

место для скобы

**ОТКРЫТАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ МЕЖВУЗОВСКАЯ ОЛИМПИАДА «ОРМО»
ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ
заключительного этапа**

03155

Шифр

1.	Предмет	Ф И З И К А																		
2.	Вариант	2																		
3.	Класс	11																		
4.	Фамилия	Т	Е	Н																
	Имя	Е	Г	О	Р															
	Отчество	Ю	Р	Ь	Е	В	И	Ч												
5.	Дата рождения	2	9			0	9			2	0	0	4							
		Число				Месяц				Год										
6.	Страна	Россия																		
7.	Регион (пр: Томская обл., Калининградская область)	Томская обл.																		
8.	Вид муниципального образования (пр: пгт, деревня, село, город)	Город																		
9.	Населенный пункт (пр: Томск, Кемерово, Псков)	Томск																		
10.	Полное наименование образовательного учреждения, в котором Вы обучаетесь в данное время	МБОУ Лицей при ТПУ																		

Даю согласие на обработку моих персональных данных и информирование меня посредством sms и e-mail о моих результатах и всех дальнейших мероприятиях, связанных с олимпиадой

Личная подпись _____

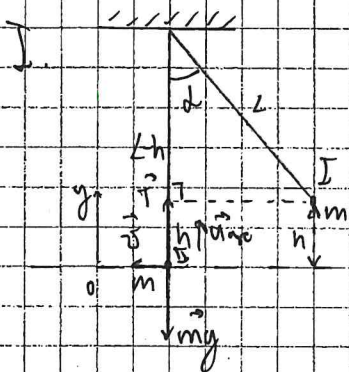


Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
495		Червоненко АС	Алекс

Задача 1

Дано:
 T, m
 $d - ?$

Решение:



L - длина нити,
 h - высота, на которую поднялся (оттн.)

масса после отклон. на d от уровня 0 ; v^2 скорость на высоте h

Запишем закон сохранения энергии для точек I и II :

$$mgh = \frac{1}{2} \cdot m v^2 \Rightarrow v^2 = 2gh \quad (1)$$

Масса движется по окружности; запишем II закон движения для массы в положении II (в горизонтальном положении):

$$m \cdot a_{цк} = T + mg \Rightarrow T - mg = m \cdot a_{цк}; \quad a_{цк} = \frac{v^2}{L} \Rightarrow T - mg = \frac{m v^2}{L} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v^2 = \frac{L(T - mg)}{m} \quad (2)$$

$(1) \rightarrow (2)$: $2gh = \frac{L(T - mg)}{m}$ Из геометрии составим:

$$\cos \alpha = \frac{L - h}{L} \Rightarrow L \cos \alpha = L - h \Rightarrow h = L(1 - \cos \alpha) - \text{подставим в } (2)$$

$$\frac{L(T - mg)}{m} = 2g \cdot L(1 - \cos \alpha) \Rightarrow 2mg(1 - \cos \alpha) = T - mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1 - \cos \alpha = \frac{T - mg}{2mg} \Rightarrow \cos \alpha = 1 - \frac{T - mg}{2mg} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cos \alpha = \frac{2mg - T + mg}{2mg} = \frac{3mg - T}{2mg} \Rightarrow \alpha = \arccos \left(\frac{3mg - T}{2mg} \right)$$

Ответ: $\arccos \left(\frac{3mg - T}{2mg} \right)$ ✓ ~~105~~

Задача 2

Дано:
 $P = 120 \frac{М}{с}$
 $m_m = 41,5 \text{ мм} = 41,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
 $\eta = 85\% = 0,85$
 $P_a = 105 \cdot 10^3 \text{ Па}$
 $T_a = 17^\circ\text{C} = 290 \text{ К}$
 $M_0 = 29 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$
 $\Delta M = 0,02 \text{ м}$
 $t = ?$

Решение:

1) Применим закон Менделеева-Клапейрона для воздуха:

$$P_a V_a = \frac{m_m}{M_0} R T_a \Rightarrow P_a = \frac{P_a \cdot R \cdot T_a}{M_0} \Rightarrow \rho = \frac{P_a \cdot M_0}{R \cdot T_a} \quad \text{--- известная формула}$$

2) Выделим $V_0 = \frac{m_m}{\rho} = 41,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ --- количество воздуха на 1 кг стержня;

высота t (м) --- величина работы поднимания; M_0 --- масса стержня --- выделенный воздух; V_0 --- его объем

Масса $M_0 = V_0 \cdot \rho_0 \Rightarrow V_0 = \frac{M_0}{\rho_0}$

$$\rho = \frac{V_0}{t} \Rightarrow t = \frac{V_0}{\rho} \Rightarrow t = \frac{M_0}{\rho \cdot \rho_0} \Rightarrow M_0 = t \cdot \rho \cdot \rho_0 \quad \text{---}$$

3) Применим для стержня три условия равновесия относительно точек 1, 2 и 3 (рис. 1) --- моменты выделенного воздуха; M_0 --- масса всех выделенных; M_{01} , M_{02} и M_{03} --- массы стержня относительно выделенных



$$\left. \begin{aligned} \eta &= \frac{M_{01}}{M_0} \\ \eta &= \frac{M_{02}}{M_0 - M_{01}} \\ \eta &= \frac{M_{03}}{M_0 - M_{01} - M_{02}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} M_{01} = M_0 \cdot \eta \\ M_{02} = (M_0 - M_{01}) \cdot \eta \\ M_{03} = (M_0 - M_{01} - M_{02}) \cdot \eta \end{cases} \quad ; \text{ где } M_0 = M_0 \cdot R$$

По условию: $M_{01} + M_{02} + M_{03} = 0 \text{ м} \Rightarrow M_0 \cdot \eta + M_0 \cdot \eta + M_{01} \cdot \eta + M_0 \cdot \eta - M_{01} \cdot \eta - M_{02} \cdot \eta = 0 \text{ м} \Rightarrow 3M_0 \cdot \eta - 2 \cdot \eta \cdot M_0 \cdot \eta - \eta \cdot (M_0 - \eta \cdot M_0) \cdot \eta = 0 \text{ м} \Rightarrow$

$$\Rightarrow 3M_0 \cdot \eta - 2\eta^2 M_0 + \eta^2 M_0 + M_0 \eta^3 = 0 \text{ м} \Rightarrow M_0 = \frac{0 \text{ м}}{\eta^3 - 3\eta^2 + 3\eta} \Rightarrow$$

$\Rightarrow \rho = \frac{M_0}{t} = \frac{0 \text{ м}}{t \cdot (\eta^3 - 3\eta^2 + 3\eta)}$ --- по формулам 1, 2 и 3

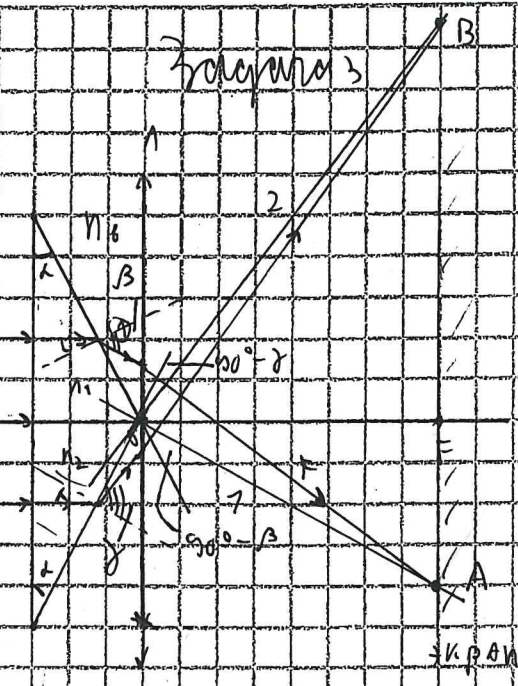
$$\rho = \frac{P_a \cdot M_0}{R \cdot T_a} \Rightarrow t = \frac{\Delta M \cdot R \cdot T_a}{\rho \cdot P \cdot P_a \cdot M_0 \cdot (\eta^3 - 3\eta^2 + 3\eta)}$$

1. $0,02 = 8,31 \cdot 290$
 $t = \frac{41,5 \cdot 10^{-3} \cdot 120 \cdot 105 \cdot 10^3 \cdot 29 \cdot 10^{-3}}{(0,85^3 - 3 \cdot 0,85^2 + 3 \cdot 0,85)} \approx 3,189,192$
 Ответ: $3,189,192$

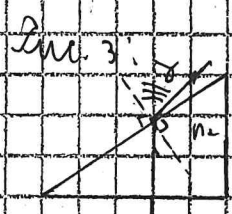
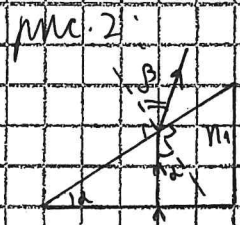
140

Дано:
 $\alpha = 30^\circ$
 $l = 0,1 \text{ м}$
 $n_1 = 1,5$
 $n_2 = 1,8$
 $F = ?$

Решение:
 рис. 1



Для света, прошедшего
 через слой с показателем
 преломления n_1 , отклонившись
 на угол α , в слое с показателем
 преломления n_2
 все лучи выйдут
 на угол β преломления n_3
 луч, вышедший из точки
 A, а на луче
 из точки B
 $AB = l$



По закону преломления:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \Rightarrow \sin \beta = n_2 \cdot \sin \alpha$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} \Rightarrow \sin \beta = n_1 \cdot \sin \alpha$$

$$\beta = \arcsin(n_2 \cdot \sin \alpha) \quad (1)$$

$$\beta = \arcsin(n_1 \cdot \sin \alpha) \quad (2)$$

тогда $AF = l_1$ и $BF = l - l_1$

Рассмотрим $\triangle OAF$ и $\triangle OBF$: n_2 — показатель преломления (воздушный),
 $\angle AOF = \beta - \alpha$, $\alpha < \angle BOF = \beta - \alpha$

$$\text{tg}(\beta - \alpha) = \frac{l_1}{F}$$

$$\text{tg}(\beta - \alpha) = \frac{l - l_1}{F} \Rightarrow \text{tg}(\beta - \alpha) \cdot F = l - \text{tg}(\beta - \alpha) \cdot F$$

$$\Rightarrow F (\text{tg}(\beta - \alpha) + \text{tg}(\beta - \alpha)) = l \Rightarrow F = \frac{l}{2 \text{tg}(\beta - \alpha)} \quad (3)$$

тогда:

$$F = \frac{l}{2 \text{tg}(\arcsin(n_2 \cdot \sin \alpha) - \alpha) + \text{tg}(\arcsin(n_1 \cdot \sin \alpha) + \alpha)}$$

— результат

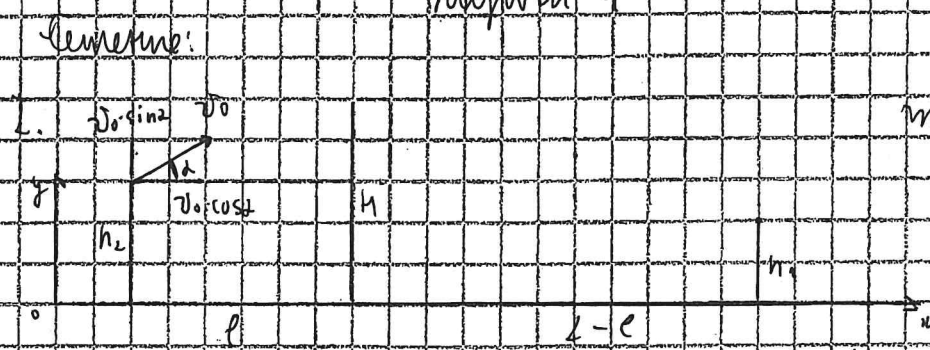
$$F = \frac{0,1}{2 \text{tg}(\arcsin(0,9) - 30^\circ) + \text{tg}(\arcsin(0,75) - 30^\circ)} \approx 0,0988 \text{ м} \approx 9,88 \text{ см}$$

Ответ: 9,88 см

155

Задача 4

Дано:
 $L = 5 \text{ м}$
 $h_1 = 1,5 \text{ м}$
 $H = 3 \text{ м}$
 $h_2 = 1,6 \text{ м}$
 $\alpha = 12^\circ$
 $l = 8 \text{ м}$



Известно направление
 и скорость - тогда
 на высоте h1
 скорость - нам
 нужна
 v_0 - нач. ско-
 рость, скорость (м/с)

Искомое значение времени перелета (упрощенно):

Сколько времени?

$$H - h_2 = v_0 \sin \alpha \cdot t_1 - \frac{g t_1^2}{2} \Rightarrow H - h_2 = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{l}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g l^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$l = v_0 \cos \alpha \cdot t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{l}{v_0 \cos \alpha}$$

$$\Rightarrow H - h_2 = \frac{2 v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha l - g l^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha \cdot l - g l^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \quad (1)$$

Искомое значение времени перелета (упрощенно):

$$H - h_2 = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha \cdot l - g l^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \Rightarrow v_0^2 = \frac{l \cdot \sin 2\alpha}{2 \cos^2 \alpha} \cdot \frac{g l^2}{H - h_2} \quad (2)$$

Или $v_0 = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \sqrt{\frac{g l^2 \sin 2\alpha}{2(H - h_2)}}$

Искомое значение времени перелета (упрощенно):

$$L - l = v_0 \cos \alpha \cdot t_2 - \frac{g t_2^2}{2}$$

где t_2 - время перелета, $v_0 \cos \alpha = \frac{L - l}{t_2} + \frac{g t_2}{2}$

$$L - l = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{L - l}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g (L - l)^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$= \frac{v_0^2 \sin 2\alpha - 2g l}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha - 2g l}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \cdot \frac{L - l}{v_0 \cos \alpha}$$

$$\frac{v_0^2 \sin 2\alpha - 2g l}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = \frac{L - l}{v_0 \cos \alpha} \Rightarrow v_0^2 \sin 2\alpha - 2g l = \frac{2(L - l) \cos \alpha}{v_0}$$

$$\Rightarrow v_0 = \frac{L - l}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \cdot (2g l - g l) \Rightarrow v_0^2 \sin 2\alpha - 2g l = \frac{L - l}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \cdot (2g l - g l)$$

$$\Rightarrow H - h_2 = \frac{g(L^2 - l^2)}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha (L - l)}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \Rightarrow H - h_2 = \frac{g(L^2 - l^2)}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = \frac{g(L - l)(L + l)}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{g(L - l)(L + l)}{2 \cos^2 \alpha (H - h_2)}}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{(3 - 1,5 + \operatorname{tg} 12^\circ \cdot (50 - 3)) \cdot \cos^2 12^\circ \cdot 2}{\rho_0 (\sin^2 12^\circ)}} \approx 11,04 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

— программа равно

уравнение 2. и тригонометрия (2) и условия, формулы

условие $h \geq H - h_2$

$$h = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{2 \cdot \cos^2 \alpha} = \frac{g l^2}{v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} = \frac{g l^2}{2 v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} = 8 \operatorname{tg} 12^\circ = \frac{10 \cdot 64}{2 \cdot 121,91 \cdot \cos^2 12^\circ} \approx$$

$\approx 1,7 - 2,7 < 0$ — условие $h \geq H - h_2$ не выполняется,

определяется значение h задан на высоте h_2

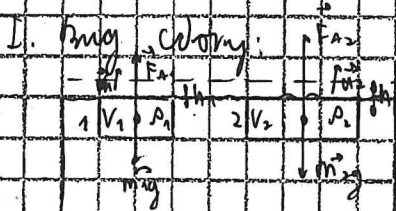
Условие: не монотонно

205

Задача 5

Дано: $m_1 = m_2 = m$ Земле

P_1, P_2, P



И. угол наклона: α . Минимум скорости на поверхности α гориз.

$$\frac{W_2}{W_1} = \eta$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \eta$$

$$\frac{F_{A1}}{F_{A2}} = \rho_1 V_1$$

$$F_{A2} = \rho_2 V_2$$

уравнение сохранения энергии

М.к. $m_1 = m_2$, но $\rho_1 V_1 = \rho_2 V_2 \Rightarrow \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow V_2 = V_1 \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2}$ (1)

Скорость на, генерирована на манда 1, равна $\rho_1 g V_1 - m \cdot g = \rho_1 g V_1 (P - P_1)$ а на манда 2 $\rho_2 g V_2 (P - P_2)$

равнозначен с максимальной высотой: h

Также в состоянии покоя манда 1 и 2 катится по поверхности 1 и 2 соответственно, высота h_1 и h_2 соответственно, сила трения, генерирована на манда, равна

$$F_{A1n} = \rho_1 g V_1 \cdot \rho_1 \cdot \pi R_1^2 h_1$$

$$F_{A2n} = \rho_2 g V_2 \cdot \rho_2 \cdot \pi R_2^2 h_2$$

При этом по поверхности, поверхность сила трения, генерирована на манда, равна $\rho_1 g (V_1 - \pi R_1^2 h_1)$ и $\rho_2 g (V_2 - \pi R_2^2 h_2)$

Соответственно, во времени на, генерирована на манда, равна разности в сумме сил трения манда на 1 по поверхности манда соответственно сила разности по поверхности манда $\rho_1 g V_1$ и $\rho_2 g V_2$ и сила манда, генерирована на манда

Условья:

$$\begin{cases} \rho_1 V_1 (\rho_1 - p_1) = \rho_1 g \cdot (V_1 - \pi R_1^2 h_1) & \text{или } \rho_1 V_1 - p_1 V_1 = \rho_1 V_1 - \rho_1 \pi R_1^2 h_1 \\ \rho_2 V_2 (\rho_2 - p_2) = \rho_2 g \cdot (V_2 - \pi R_2^2 h_2) & \text{или } \rho_2 V_2 - p_2 V_2 = \rho_2 V_2 - \rho_2 \pi R_2^2 h_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \rho_1 V_1 = \rho_1 \pi R_1^2 h_1 \\ \rho_2 V_2 = \rho_2 \pi R_2^2 h_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_1 = \frac{\rho_1 V_1}{\rho_1 \pi R_1^2} \\ V_2 = \frac{\rho_2 V_2}{\rho_2 \pi R_2^2} \end{cases}$$

Углубление в сосуде и высоте уровня жидкости по мере движения струи
для малых значений η считаем, что поверхность раздела жидкостей
горизонтальна, т.е. $h_1 = h_2 = h$.

$$\begin{cases} M_1 g h_1 = \frac{M_1 v_1^2}{2} \\ M_2 g h_2 = \frac{M_2 v_2^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_1^2 = 2g h_1 \\ v_2^2 = 2g h_2 \end{cases}$$

или $v_1 = \sqrt{2g h_1}$, $v_2 = \sqrt{2g h_2}$

Масса: $\frac{M_2}{M_1} = \eta \Rightarrow \frac{M_2 g h_2 + M_2 v_2^2}{M_1 g h_1 + M_1 v_1^2} = \eta$

$$\frac{2 \rho_2 \pi R_2^2 h_2 + M_2 v_2^2}{2 \rho_1 \pi R_1^2 h_1 + M_1 v_1^2} = \eta \Rightarrow \frac{2 \rho_2 \pi R_2^2 h_2 + 2 \rho_2 \pi R_2^2 h_2}{2 \rho_1 \pi R_1^2 h_1 + 2 \rho_1 \pi R_1^2 h_1} = \eta$$

$$\Rightarrow \frac{2 \rho_2 \pi R_2^2 h_2 + 2 \rho_2 \pi R_2^2 h_2}{2 \rho_1 \pi R_1^2 h_1 + 2 \rho_1 \pi R_1^2 h_1} = \eta \Rightarrow \frac{h_2}{h_1} = \eta \Rightarrow \frac{\rho_2 V_2}{\rho_1 V_1} \cdot \frac{\pi R_2^2 h_2}{\pi R_1^2 h_1} = \eta$$

$$\Rightarrow \frac{M_2}{M_1} \cdot \frac{R_2^2}{R_1^2} = \eta \Rightarrow \frac{R_2^2}{R_1^2} = \eta \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{1}{\eta}}$$

Углубление в η раз? да.