



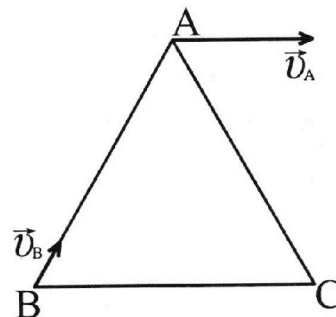
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025

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.



57 = 3

1. Найдите модуль  $v_A$  скорости вершины A.

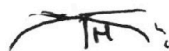
2. За какое время  $\tau$  пластина в системе центра масс совершит один оборот?

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.

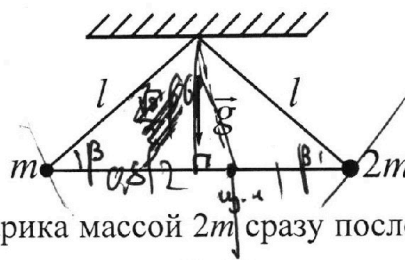
1. На какой высоте  $H$  разорвался фейерверк, если известно, что на высоте  $h = 14,2$  м фейерверк летел со скоростью  $V = 6$  м/с? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



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.

$$\begin{array}{r} 32 \\ \times 02 \\ \hline 256 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 256 \\ \times 30 \\ \hline 7680 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16 \\ \times 16 \\ \hline 156 \end{array}$$

$$\frac{156}{900}$$

$$\begin{array}{r} 1056 \\ - 768 \\ \hline 288 \end{array}$$



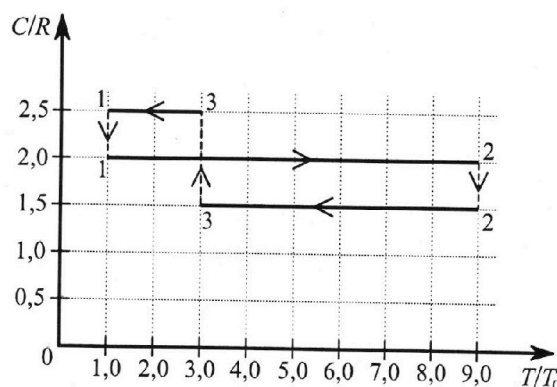
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.



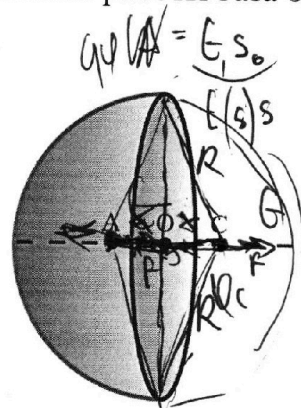
1. Постройте график процесса в координатах  $(P/P_0, V/V_0)$ , здесь  $P_0, V_0$  – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу  $A_1$  газ совершает за один цикл?

$$\Gamma = \overline{a}$$

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.

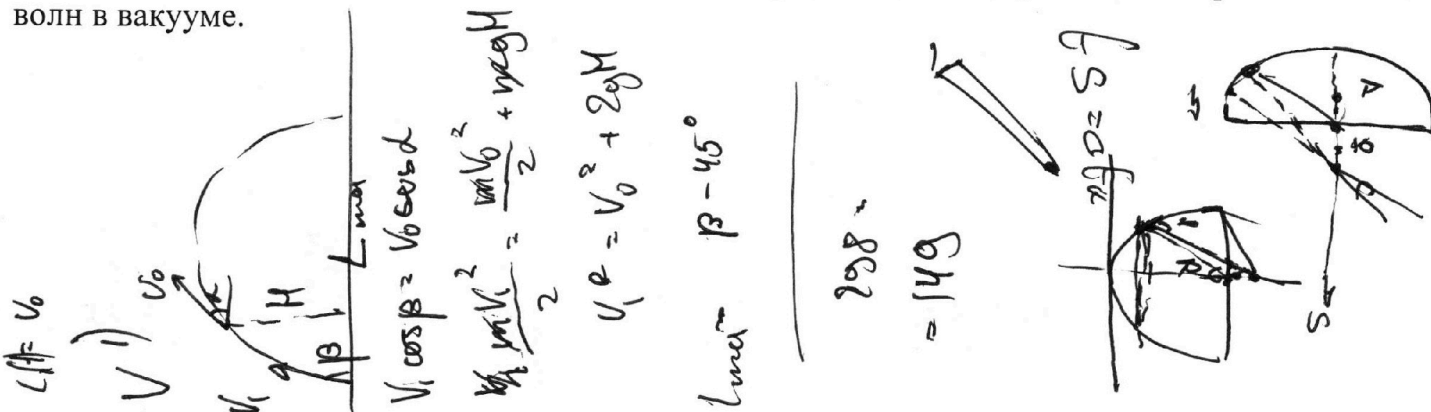
5. По поверхности закреплённой диэлектрической полусферы однородно распределен заряд  $Q$ . Точки А, О, С находятся на оси симметрии (см. рис.). Точка О удалена от всех точек полусферы на расстояние  $R$ . Из точки А стартовала с нулевой начальной скоростью частица, масса которой  $m$ , заряд  $q$ . Частица движется по прямой АС и на большом по сравнению с  $R$  расстоянии от точки О кинетическая энергия частицы равна  $K$ .



1. Найдите скорость  $V_0$  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.



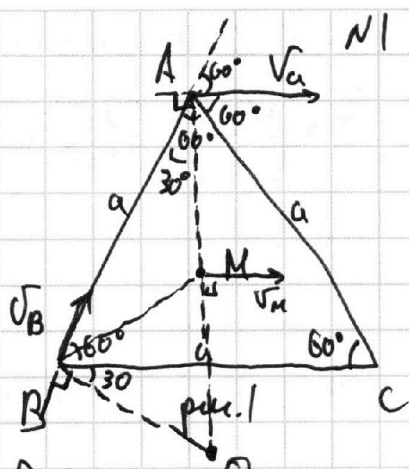


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$V_b = 0,4 \text{ м/с}$$

$$u = 0,4 \text{ м}$$

$$AM = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{2}{3} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

• высота в р/с треуг.

$$h = a \sin 60 = \frac{\sqrt{3}}{2} a$$

Решение:

- 1)  $\triangle ABC$  - р/с (по усл.)  $\rightarrow$  все углы в нем по  $60^\circ$ .
- 2)  $\triangle ABC$  - твердое тело  $\Rightarrow$  если соединить две его точки, то их скорости - проекции на эту прямую будут равны, теорема "палочки"  $\Rightarrow$  рассмотрим  $AB$ :  $V_b = V_a \cos 60^\circ \rightarrow$   

$$\Rightarrow V_a = \frac{V_b}{\cos 60^\circ} = \frac{2V_b}{1} = 0,8 \text{ м/с}$$
- 3) центр масс у р/с треугольника (сплошного) находится в точке пересечения медиан (т.М на рис. 1)
- 4) найдём на картинке мгновенный центр вращения (т.О) - если соединить любую т. треуг. с тем, то вектор скорости будет  $\perp$  ему  $\Rightarrow$  т.О - МДВ  $\Rightarrow V_M = \omega \cdot OM$ , а  $\omega = \frac{V_b}{OB} = \frac{V_b}{a \tan 30} =$   

$$= \frac{0,4}{0,4 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}} = \sqrt{3} \text{ м/с} \Rightarrow V_M = \sqrt{3} \cdot OM$$

$$\tan 30 = \frac{1}{\sqrt{3}}$$
- 5) заметим, что  $AM = BM$   $\Rightarrow$   $\triangle OBA$  - прямоугольный  $\rightarrow$   

$$\Rightarrow OM = AM = \frac{1}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}a}{2} = \frac{\sqrt{3}a}{6} \Rightarrow V_M = \sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{3}a}{6} = 0,4 \text{ м/с}$$
- 6) перейдём в систему отсчёта центра масс  $\Rightarrow V_a' = V_a - V_M =$   

$$= 0,8 \text{ м/с} - 0,4 \text{ м/с} = 0,4 \text{ м/с} \Rightarrow$$
 в этой СО точка О будет







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.

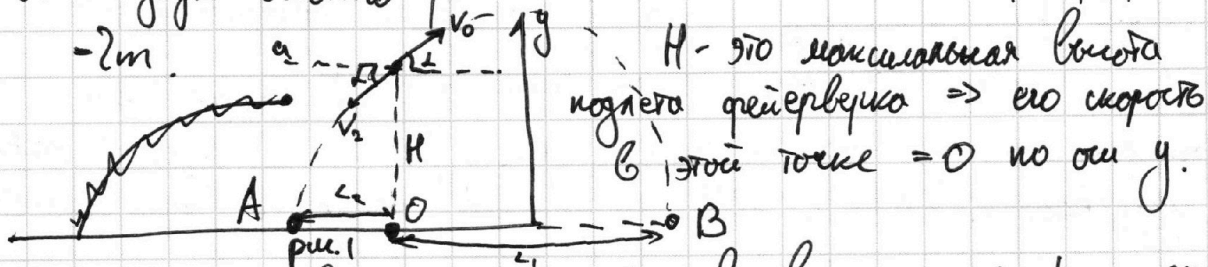
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

N 2

- Начнем с пункта 2. Допустим мы уже знаем  $H$ . Пусть массы этих двух осколков равны по  $m \Rightarrow$  масса всего фейерверка =  $-2m$ .



$H$  - это максимальная высота полета фейерверка  $\Rightarrow$  его скорость в этой точке = 0 по оси  $y$ .

- 1) Пусть первый осколок полетел строго под углом  $\alpha$  к горизонту (не зная скорости), где его скорость =  $v_0$  (по усл.)

- 2) рассмотрим систему: 2 осколка: а) в начальный момент (на высоте  $h$ ) их общий импульс = 0

$\Rightarrow$  из ЗСИ:  $\vec{0} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$ , где  $\vec{p}_2$  - импульс второго осколка  $\Rightarrow$   
 $\vec{p}_1 = -\vec{p}_2 \Rightarrow |\vec{p}_1| = |\vec{p}_2| \Rightarrow \underbrace{|\vec{p}_1|}_{\substack{\text{т.к. } m_1 = m_2 = m}} = |\vec{p}_2| \Rightarrow \underbrace{|\vec{p}_1|}_{\substack{\text{а потом } \vec{p}_1 = m\vec{v}_0}} = |\vec{p}_2| \Rightarrow |\vec{v}_1| = |\vec{v}_2| = v_0$ , но они противоположны по направлению.

- 3)  $\Rightarrow$  второй полетел в другой направлении (отн. прямой  $a$ ) (рис.1) под углом тоже  $\alpha$

- 4) ~~первый и второй полетел:  $L_{\text{max}} = L_1 + L_2$ , вспомнил про теорему о движении центра~~

- 4) Заметили одну вещь в задаче - как я уже писал в п. 2 и 3: скорости 2-ух осколков будут равны по модулю и противоположны по направлению, то

- ! траектории двух осколков образуют 1 большую параболу, если бы из т.А запустили осколок.



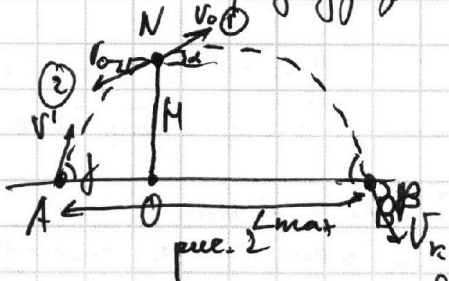
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

5) Докажите предыдущее утверждение:



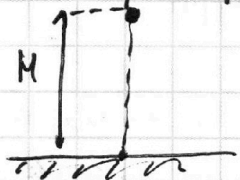
пусть  $N(1)$  полетел вверх по параболе и приземлился в  $i.B$  с какой-то  $v_k$  под углом  $\beta$  к горизонту  $\Rightarrow$

$\Rightarrow$  но если из  $i.B$  кинуть влево осколок со скоростью  $v_k$  под углом  $\beta$ , то из-за обратимости процесса и ЗСЭ и ЗСИ, то в  $i.N$  он снова будет иметь скорость  $v_0$  под углом  $\alpha$  к гор., но уже в другую сторону, т.к. осколок полетел бы точно по той же самой траектории  $\Rightarrow$  траектория осколка (2) совпадает с продолжением траектории осколка (1)

6) Тогда  $L_{max} = AB$  и это то же самое если из  $r.A$  запустить осколок под углом  $\beta$  со скоростью  $v'$ , но по условию сказано, что  $L$  - максимум  $\Rightarrow AB - max \Rightarrow \beta = 45^\circ$ , а  $L_{max} = \frac{v'^2 \sin 90}{g} = \frac{v'^2}{g}$

7) из ЗСЭ:  $\frac{mv'}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + mgH \Rightarrow v'^2 = v_0^2 + 2gH$   
 $\Rightarrow L_{max} = \frac{v_0^2 + 2gH}{g}$

• Теперь вернемся к пункту 1 в задаче:



по условию снаряд летел вертикально  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  из ЗСЭ:  $\frac{mv^2}{2} + mgh = mgH \Rightarrow$  т.к. на высоте  $H$  скорость  $= 0$ , т.к.  $H$  - max высота  
 $\Rightarrow H = h + \frac{v^2}{2g} = 14,2 + \frac{36}{20} = 14,2 + 1,8 = 16 \text{ м}$

$\Rightarrow$  тогда  $L_{max} = \frac{400 + 2 \cdot 10 \cdot 16}{10} = 40 + 32 = 72 \text{ м}$

Ответ: 1)  $H = 16 \text{ м}$  2)  $L_{max} = 72 \text{ м}$

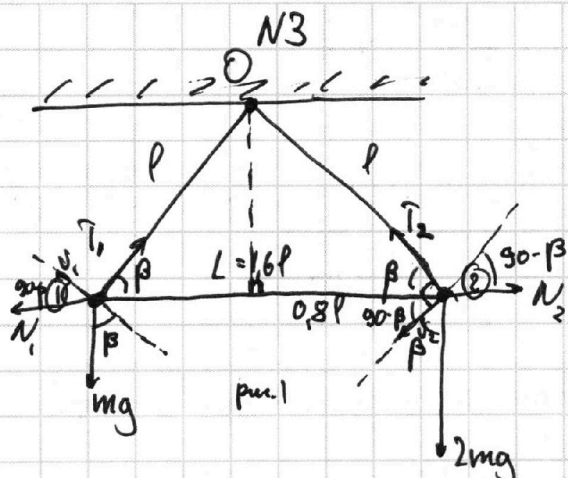


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 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. Расставим действующие силы на 1-й и 2-ой шарик

2.  $N_1 \neq N_2$ , где  $N_1$  и  $N_2$  - сила реакции от шероховатой и от гладкой поверхности соответственно.

3. Поймем, что когда мы бросим эту систему, то 1-ый и 2-ой шарики

каждый двигаться по окружности радиусом  $R = l$ , вокруг т.О (рис.1)

4. найдем угол  $\beta$  (рис.1)  $\Rightarrow \cos \beta = \frac{0.8l}{l} = 0.8 \rightarrow \sin \beta = \sqrt{1 - 0.64} = 0.6$

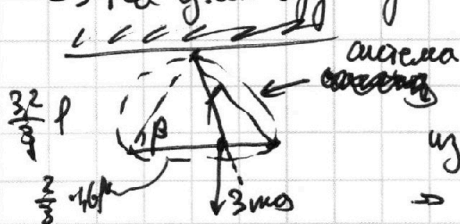
$$5. \rightarrow \begin{cases} a_{n2} = \frac{T_2 - 2mg \sin \beta - N_2 \cos \beta}{2m} & a_{n1} = \frac{T_1 - mg \sin \beta - N_1 \cos \beta}{m} \\ a_{\tau 2} = \frac{2mg \cos \beta - N_2 \sin \beta}{2m} & a_{\tau 1} = \frac{N_1 \sin \beta - mg \cos \beta}{m} \end{cases} \quad (1) \quad (2)$$

6. Пусть шарики 1 и 2 при этом будут

Поймем, что это так, что  $a_{\tau 2} = a_{\tau 1}$  (тангенциальные) ускорения равны, т.к. их скорости в любой момент времени должны быть равны из-за уравнения неразрывности:  $V_1 \cos \beta = V_2 \sin \beta \Rightarrow V_1 = V_2 \Rightarrow a_{\tau 1} = a_{\tau 2}$

7. Отсюда и  $a_{n1} = a_{n2}$ , т.к.  $a_n = \frac{v^2}{R}$ , а  $R_1 = R_2 = l$  и  $V_1 = V_2$  всегда

8. Теперь рассмотрим центр масс системы: 2 шарика + шероховатая + нитки  $\Rightarrow$  силы взаимодействия шероховатой (реакции опоры) и силы натяжения нитки станут внутренними  $\rightarrow$  на ц.м. будет действовать 1 внешняя сила  $= 3mg$ :



Ц.м. тоже будет двигаться по окружности с радиусом  $R_{cm}$

из теор. косинусов:  $R^2 = l^2 + \left(\frac{16}{30}l\right)^2 - 2 \cdot l \cdot \frac{16}{30}l \cdot \cos \beta$   
 $\Rightarrow R^2 = \frac{1056}{900}l^2 - \frac{156}{30}l^2 = \frac{298}{900}l^2 \Rightarrow R = l \frac{\sqrt{298}}{30}$



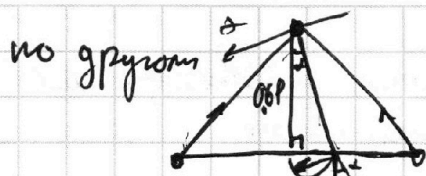


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

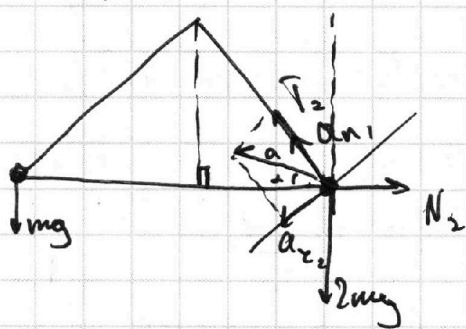
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$\begin{array}{r} \frac{15}{225} \\ + \frac{16}{225} \\ \hline \frac{31}{225} \end{array} \quad \begin{array}{r} \frac{25}{225} \\ + \frac{16}{97} \end{array}$$

$$\rightarrow R^2 = \frac{9}{25} l^2 + \frac{16}{225} l^2 = \frac{97}{225} l^2 \Rightarrow R = \frac{l}{15} \sqrt{97}$$

теперь рассмотрим



~~по оси x y дефис сина~~  
 ~~$3mg \sin \alpha = a_z$~~

$$a \sin \alpha = a_n \sin \beta - a_{\tau_2} \cos \beta$$

$$\sin \alpha = \frac{a_n \sin \beta - a_{\tau_2} \cos \beta}{\sqrt{a_n^2 + a_{\tau_2}^2}}$$

$$mg(2): 2mg \cos \beta - N_2 \sin \beta = 2N_1 \sin \beta - 2mg \cos \beta \rightarrow 4mg \cos \beta = \sin \beta (N_2 + 2N_1) \quad (3)$$

$$mg(1): T_2 - 2mg \sin \beta - N_2 \cos \beta = 2T_1 - 2mg \sin \beta - 2N_1 \cos \beta \rightarrow T_2 - 2T_1 = 4mg \sin \beta + \cos \beta (N_2 - 2N_1) \quad (4)$$

$$\begin{array}{l} \cos \beta = 0.8 \\ \sin \beta = 0.6 \end{array}$$

Сам стел у самого стержня будет ускорение вдоль его оси -  
 $a_{cr} = a_{\tau} \sin \beta$

$$a_{пол} = \sqrt{a_{\tau}^2 + a_n^2}$$





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 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!

$$\nu = 5 \text{ моль}$$

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

$$\frac{C}{R} = \text{моляр. тепло.}$$

$$T_0 = 300 \text{ K}$$

N4

1.) изохорно:  $P_0 V_0 = \nu R T_0 \rightarrow \text{разделим}$   
потом:  $PV = \nu R T$

$$\rightarrow \frac{P}{P_0} \cdot \frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{C}{R} = \frac{\frac{Q}{\Delta T}}{R} = \frac{Q}{\Delta T R}$$

1. Процесс 1  $\rightarrow$  2:

здесь  $\frac{C}{R} = \text{const}$  при  $T \uparrow$  и здесь из графика:

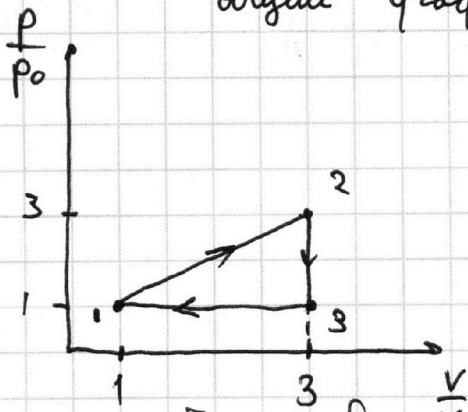
$C = 2R \Rightarrow$  этот процесс в  $P(V)$  координатах будет выглядеть как отрезок с положительным коэффициентом наклона

2. Процесс 2  $\rightarrow$  3: это процесс, где  $C = \frac{3}{2}R = C_v$  при (по усл. одноатомный газ)  $\Rightarrow$  это изохора, а  $T \downarrow \Rightarrow P \downarrow$

3. Процесс 3  $\rightarrow$  1, это процесс, где  $C = \frac{5}{2}R = C_p \Rightarrow$  это изобара, где  $T \downarrow \Rightarrow$  при  $P = \text{const}$ ,  $V$  должно уменьшаться

↓

общий график будет выглядеть так



$$\frac{V_3}{V_0} = \frac{T_3}{T_0} \cdot \frac{P_0}{P_3} = 1 \cdot 3 = 3$$

$$\frac{P_2}{P_0} = \frac{T_2}{T_0} \cdot \left( \frac{V_0}{V_2} \right) = \frac{1}{3} \cdot 9 = 3$$

$\frac{V_0}{V_3}$

здесь масштабы не соблюден  $\Rightarrow$  см. другой зр.

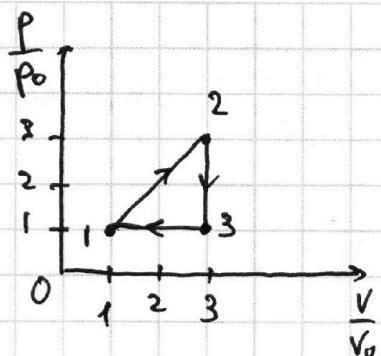


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Пункт №2

$$A_{\text{цикл}} = A_1 - \text{это } S_{0123} \cdot p_0 V_0 =$$

$$= \frac{1}{2} 2 \cdot 2 \cdot p_0 V_0 = 2 p_0 V_0, \text{ а по}$$

уравнению состояния №1:

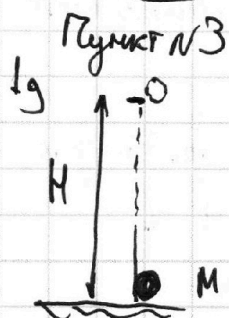
$$p_0 V_0 = 2 R T_0 \rightarrow A_1 = 2 R T_0 =$$

$$= 2 \cdot 8,31 \cdot 300 = 3000 \cdot 8,31$$

$$= 30 \cdot 831 = 24930 \text{ Дж} = A_1$$

$$\begin{array}{r} \times 831 \\ 30 \\ \hline 24930 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 24930 \cdot 2 \\ 1280 \quad 12460 \\ \hline 12460 \end{array}$$



По условию:  $\frac{1}{2} A_{\text{цикл}} = A_{\text{полезная за 1 цикл подвешивания}}$

$$\rightarrow A_{\text{полезн за цикл}} = 12465 \text{ Дж} \rightarrow$$

$$\rightarrow \text{за } N=20 \text{ циклов } A_{\text{полезная общая}} = N \cdot A_{\text{п/ц}} =$$

$$= 249300 \text{ Дж} \Rightarrow \text{это работа подвешивания}$$

датчика по отношению к изменению потенциальной энергии груза, где  $\sigma F_{\text{пот}} = M g H$

$$\sigma F_{\text{пот}} = A_{\text{п.о}}$$

$$= 623,25 \text{ м}$$

$$H = \frac{A_{\text{п.о}}}{M g} = \frac{249300}{4000} =$$

$$\begin{array}{r} 249300 \\ 4000 \\ \hline 623,25 \end{array}$$

Ответ:  $A_1 = 24930 \text{ Дж}$

$H = 623,25 \text{ м}$



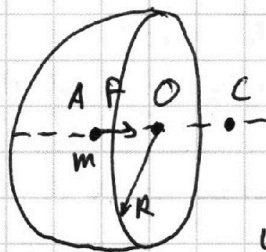
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
12 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!

N5



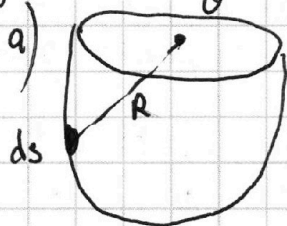
1) найдём поверхностное распределение зарядов у полусферы  $\sigma = \frac{Q}{2\pi R^2}$

2) сила Кулона от полусферы, действующая на этот заряд всегда направлена по прямой AC

3) Возьмём, что по определению потенциальная энергия в точке пространства при взаимодействии  $2\text{ тел}$  - это работа, которую нужно совершить телу, чтобы увести заряд этой точки на бесконечность. В данной задаче нам дали  $K$  энергии на расстоянии  $S \gg R \rightarrow$  можно считать, что на бесконечности  $\Rightarrow$  из ЗСЭ:  $\Delta K = A_{\text{кул}}$ , а  $A_{\text{кул}} = -W$ , где  $W = q\varphi_A$ , где  $\varphi_A$  - потенциал - в этой точке  $A \Rightarrow$   $q\varphi_A = K \Rightarrow \varphi_A = \frac{K}{q}$  (1)

4) спрашивали найти  $V_0$  в  $i. O$ .

для этого найдём  $\varphi_0$ : Рассмотрим маленький участок сферы  $ds$ :



$$d\varphi = k \frac{\sigma ds}{R}, \quad R \text{ у всех равен}$$

$$\varphi_0 = \frac{k\sigma}{R} S_{\text{поверх}} = \frac{k}{R} Q = \frac{Q}{R} \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$E_{\text{кинетическая}} = q(\varphi_A - \varphi_0) = K - \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R}, \text{ а с другой стороны } E_{\text{кин}} = \frac{mv_0^2}{2} \rightarrow$$

$$\rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{2}{m} \left( K - \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R} \right)}$$



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.

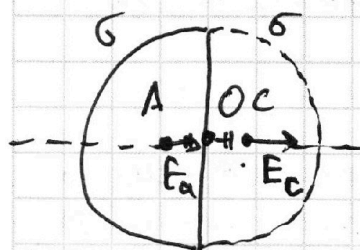
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

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!

5) теперь найдем  $V_a$ : По условию:  $AO = OC$ , но они не известны

а) приложим к нашей сфере полусфере такую же сферу, чтоб получилась полусфера целая сфера (рис. 3). Пусть она будет иметь поверхностный заряд тоже  $\sigma$



б) мы знаем, что напряженность поля в

любой точки внутри  $E = 0$ , пусть п.с.н1 создавала в т.С напряженность  $E_c \Rightarrow$

п.с.н1 п.с.н2  $\Rightarrow$  п.с.н2 должна создавать в т.С  $E'_c$ , где

$\vec{E}_c + \vec{E}'_c = \vec{0}$ , но  $E'_c = E_c$ , но заметим, что т.С для п.с.н2

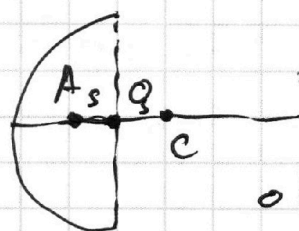
равнозначна, как т.А для п.с.н1  $\rightarrow$  из симметрии (то у нас  $AO =$

$= OC$ ), то  $E'_c = E_a$  - напряженность в т.А от полусферы н1  $\rightarrow$

$\Rightarrow E_a = E_{ac}$  из (1)  $\rightarrow$

$$d\varphi = -E dx$$

б)  $\Rightarrow$  из (1)  $F_a = qE_a = F_c = qE_c \rightarrow$  рассмотрим движение заряда от точки А до О.



на протяжении этого отрезка полусфера действует на заряд с силой от  $F_a$  до  $F_o \rightarrow$

$\rightarrow$  работа этих сил на расстоянии  $s$  (рис. 3) даст  $\Delta E_k$  (из пункта 4).

А на отрезке  $OC$  набор сил от  $F_o$  до  $F_c (= F_a)$  передвигает заряд на расстояние  $(OC = AO = s) \rightarrow$

$\Rightarrow$  совершена такая же работа кулоновских сил, как и на отрезке  $AO$ .

$\Rightarrow \Delta K_{oc} = \Delta K_{ao}$  (изменение кин. энергии на отрезках равно), а из п. 4:  $\Delta K_{ao} = \left( K - \frac{Qa}{4\pi\epsilon_0 R} \right) \Rightarrow \Delta K_{oc} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \text{из 3(б)}: \frac{mV_c^2}{2} - \frac{mV_o^2}{2} = \left( K - \frac{Qa}{4\pi\epsilon_0 R} \right) \Rightarrow \frac{mV_c^2}{2} = 2 \left( K - \frac{Qa}{4\pi\epsilon_0 R} \right)$$





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!

Отсюда получается, что

$$V_c = \sqrt{\frac{4}{m} \left( k - \frac{Qa}{4\pi\epsilon_0 R} \right)}$$

$$\text{или } V_c = V_0 \sqrt{2}$$



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  
\_\_ 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!

