ля

ОТКРЫТАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ МЕЖВУЗОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ВУЗОВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ «ОРМО»

Шифр

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ
заключительного этапа

1.	Предмет	Физика
2.	Вариант	3
3.	Класс	9
4.	Фамилия	ГОЛУБЕВ
	Имя	АЛЕКСАНДР
	Отчество	ЕВГЕНЬЕВИЧ
5.	Дата рождения	Число: 15; Месяц: 02; Год: 2005
6.	Страна	РФ
7.	Регион *(пр: Томская обл., Алтайский край)*	Волгоградская область
8.	Вид муниципального образования *(пр: село, город, пгт, деревня)*	город
9.	Населенный пункт *(пр: Томск, Кемерово, Псков)*	Волжск
10.	Полное наименование образовательного учреждения, в котором Вы обучаетесь	МОУ „Лицей №1"

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 ___________________

Место для скобы

Шифр

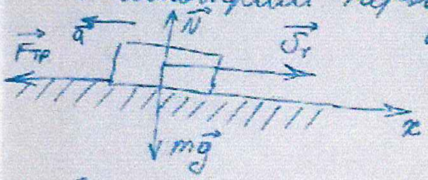
Открытая региональная межвузовская олимпиада вузов Томской области (ОРМО)

Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
98	21.04.21	Енко Д.И.	

Задача 5

1	2	3	4	5	Σ
20	18	20	20	20	98

Рассмотрим первый случай. На брусок будут действовать следующие силы:



Запишем второй закон Ньютона на ось перпендикулярную поверхности Земли и получим:

$N - mg = 0$

$N = mg$

Запишем второй закон Ньютона на ось параллельную поверхности Земли

$F_{тр.} = ma$

По формуле Кулона-Амонтона.

$F_{тр} = \mu N = \mu mg$

$\mu mg = ma$

$a = \mu g$

Запишем зависимость скорости от времени:

$v(t) = v_1 - at = v_1 - \mu g t$

В момент остановки T скорость равна нулю ($v(T) = 0$), значит

$v_1 - \mu g T = 0$

$v_1 = \mu g T$

$T = \frac{v_1}{\mu g}$

Тогда найдём зависимость координаты тела x от времени:

$x(t) = v_1 t - \frac{at^2}{2} = v_1 t - \frac{\mu g t^2}{2}$

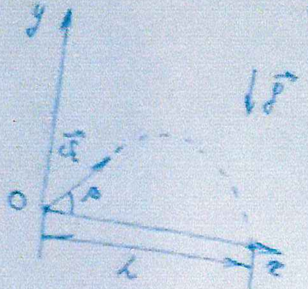
Место для скобы

Шифр

Значит в момент времени T координата тела будет равна пути L ($x(T) = L$)

$$L = v_1 T - \frac{aT^2}{2} = \frac{v_1^2}{\mu g} - \frac{v_1^2}{2\mu g} = \frac{v_1^2}{2\mu g}$$ 1б

Рассмотрим второй случай



Т.к. сказано, что дальность полёта и перемещение по льду одинаковы, то дальность полёта также равна L

Запишем зависимости координат тела от времени:

$$\begin{cases} x(t) = (v_2 \cos\beta)t \\ y(t) = (v_2 \sin\beta)t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

В момент падения τ координата y равна нулю ($y(\tau) = 0$)

$(v_2 \sin\beta)\tau - \frac{g\tau^2}{2} = 0$ ($\tau = 0$ соответствует моменту броска, значит, можем сократить на τ)

$$v_2 \sin\beta - \frac{g\tau}{2} = 0$$

$$\tau = \frac{2v_2 \sin\beta}{g}$$

Но дальность полёта выражается по формуле:

$$L = x(\tau) = v_2 \cos\beta \cdot \frac{2v_2 \sin\beta}{g} = \frac{v_2^2 \sin 2\beta}{g}$$

Но также $L = \frac{v_1^2}{2\mu g}$. Значит получаем следующее отношение:

$$\frac{v_1^2}{2\mu g} = \frac{v_2^2 \sin 2\beta}{g}$$

$$\frac{v_1^2}{2\mu} = v_2^2 \sin 2\beta$$

$$\frac{v_1^2}{v_2^2} = 2\mu \sin 2\beta$$

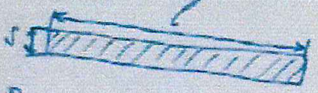
$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{2\mu \sin 2\beta}$ т.к. $\sqrt{2\mu \sin 2\beta} < 1$, то $v_2 > v_1$ и

$\frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{\sqrt{2\mu \sin 2\beta}} \approx 4{,}21$ Ответ: скорость v_2 в 4,21 раз больше скорости v_1

2б

Задача 4

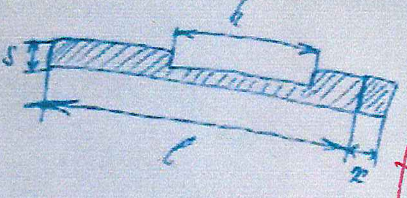
Рассмотрим первый случай



Объём провода: $V = Sl$

Сопротивление провода: $R_0 = \frac{\rho l}{S}$

Рассмотрим второй случай



Пусть в углублении шириной h площадь поперечного сечения изменилась на ΔS

Зная, что объём не изменился запишем следующее:

$$(l+x-h)S + h(S-\Delta S) = V$$

($(l+x-h)S$ – объём без углубления части провода; $h(S-\Delta S)$ – объём части с углублением)

$$(l+x-h)S + h(S-\Delta S) = Sl$$

$$\cancel{Sl} + Sx - \cancel{hS} + \cancel{hS} - h\Delta S = \cancel{Sl}$$

$$Sx - h\Delta S = 0$$

$$\Delta S = \frac{Sx}{h} \quad (1)$$

Сопротивление проводника в данном случае эквивалентно последовательному соединению проводника длиной $(l+x-h)$ и площадью поперечного сечения S с проводником длиной h и площадью поперечного сечения $(S-\Delta S)$. Т.е. сопротивление проводника R выражается по формуле:

$$R = \frac{\rho(l+x-h)}{S} + \frac{\rho h}{S-\Delta S}$$

Найдём чему равно $S-\Delta S$, используя (1):

$$S-\Delta S = S - S\frac{x}{h} = S\left(1-\frac{x}{h}\right)$$

Тогда:

$$R = \frac{\rho}{S}(l+x-h) + \frac{\rho}{S}\frac{h}{1-\frac{x}{h}} = \frac{\rho}{S}\left(l+x-h+\frac{h}{1-\frac{x}{h}}\right) = \frac{\rho}{S}\left(l + \frac{x\left(1-\frac{x}{h}\right) - h\left(1-\frac{x}{h}\right) + h}{1-\frac{x}{h}}\right) =$$

$$= \frac{\rho}{S}\left(l + \frac{x - \frac{x^2}{h} - h + x + h}{1-\frac{x}{h}}\right) = \frac{\rho}{S}\left(l + \frac{2x - \frac{x^2}{h}}{1-\frac{x}{h}}\right) = \frac{\rho}{S}\left(l + x\frac{2-\frac{x}{h}}{1-\frac{x}{h}}\right)$$

Место для скобы

Место для скобы

Шифр

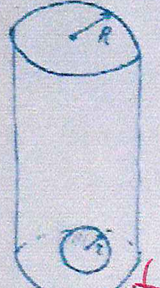
Тогда изменение сопротивления:

$$\frac{R}{R_0} = \frac{\frac{\rho}{S}\left(l + x\frac{2-\frac{x}{h}}{1-\frac{x}{h}}\right)}{\frac{\rho}{S}l} = 1 + \frac{x}{l}\cdot\frac{2-\frac{x}{h}}{1-\frac{x}{h}} = 1 + \frac{x\left(2-\frac{x}{h}\right)}{l\left(1-\frac{x}{h}\right)}$$

Ответ: сопротивление изменилось в $\boxed{\left(1 + \frac{x\left(2-\frac{x}{h}\right)}{l\left(1-\frac{x}{h}\right)}\right) \text{ раз}}$

/20

Задача 3



+

Т.к. $r < R$, то получаем следующую картину:

На шарик в воде будут действовать две равные по модулю, но противоположные по направлению силы: тяжести и Архимеда. Т.е. когда сила реакции опоры равна нулю, справедливо, что:

$mg = \rho g V'$

$m = \rho V'$, где m - масса шарика

ρ - плотность жидкости

V' - объём погружённой в жидкость части шара

$\Downarrow$

$\frac{4}{3}\pi r^3 \cdot \frac{1}{2}\rho = \rho V'$, т.к. плотность шара в 2 раза меньше плотности жидкости.

$\Downarrow$

$\frac{2}{3}\pi r^3 = V'$

Значит в момент отрыва от дна сосуда шарик будет наполовину в ~~воде~~ жидкости, значит мы имеем следующую картину.

Т.к. шарик погружен ровно на половину, то расстояние от уровня ~~воды~~ жидкости до дна равно радиусу шара r +

Тогда объем налитой жидкости будет равен разнице между объёмом цилиндра с основанием площадью πR^2 и высотой r и объёмом погруженной части шара $\frac{2}{3}\pi r^3$.

$V = \pi R^2 r - \frac{2}{3}\pi r^3 = \pi r\left(R^2 - \frac{2}{3}r^2\right)$

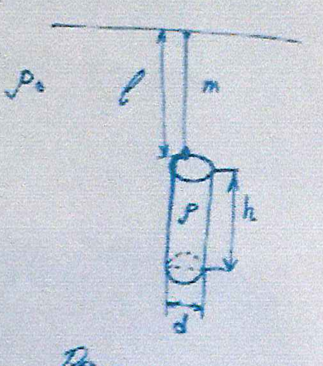
Ответ: $\pi r\left(R^2 - \frac{2}{3}r^2\right)$

/20

Место для скобы

Шифр

Задача 1



На систему действует сила Архимеда, действующая на металлический цилиндр (действием на проволоку пренебрегаем, т.к она тонкая), сила тяжести, действующая и на проволоку, и на цилиндр.

Разобьём вынимание цилиндра на две части: сила Архимеда постоянна в связи с тем, что цилиндр полностью погружен в воду; сила Архимеда непостоянна, т.к. цилиндр стали вынимать из воды.

Рассмотрим первый случай.

Работа будет минимальна тогда, когда систему вынимают без ускорения. Тогда второй закон Ньютона даст:

$$F + \rho_0 g V - mg - Mg = 0$$

, где F – сила, с которой мы вынимаем систему

V – объём цилиндра

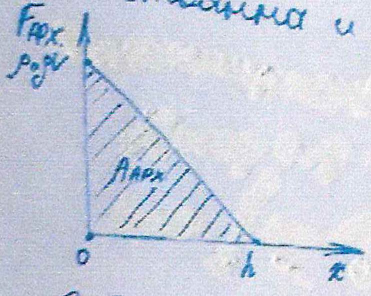
M – масса цилиндра

$$F = mg + Mg - \rho_0 g V$$

А работа будет равна: $A_1 = Fl = gl(m + M - \rho_0 V)$, т.к. именно на перемещении на длину проволоки сила Архимеда постоянна.

Рассмотрим второй случай.

Запишем аналогичное выражение, но зная, что сила Архимеда непостоянна и зависит от объёма погруженной части цилиндра.



Сила Архимеда линейно зависит от x, т.к. $F_A = \rho_0 g V' = \rho_0 g(V - \Delta V) = \rho_0 g V - \rho_0 g \Delta V = \rho_0 g S h - \rho_0 g S x$. Тогда зависимость имеет вид:

Площадь под данным графиком и есть работа силы Архимеда. $A_{Арх} = \frac{1}{2}\rho_0 g V h$ (как площадь прямоугольного треугольника)

Работа будет складываться из работы против сил тяжести при помощи работы силы Архимеда, найденной выше:

$$A_2 = gh(m + M) - \rho_0 g \frac{Vh}{2} = gh\left(m + M - \rho_0 \frac{V}{2}\right)$$

Тогда общая работа:

$$A = A_1 + A_2 = gl(m + M - \rho_0 V) + gh\left(m + M - \rho_0 \frac{V}{2}\right) = g\left(lm + lM - \rho_0 V l + hm + hM - \frac{\rho_0 V h}{2}\right) = g\left(m(l+h) + M(l+h) - \rho_0 V\left(l + \frac{h}{2}\right)\right)$$

Место для скобы

Шифр [ ]

Теперь заменим массу и объем цилиндра

$$V = Sh = \pi R^2 h = \pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 h = \frac{\pi d^2 h}{4}$$

$$M = \rho V = \frac{\rho\pi d^2 h}{4}$$

Получаем:

$$A = g\left(m(l+h) + \frac{\rho\pi d^2 h}{4}(l+h) - \frac{\rho_0\pi d^2 h}{4}\left(l+\frac{h}{2}\right)\right) = g\left(m(l+h) + \frac{\pi d^2 h}{4}\left(\rho(l+h) - \rho_0\left(l+\frac{h}{2}\right)\right)\right)$$

Ответ:

$$\boxed{A = g\left(m(l+h) + \frac{\pi d^2 h}{4}\left(\rho(l+h) - \rho_0\left(l+\frac{h}{2}\right)\right)\right)}$$

$$= \rho l + \rho h - \rho_0 l - \rho_0\frac{h}{2} = l(\rho - \rho_0) + h(\rho - 0{,}5\rho_0)$$

4/20

Задача 2

$Q_{п.1}$ или $Q_{п.2}$ – количество подводимого тепла

$Q_{тр.1}$ или $Q_{тр.2}$ – количество требуемого тепла

Рассмотрим случай со льдом:

Из условия мы знаем как зависит секундное количество подводимого тепла, т.к. при фазовом переходе температура постоянна)

$$\frac{Q_{п.2}}{1c} = k(t_в - t_л)$$, где k – коэффициент пропорциональности

Но также из постоянства температуры при фазовом переходе следует, что:

$$\frac{Q_{п.2}}{1c} = \frac{Q_{тр.2}}{T_2}$$, а $Q_{тр.2} = \lambda m_2$, откуда получаем:

$$k(t_в - t_л) = \frac{\lambda m_2}{T_2}$$ – 1с?

$$\frac{Q_2}{\tau_2} = \frac{\lambda m_2}{\tau_2} = k(t_в - t_л)$$

$$k = \frac{\lambda m_2}{T_2(t_в - t_л)} \qquad (1)$$

Рассмотрим случай с азотом:

$$\frac{Q_{п.1}}{1c} = k(t_в - t_а)$$, т.к. температура постоянна

но и в виду постоянства температуры:

$$\frac{Q_{п.1}}{1c} = \frac{Q_{тр.1}}{T_1}$$