

МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ
ШКОЛЬНИКОВ 2024/2025 УЧЕБНОГО ГОДА

по физике

Код/шифр участника

Ф	1	0	1	4			
---	---	---	---	---	--	--	--

Красовский Сергей
Владимирович

(фамилия, имя, отчество)

10

(класс обучения)

10

(класс участия)

школа N 10

(полное наименование образовательной организации)

ТЕТРАДЬ

для _____

учени _____ класса _____

_____ школы _____

1	2	3	4	5
8	100	10	10	100

475

Задача 1.

Дано:

$$v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$t_H = 2 \text{ с} - \text{время падения}$$

Найти:

$$H - ? ; v - ?$$

$$\beta - ?$$

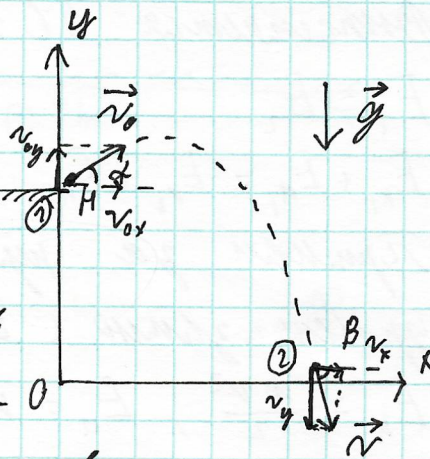
Решение:

$$\begin{cases} v_y = v_{0y} - g t \\ v_x = v_{0x} \end{cases}$$

- забываем про проекции скорост.

или масса от времени.

$$\begin{cases} v_{0y} = v_0 \sin \alpha \\ v_{0x} = v_0 \cos \alpha \end{cases}$$



$$\tan \beta = \frac{|v_y|}{v_x}, \text{ где } v_y, v_x - \text{проекции } \vec{v}.$$

$$\tan \beta = \frac{v_0 \sin \alpha - g t}{v_0 \cos \alpha}$$

$$\beta = \arctg \frac{v_0 \sin \alpha - g t}{v_0 \cos \alpha} = \arctg \frac{20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \sin 30^\circ - 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2 \text{ с}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \cos 30^\circ} = 30^\circ$$

$$y = H + v_{0y} t - \frac{g t^2}{2} - \text{координата от времени.}$$

$$\text{При падении } t = t_H ; y = 0$$

$$H = y + \frac{g t_H^2}{2} - v_0 \sin \alpha t_H = 0 \text{ м} + \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (2 \text{ с})^2}{2} - 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sin 30^\circ \cdot 2 \text{ с} = 10 \text{ м}.$$

Т.к. нам спрашивают от времени

Вычисляемая ЗСЗ:

$$E_1 = E_2$$

$$E_{k1} + \bar{E}_{n1} = E_{k2} + \bar{E}_{n2}$$

Примем за нулевой потенциал
уровень земли ($\bar{E}_{n2} = 0 \text{ Дж}$)

$$E_k = \frac{mv^2}{2}; E_n = mgh$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{mv^2}{2}$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh} = \sqrt{(10 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2 + 2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 10 \text{ м}} = 17,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $\beta = 30^\circ$; $H = 10 \text{ м}$; $v = 17,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Y
Jo

Задача 3.

Дано:

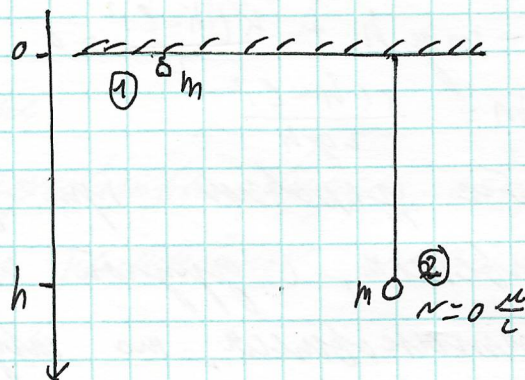
$$l = 1,3 \text{ м}$$

$$k = 100 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$\alpha = 0,3$$

Найти:

Решение:



10

m - ? Пусть шарик остановится на позиции h ниже точки крепления. Т.к. сторонних сил на него не действует выполняется ЗСЗ:

$$E_1 = E_2$$

$$E_{п1} + E_{к1} + E_{пн1} = E_{п2} + E_{к2} + E_{пн2};$$

$E_{к1} = E_{к2} = 0$ Дж - шарик обладает нулевой скоростью.

Формулы для нулевой потенциальной энергии точки крепления,

$$E_{пн} = \frac{k \alpha l^2}{2}; \quad E_{пн1} = 0 \text{ Дж} - \text{шарик не растянут}$$

$$E_{пн2} = \frac{k(h-l)^2}{2}.$$

$$E_{n_2} = -mgh;$$

$$-mgh + \frac{k(h-l)^2}{2} = 0.$$

$$m = \frac{k(h-l)^2}{2gh}$$

Для удобства при условии что шарики
привисят, с другой стороны этот шарик
остановится, то шарики натянут,
откуда

$$h \in [l; l+la]$$

Найдем самую маленькую функцию

$$m(h) \text{ при } h \in [l; l+la]. m = \frac{k}{2g} h - \frac{2kl}{2g} + \frac{kl^2}{2gh}$$

$$\frac{dm}{dh} = \frac{k}{2g} - \frac{kl^2}{2gh^2}$$

$$\text{при } h > l, \frac{kl^2}{2gh^2} < \frac{k}{2g} \Rightarrow \frac{k}{2g} - \frac{kl^2}{2gh^2} > \frac{k}{2g} -$$

$$-\frac{k}{2g} \Rightarrow \frac{k}{2g} - \frac{kl^2}{2gh^2} > 0.$$

Значит $m(h)$ строго возрастает
при $h \in [l; l+la]$ откуда

$$m_{\min} = m(l) = 0 \text{ кг} - считаем } m > 0 (h > l)$$

$$m_{\max} = m(l+la) = \frac{k l^2 a^2}{2g(l+la)} = \frac{100 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot (1,3 \text{ м})^2 \cdot 0,3^2}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (1,3 \text{ м} + 1,3 \text{ м} \cdot 0,3)} =$$

$$= 0,45 \text{ кг}$$

$$m > 0, \text{ откуда } m \in (0; 0,45 \text{ кг}) \quad m \leq 0,45 \text{ кг}$$

Вопрос: $m \leq 0,45 \text{ кг}$

100

Задача 4.

Дано:

$$U_1 = \alpha_1 I^2$$

$$U_2 = \frac{\alpha_2}{I^2}$$

$$\alpha_1 = 300 \frac{\text{В}}{\text{А}^2}$$

$$\alpha_2 = 0,03 \text{ В} \cdot \text{А}^2$$

$$I_a = 0,2 \text{ А}$$

Решение:

Для удобства будем обозначать линейные элементы как r_1

т.к. элементы соединены последовательно вычисляем падение напряжения на каждом из них.

Найти:

$$U_a = ?$$

$$U_{\min} = ?$$

$$P_1 = ? \quad P_2 = ?$$

$$\begin{cases} U = U_1 + U_2 \\ I = I_1 = I_2 \end{cases}$$

Откуда

$$U_a = \alpha_1 I_a^2 + \frac{\alpha_2}{I_a^2} = 300 \frac{\text{В}}{\text{А}^2} (0,2 \text{ А})^2 +$$

$$+ \frac{0,03 \text{ В} \cdot \text{А}^2}{(0,2 \text{ А})^2} = 12,75 \text{ В}$$

$$U = \alpha_1 I^2 + \frac{\alpha_2}{I^2} - \text{общее напряжение.}$$

Найдем $U_{\min}$:

$$\frac{dU}{dI} = 2\alpha_1 I - 2\frac{\alpha_2}{I^3}$$

$$\frac{dU}{dI} = 0 - \text{точка экстремума.}$$

$$\frac{2\alpha_2}{I_{\min}^3} = 2\alpha_1 I_{\min}$$

$I_{\min}^4 = \frac{\alpha_2}{\alpha_1}$ Из принципа соотнесения $I_{\min} \geq 0$:

$$I_{\min}^4 = \sqrt{\frac{\alpha_2}{\alpha_1}} = \sqrt{\frac{0,03 \text{ В} \cdot \text{А}^2}{300 \frac{\text{В}}{\text{А}^2}}} = 0,1 \text{ А}$$

при $I < I_{\min}$; $2\alpha_1 I - \frac{2\alpha_2}{I^3} < 0$,

при $I > I_{\min}$; $2\alpha_1 I - \frac{2\alpha_2}{I^3} > 0$,

откуда

$U(I_{\min}) = U_{\min}$ — минимальное значение

функции, на промежутке $(0; +\infty)$

$$U_{\min} = 2\alpha_1 I_{\min}^2 + \frac{\alpha_2}{I_{\min}^2} = 300 \frac{\text{В}}{\text{А}^2} \cdot (0,1 \text{ А})^2 + \frac{0,03 \text{ В} \cdot \text{А}^2}{(0,1 \text{ А})^2} = 6 \text{ В}$$

$P_1 = U_1 I_{\min}$; $P_2 = U_2 I_{\min}$ — мощность тока.

$$P_1 = \alpha_1 I_{\min}^3 = 300 \frac{\text{В}}{\text{А}^2} \cdot (0,1 \text{ А})^3 = 0,3 \text{ Вт}$$

$$P_2 = \frac{\alpha_2}{I_{\min}} = 0,3 \text{ Вт}.$$

Ответ: $U_0 = 12,75 \text{ В}$; $U_{\min} = 6 \text{ В}$; $P_1 = 0,3 \text{ Вт}$;

$P_2 = 0,3 \text{ Вт}.$

100

Задача 5.

Дано: Демон:

$$P_1 = K_1$$

$$T_{1,2} = K_{1,2} P^2$$

$$T_{3,4} = K_{3,4} P^2$$

$$T_{2,3} = \text{const}$$

$$T_{4,1} = \text{const}$$

$$V_{\text{min}} = 0,03 \text{ м}^3$$

$$P_1 = 1 \text{ атм}$$

$$P_3 = 3 \text{ атм}$$

$$P_{\text{max}} = 4 \text{ атм}$$

$$P_{\text{max}} = 4 \text{ атм}$$

$$P_{\text{max}} = 4 \text{ атм}$$

$$P_{\text{max}} = 4 \text{ атм}$$

$$P_{\text{max}} = 4 \text{ атм}$$

$$P_{\text{max}} = 4 \text{ атм}$$

$$P_{\text{max}} = 4 \text{ атм}$$

$$P_{\text{max}} = 4 \text{ атм}$$

$$P_{\text{max}} = 4 \text{ атм}$$

$$P_{\text{max}} = 4 \text{ атм}$$

$$P_{\text{max}} = 4 \text{ атм}$$

$$P_{\text{max}} = 4 \text{ атм}$$

Рассмотрим P-T диаграмму.

1) Если $T_1 < T_2$, то $P_1 = \sqrt{\frac{T_1}{K_{1,2}}}$ и

$P_2 = \sqrt{\frac{T_2}{K_{1,2}}}$, откуда: $P_1 < P_2$

По условию $T_1 = T_4$ и $T_2 = T_3$ и

$T_4 < T_3$; $P_4 = \sqrt{\frac{T_4}{K_{3,4}}}$; $P_3 = \sqrt{\frac{T_3}{K_{3,4}}}$,

т.е. $P_4 < P_3$ т.к. $P_{\text{max}} \neq P_3$, то

P_3 максимальное давление на

$3 \rightarrow 4$, то $P_2 = P_{\text{max}}$. Действительно-

но максимальное давление на

$2 \rightarrow 3$ или $4 \rightarrow 1$ может быть

равно да в P_2, P_3 либо в

P_1, P_4 т.к. это крайние точки

изотерм. тоже верно и для углов

проц $1 \rightarrow 2$ и $3 \rightarrow 4$. значит P_1, P_2, P_3

или P_4 являются максимальными на

$P_1 < P_2$; $P_3 < P_{\text{max}}$; $P_4 < P_{\text{max}}$.

Поэтому P-T диаграмма будет

иметь вид:

Бравота изохору,
мы найдем прямоу-
линию ($T \sim P$)

$$T = \frac{PV}{\gamma R}$$

V минимально, так
минимален угол между
осью P

Нормаль к изохорам и изобарам.

Значит изохора для $V_{\min}$ имеет
наименьший угол наклона.

Из 3-й теоремы Менделеева Клапейрона

$$T = \frac{PV}{\gamma R} \text{ откуда при } T = \text{const и}$$

$V_{\min}$, P - максимальные. откуда

$V_1 \leq V_4$ и $V_2 \leq V_3$. С другой стороны
если $T = \kappa P^2$

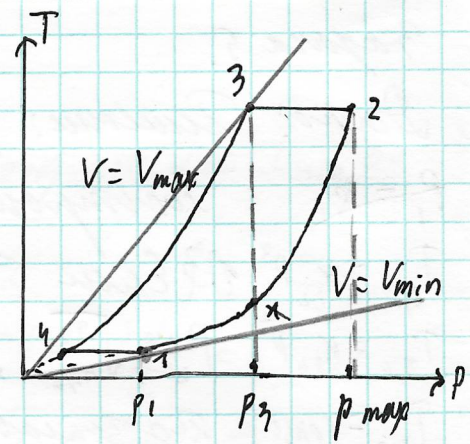
$\kappa P = \frac{V}{\gamma R}$ и P должно быть минималь-
ным, значит $V_1 < V_2$ и $V_4 < V_3$ откуда

$$V_{\min} = V_1; V_{\max} = V_3$$

$$T_1 = \frac{P_1 V_{\min}}{\gamma R}$$

$$\kappa_{1,2} P_1 = \frac{V_{\min}}{\gamma R} \Rightarrow \frac{\kappa_{1,2}}{\gamma R} = \frac{P_1}{V_{\min}}$$

$$\kappa_{1,2} P_2 = \frac{V_2}{\gamma R} \Rightarrow \frac{\kappa_{1,2}}{\gamma R} = \frac{P_2}{V_2} \Rightarrow \frac{P_2}{V_2} = \frac{P_1}{V_{\min}}$$



$$V_2 = \frac{P_2}{P_1} V_{\min} = \frac{P_{\max}}{P_1} V_{\min} \quad \text{т.к. } 2 \rightarrow 3 \text{ изотерма}$$

$$P_2 V_2 = P_3 V_3 \Rightarrow V_{\max} = V_3 = \frac{P_{\max}}{P_3} V_2 =$$

$$= \frac{P_{\max}^2}{P_1 P_3} V_{\min} = \frac{(4 \text{ атм})^2}{1 \text{ атм} \cdot 3 \text{ атм}} \cdot 0,03 \text{ м}^3 = 0,16 \text{ м}^3$$

Ответ: $V_{\max} = 0,16 \text{ м}^3$

2) Если $T_1 > T_2$. Аналогично находим:

$$T_4 > T_3; \quad P_1 > P_2; \quad P_4 > P_3 \quad \text{и} \quad P_1, P_2, P_3.$$

или P_4 — максимальное давление.

В этом раз $P_{\max} = P_4$.

Теперь находим

$$V_1 > V_4; \quad V_2 > V_3; \quad V_1 > V_2;$$

$$V_3 < V_4 \quad \text{и}$$

$$V_{\min} = V_3; \quad V_{\max} = V_1$$

$$K_{3,4} P_3 = \frac{V_{\min}}{\gamma R} \Rightarrow \frac{K_{3,4}}{\gamma R} = \frac{V_{\min}}{P_3}$$

$$K_{3,4} P_4 = \frac{V_4}{\gamma R} \Rightarrow \frac{K_{3,4}}{\gamma R} = \frac{P_4}{V_4} \Rightarrow \frac{P_4}{V_4} = \frac{P_3}{V_{\min}}$$

$$V_4 = \frac{P_{\max}}{P_3} V_{\min} \quad \text{т.к. } 4 \rightarrow 1 \text{ изотерма}$$

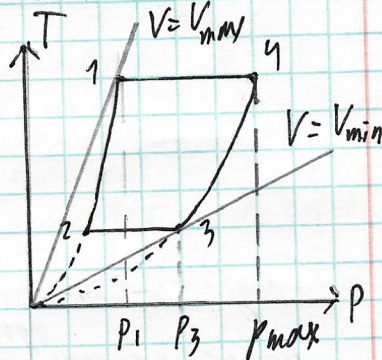
$$V_1 P_1 = V_4 P_4 \Rightarrow V_{\max} = \frac{P_{\max}}{P_1} V_4 = \frac{P_{\max}^2}{P_1 P_3} V_{\min} =$$

$$= 0,16 \text{ м}^3 \quad \text{— максимальный объем воздуха.}$$

Ответ: $V_{\max} = 0,16 \text{ м}^3$

Примечание: для скалярных величин

используем как большие, так и маленькие p и P .
(считайте их одинаковыми)



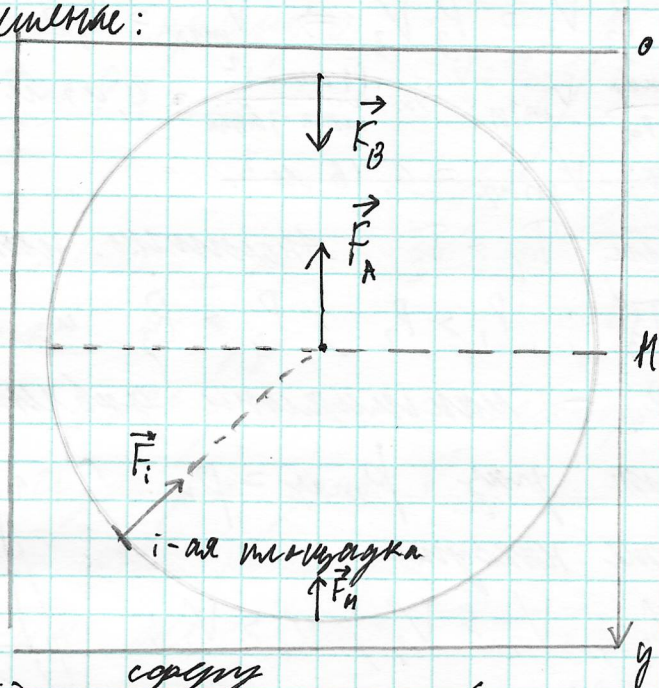
Задача 2

Дано: Димензии:

$R; p$

Найти:

N - ?

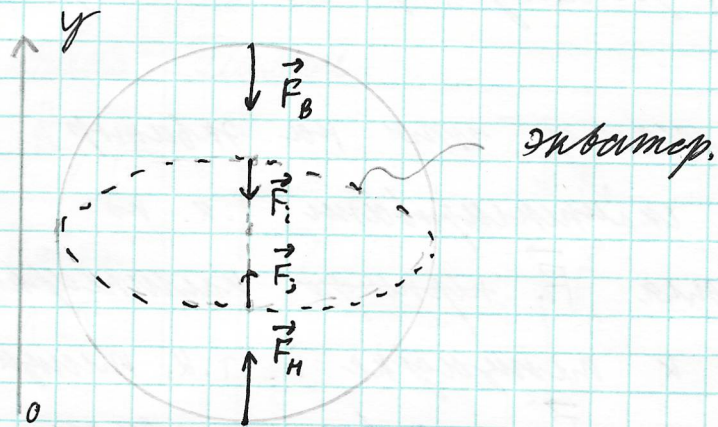


Разобьём ^{сферу} ~~телло~~ на большое кол-во ^{однородных по плотности} ~~маленьких~~ ^{элементарных} площадок, из каждой из которых можно пренебречь. Пусть $\vec{F}_i$ - сила действующая на i -ую ^{элементарную} ~~маленькую~~ площадку. тогда $\sum_{i=1}^N \vec{F}_i =$ сила с которой ^{жидкость} ~~воздух~~ действует на шар. (N - кол-во площадок).

$\sum_{i=1}^N \vec{F}_i = \vec{F}_A$ - сила Архимеда, это сила с которой жидкость ~~действ~~ ^{вытесняет} шар. Пусть $\vec{F}_B$ - сумма тех $\vec{F}_i$, что действуют на верхнюю половину сферы

$\vec{F}_n$ - сумма F_i действующих на нижнюю часть сферы.

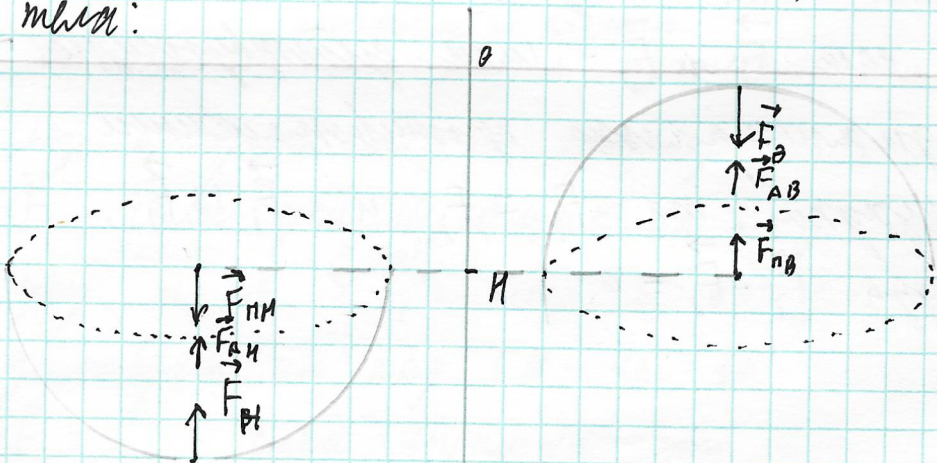
Плюс мы заметим, что на экватор сферы силы скомпенсированы т.к. по 3-му закону Ньютона $\vec{F}_i$ перпендикулярно касательной к нормали к площадке i . т.к. все площадки маленькие $\vec{F}_i$ направлен к центру, а т.к. площади площадок равны, а $P = \frac{F}{S}$ и $P = \rho g h$ для однородности то $F_i = P_i S_i$ и F_i - const если S_i - const и P_i const для всех площадок. остается заметить что если $\vec{F}_i$ и $\vec{F}_j$ - силы действующие на диаметрально противоположные площадки, то $F_i = F_j$ и $\vec{F}_i \uparrow \downarrow \vec{F}_j$, откуда $\vec{F}_i + \vec{F}_j = 0$.



Значит сумма сил действующих на экватор равна 0. и

$$\vec{F}_A = \vec{F}_B + \vec{F}_H$$

Теперь рассмотрим два сечения



нижняя половина
шара

верхняя половина
шара

Горизонт $\vec{F}_{пв}$ - сила действующая на
срез верхний поллит; $\vec{F}_{пн}$ - сила дей-
ствующая на срез нижний.

$$F_{пв} = F_{пн} = PS = \rho g H \cdot \pi R^2$$

Поллиты

$\vec{F}_{ан} = \vec{F}_н + \vec{F}_{пн}$ и $\vec{F}_{ав} = \vec{F}_в + \vec{F}_{пв}$ - силы
сжимающие, действующие на верхнюю и
нижнюю половинки.

$\vec{F}_в$ и $\vec{F}_н$ направлены от осей осей.

(как сила полшара, так и сила шара)

Т.к. шар симметричен относительно
вертикальной оси проходящей через
центр.

оси: $F_A = F_n - F_v$; $F_{ан} = F_n - F_{пн}$;

$F_{ав} = F_{пв} - F_v$.

$F_A = \rho_m V g$; $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ - объем шара.

$F_{ав} = F_{ан} = \rho_m \frac{V}{2} g = \frac{2}{3} \pi R^3 g$

$\frac{F_n}{F_v} = 2$ - по условию.

$$\begin{cases} \frac{4}{3} \pi R^3 \rho_m = F_H - F_B \\ \frac{2}{3} \pi R^3 \rho_m = F_H - \rho_m g H \pi R^2 \\ \frac{2}{3} \pi R^3 \rho_m = \rho_m g H \pi R^2 - F_B \end{cases}$$

$$\frac{4}{3} \pi R^3 \rho_m = 2F_B - F_B = F_B$$

$$\frac{2}{3} \pi R^3 \rho_m = \rho_m g H \pi R^2 - \frac{4}{3} \pi R^3 \rho_m$$

$$\rho_m g H \pi R^2 = \frac{6}{3} \pi R^3 \rho_m$$

$$H = 2R$$

Answer: $H = 2R$

De

100

Дополнение к задаче 5.

участки $1 \rightarrow 2$ и $3 \rightarrow 4$ на обоих диаграммах не имеют общих точек т.к. в противном случае для какого-то P будет верно

$K_{1,2} P^2 = K_{3,4} P^2 \Rightarrow K_{1,2} = K_{3,4}$ и участки $1 \rightarrow 2$ и $3 \rightarrow 4$ совпадают, что невозможно.