R dT \Rightarrow \alpha V dV = \frac{\gamma R dT}{2}$$

$$Q_{12} = 2 \cdot 300 \cdot 8 R =$$

$$= \frac{3}{2} \gamma R \cdot 8 \cdot 300 + P dV$$

$$\text{изобара: } P dV$$

$$\text{изохора: } 0$$

$$\Delta Q_{23} = \frac{C}{R} \cdot \Delta T \cdot R = \frac{3}{2} \gamma R \cdot 300$$

$$C \Delta T \cdot R = \frac{3}{2} \gamma R dT \quad A = 0$$

$$C = \frac{3}{2}$$

$$Q = \frac{P}{R} 2.5 R \Delta T = \frac{3}{2} R dT + \frac{P_0 dV}{\gamma R}$$

$$\Delta T = \frac{P_0 dV}{\gamma R}$$

$$\gamma R \Delta T = P_0 dV \Rightarrow \text{изобара}$$

$$\begin{array}{r} 2.5 \cdot 2.33 \\ \times 8.34 \\ \hline 20.775 \\ \hline \approx 20.78 \text{ м} \end{array}$$

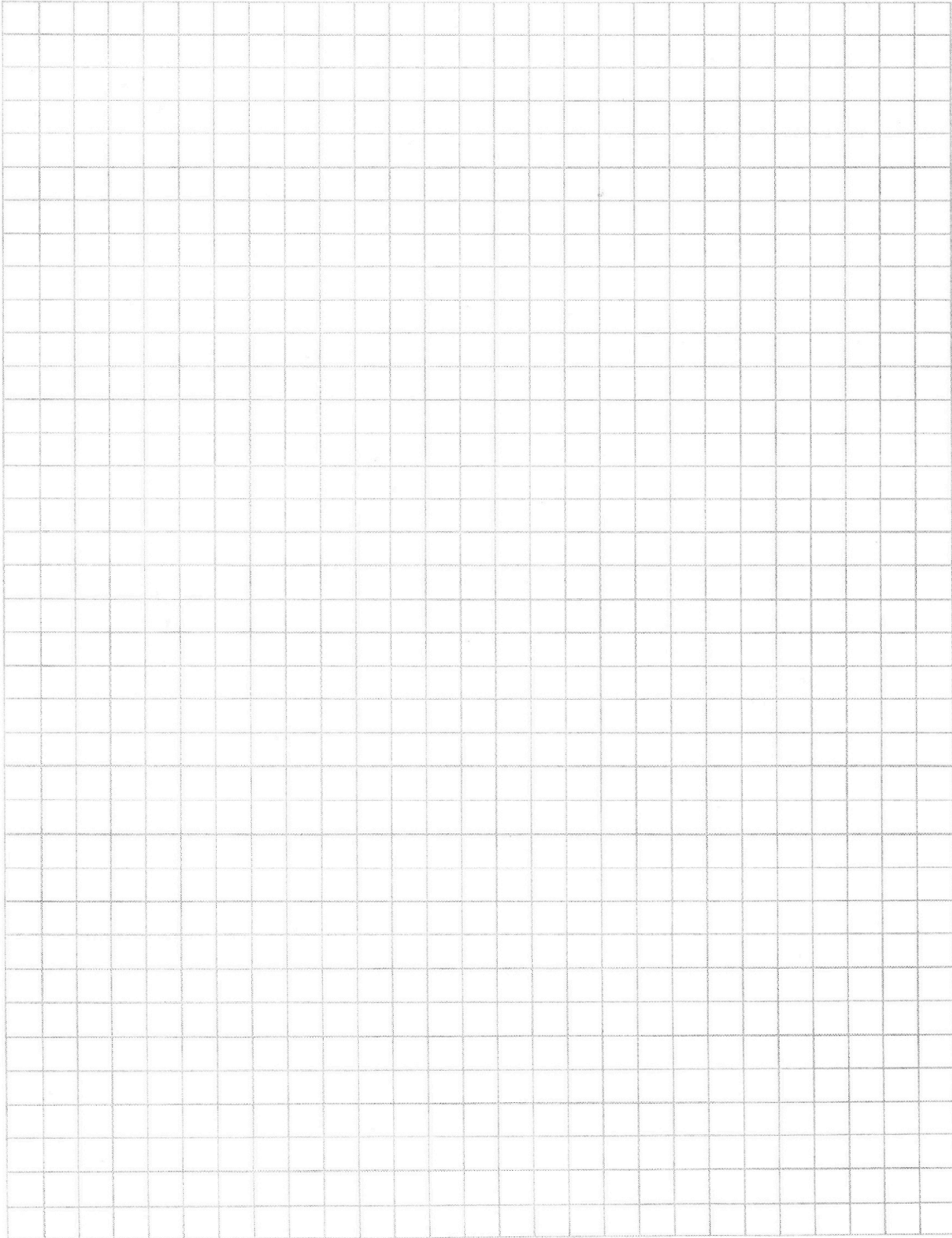


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!





$$E = \frac{Q}{4\pi R^2 \epsilon_0}$$



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  
\_\_ 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!

