Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

121231

Шифр ____________

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика

(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника Касимова Валентина Андреевна

Город, № школы (образовательного учреждения) Россия, МО, г. Солнечногорск, МБОУ СОШ №5 с УИОП, 9 класс

Регистрационный номер 3213

Вариант задания 3

Дата проведения «21» марта 2019 г.

Подпись участника ____________

Всего семьдесят баллов

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
15	15	20	20							70

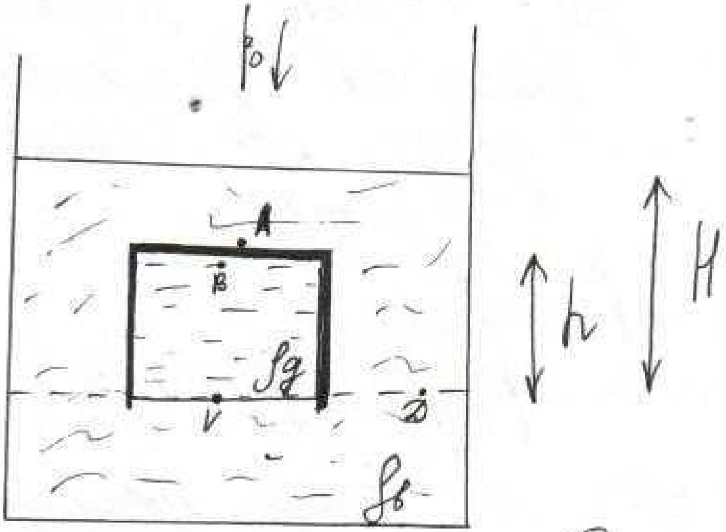
Шифр 121231

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

1231

Вариант № 3

№ 1.



Дано:

$h = 1$ м

$\rho_g = 900$ кг/м^3

$\rho_в = 1000$ кг/м^3

Найти:

$p_B - p_A = ?$

Решение.

На систему действует атмосферное давление p_0.

Данная конструкция является сообщающимися сосудами (внешний с водой и внутренний с маслом).

На одном горизонтальном уровне в одной и той же жидкости давление одинаково. Рассмотрим уровень VD ($p_V = p_D$)

Но

$$p_D = p_0 + \rho_в g H \Rightarrow p_0 + \rho_в g H = p_B + \rho_g g h \quad (1)$$

$$p_V = p_B + \rho_g g h$$

Заметим, что $p_A = p_0 + \rho_в g(H-h) = p_0 + \rho_в g H - \rho_в g h$ (2)

Из (1) и (2):

$$p_A + \rho_в g h = p_B + \rho_g g h \Rightarrow p_B - p_A = (\rho_в - \rho_g)$$

$$p_B - p_A = \left(1000\ \text{кг}/\text{м}^3 - 900\ \text{кг}/\text{м}^3\right) \cdot 10\ \text{м}/\text{с}^2 \cdot 1\text{м} =$$

$$= 100\ \text{кг}/\text{м}^3 \cdot 10\ \text{м}/\text{с}^2 \cdot 1\ \text{м} = 1000\ \text{Па}$$

Ответ: 1 кПа

15

№3.

Дано:
$V = 3л$
$\rho_в = 1000\ \text{кг}/\text{м}^3$
$P = 200\ Вт$
$\Delta t = 1°C$

Си:
$= 3 \cdot 10^{-3}\ \text{м}^3$

Найти:
$\tau - ?$

Решение

Вода в кастрюле не кипит, поскольку мощность нагревателя сразу же переходит в потери.

$P = P_{пот}$.

$P_{пот} = \alpha\,(T - T_0)$,

где α - коэф. пропорц., зависящий от геометрии сосуда и коэф. теплопроводнос.
T - температура, до которой нагрелась вода
T_0 - Температура окр. среды

(по з-ну Ньютона - Рихмана

Когда кипятильник убирают, источником энергии становится остывающая жидкость

$$P_{жид} = \frac{Q}{\tau} = \frac{m_в c_в \Delta t}{\tau},$$ где $m_в$ - масса воды
$c_в$ - уд. теплоёмк. воды
Δt - измен. температур
τ - время остыв.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр 121231

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 3

продолжение задачи 2.

$$-\begin{cases} v_0^2 = (v_0\cos\alpha)^2 + (v_0\sin\alpha)^2 \\ v^2 = (v_0\cos\alpha)^2 + (v_0\sin\alpha - g\tau)^2 \end{cases}$$

$$v_0^2 - v^2 = (v_0\sin\alpha)^2 - (v_0\sin\alpha - g\tau)^2$$

раскрываем по ф-ле разности квадратов

$$v_0^2 - v^2 = (v_0\sin\alpha - v_0\sin\alpha + g\tau)(v_0\sin\alpha + v_0\sin\alpha - g\tau)$$

$$v_0^2 - v^2 = g\tau(2v_0\sin\alpha - g\tau)$$

$$\frac{v_0^2 - v^2}{g\tau} = 2v_0\sin\alpha - g\tau$$

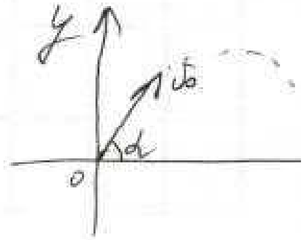
$$v_0\sin\alpha = \frac{v_0^2 - v^2}{2g\tau} + \frac{g\tau}{2}$$

$$v_0\sin\alpha = \frac{v_0^2 - v^2 + g^2\tau^2}{2g\tau} \quad (1)$$

Необходимо найти максимальную высоту подъема камня. Выведем баллистическую формулу для этой ситуации.

Тело при полёте под углом к горизонту начинает и заканчивает своё движение на земле $\Rightarrow y = 0$.

Ур-е коорд:



$$O.y: \quad y = y_0 + \upsilon_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}$$

$$0 = 0 + \upsilon_0 \sin\alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$\upsilon_0 \sin\alpha = \frac{gt}{2}$$

$$gt = 2\upsilon_0 \sin\alpha$$

$$t = \frac{\upsilon_0 \sin\alpha}{g}$$

Тело летит по параболической траектории $\rightarrow$ максимальная высота подъёма за время $t^* = \frac{t}{2} \Rightarrow t^* = \frac{\upsilon_0 \sin\alpha}{2g}$

Тогда наибольш. высота подъёма y_{max}

$$O.y: \quad y_{max} = y_0 + \upsilon_{0y} t^* + \frac{g_y t^{*2}}{2}$$

$$y_{max} = 0 + \frac{\upsilon_0 \sin\alpha \cdot \upsilon_0 \sin\alpha}{g} - \frac{g \upsilon_0^2 \sin\alpha^2}{2g^2} =$$

$$= \frac{\upsilon_0^2 \sin^2}{g} - \frac{\upsilon_0^2 \sin\alpha^2}{2g} = \frac{\upsilon_0^2 \sin^2\alpha}{2g} =$$

$$= \frac{(\upsilon_0 \sin\alpha)^2}{2g}$$

В полученную формулу подставим $(\upsilon_0 \sin\alpha)$ из ур-я (1)

$$y_{max} = \frac{\left(\frac{\upsilon_0^2 - \upsilon^2 + g^2\tau^2}{2g\tau}\right)^2}{2g}$$

$$y_{max} = \frac{\left(\frac{100\ м^2/с^2 - 36\ м^2/с^2 + 100\ м^2/с^4 \cdot 0{,}8с \cdot 0{,}8с}{2 \cdot 10\ м/с^2 \cdot 0{,}8с} \right)^2}{2 \cdot 10\ м/с^2}$$

$$y_{max} = \frac{(8\ м/с)^2}{20\ м/с^2} = 3{,}2\ м$$

15

Ответ: $y_{max} = 3{,}2\ м.$

Мощность потерь при такой незначительном изменении температуры останется прежней.

$P_{пот} = \alpha(T - T_0) = P.$

Значит:

$P = P_{жид} \Rightarrow P = \frac{m_в c_в \Delta t}{\tau} = \frac{\rho_в V c_в \Delta t}{\tau} \Rightarrow$

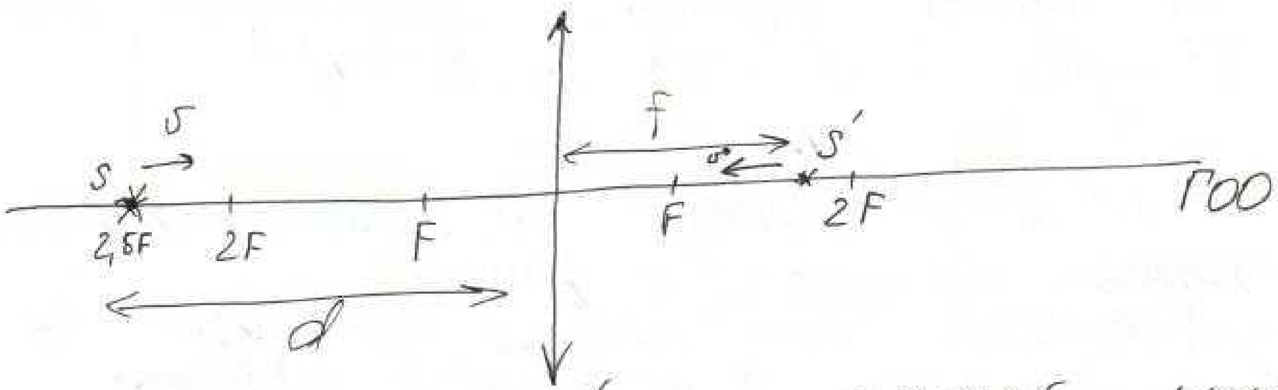
$\Rightarrow \tau = \frac{\rho_в V c_в \Delta t}{P} = \frac{1000\,кг/м^3 \cdot 3 \cdot 10^{-3}\,м^3 \cdot 4200\,\frac{Дж}{кг} \cdot 1°C}{200\,Вт} =$

20

$= 63\,с$

Отв: $\tau = 63\,с$

№4.



Запишем формулу тонкой линзы

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$

F - фокус. расст.
d - расст. от пред. до линзы
f - расст. от изобр. до линзы

по усл. $d = 2,5F \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{2,5F} + \frac{1}{f}$

$\frac{1}{F} - \frac{1}{2,5F} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1,5}{2,5F} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{3}{5F} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{5}{3}$

До линзы источник и изобр-е движут за

одинаковое время. Значит относительно земного наблюдателя:

$$\upsilon = \frac{2,5F}{t} = \frac{5F}{2t} \text{ (скорость источника)}$$

$$\upsilon' = \frac{5F}{3t}.$$

$$\frac{\upsilon'}{\upsilon} = \frac{5F \cdot 2t}{3t \cdot 5F} = \frac{2}{3} \Rightarrow \upsilon' = \frac{2\upsilon}{3}.$$

Если нам нужна скорость изобр-я отн. источника, то, пользуясь принципом относительности дв-я Галилея, получаем:

$$\vec{\upsilon}_{отн} = \vec{\upsilon'} - \vec{\upsilon}$$

$$\upsilon_{отн} = \frac{2\upsilon}{3} + \upsilon = 1\frac{2}{3}\upsilon$$ 20

Ответ: отн. зем. набл. $\upsilon' = \frac{2}{3}\upsilon$; отн. источ. $\upsilon_{отн} = 1\frac{2}{3}$

№2

Если бы камень кидали вертикально вверх:

$\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon_0} + \vec{g}\tau$ ($\upsilon = 6$ м/с; $\upsilon_0 = 10$ м/с)

по О.у: $\upsilon_y = \upsilon_{0y} + g_y t$

$\upsilon = \upsilon_0 - g\tau$, значит за $\tau = 0,8$ с $\upsilon = 10$ м/с $- 8$ м/с =

Значит, кидают под углом α к горизонту.

На протяжении всего полёта не будет изменятся горизонт. составляющая скорости, поскольку: $\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon_0} + \vec{g}\tau$; $\upsilon_x = \upsilon_{0x} + g_x t$ (на О.х)

$\upsilon_x = \upsilon_0 \cos\alpha \to \upsilon_x = const$

$\upsilon_y = \upsilon_0 \sin\alpha - g\tau \Rightarrow \upsilon_y$ изменяется. Скорость можно выразить через её проекции по Т. Пифагора.

$$\begin{cases} \upsilon_0 = \sqrt{(\upsilon_0 \sin\alpha)^2 + (\upsilon_0 \cos\alpha)^2} \\ \upsilon = \sqrt{(\upsilon_x)^2 + (\upsilon_y)^2} = \sqrt{(\upsilon_0\cos\alpha)^2 + (\upsilon_0 \sin\alpha - g\tau)^2} \end{cases} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ возводим в квадрат

$$\begin{cases} \upsilon_0^2 = (\upsilon_0 \sin\alpha)^2 + (\upsilon_0\cos\alpha)^2 \\ \upsilon^2 = (\upsilon_0\cos\alpha)^2 + (\upsilon_0\sin\alpha - g\tau)^2 \end{cases}$$

Решим данную систему отн. $(\upsilon_0 \sin\alpha)$ методом вычитания.