ШИФР
(не заполнять)

002587

☑ **Открытая региональная межвузовская олимпиада вузов Томской области «ОРМО».**

☐ **Северо-Восточная олимпиада школьников «СВОШ».**

(отметить галочкой олимпиаду)

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ

Олимпиадная работа по физике вариант 1.
(указать предмет)

Выполнил (а)

Фамилия: Е С С Е

Имя: А Р Т У Р

Отчество: В Л А Д И М И Р О В И Ч

Класс: 11

Наименование школы: МБОУ „Лицей №57"

Город (село): г. Прокопьевск

Район: Рудничный

Область: Кемеровская

Дата рождения: 18 / 06 / 1998

Контактный телефон: 8 951 573 0410

E-mail: yade343@gmail.com

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

ШИФР 002587

Открытая региональная межвузовская олимпиада вузов Томской области (ОРМО)

Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
62	14.3 16	Александров А.А.	

№1. Дано:
$R, d\ (d \ll R)$,
v
Найти: $\omega(t)$.

Решение:
Будем рассматривать вращение катушки, на которую наматывают ленту. Линейные скорости как самой ленты, так, собственно, и катушки совпадают и остаются постоянными $v = const$.
Т.к. со временем радиус катушки увеличивается за счёт наматывания: $R = R(t)$, то угловая скорость должна уменьшаться, т.к. $\omega(t) \cdot R(t) = v = const$.
А именно, спустя ровно период $\frac{2\pi R}{v}$ радиус скачкообразно увеличится: $R + d$. При этом увеличится и период второго оборота: $T = \frac{2\pi(R+d)}{v}$.
И так далее спустя n полных оборотов радиус катушки будет $R + nd$, период $\frac{2\pi(R+nd)}{v}$, где $n \in N$ — полное число оборотов.
Тогда, т.к. $\omega_n = \frac{2\pi}{T_n}$, имеем угловую ск-ть спустя n оборотов: $\omega_n = \frac{2\pi}{T_n} =$
$= \frac{2\pi}{2\pi(R+nd)} \cdot v = \frac{v}{R+nd}$.
Это значит, что с увеличением числа уже сделанных оборотов n нужно уменьшать угловую скорость согласно выражению: $\omega_n = \frac{v}{R+nd}$.

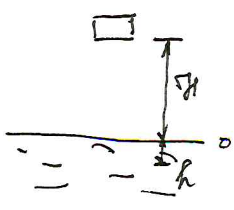
Ответ: нужно уменьшать ω согласно выражению $\frac{v}{R+nd}$, где n — число уже совершённых оборотов

?

4

№2.
Дано:
$h, \rho, \rho_0, (\rho < \rho_0)$
Найти:
H, T.

Решение:
1)



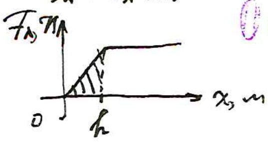
Рассмотрим случай, когда, погрузившись в воду, льдинка имеет скорость, равную 0. Этому случаю отвечает наим. высота H, которая удовлетворяет выражению для закона сохранения энергии.

(1) $mgH = -mgh + A$, где A — работа силы Архимеда.

№2 Рассмотрим границу раздела сред и построим ось ox, ...

~~[illegible]~~, где x – глубина погружения.

$A = -F_A \cdot x$. Тогда $F_A = \rho_0 g S x$; График зависимости $F_A = F_A(x)$:



Интересующая величина A находится как площадь под графиком $F_A(x)$ от 0 до h.

$|A| = S = \frac{1}{2} \cdot h \cdot \rho_0 g S h = \frac{h^2}{2} \rho_0 g S$.

002587

Тогда (1) перепишется как

$$mg H + mg h - \frac{h^2}{2} \rho_0 g S = 0.$$

Найдём H.

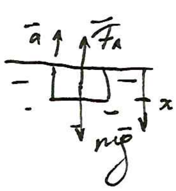
$$(H+h) = \frac{1}{mg} \cdot \frac{h^2}{2} \rho_0 g S = \frac{h^2 \rho_0 S}{2 \rho h S} = \frac{h \rho_0}{2\rho}$$

$$H = h\left(\frac{\rho_0}{2\rho} - 1\right)$$

8

2). Запишем ур-ие движения шайбы. (~~в тот момент, когда она полностью погружена~~

$$m\bar{a} = \bar{F}_{Арх} + m\bar{g} \quad (2)$$



Т.к. проекции на ox совпадают с модулями векторов сил, перепишем (2) иначе

$m\ddot{x} = -\rho_0 g S x + \rho S h \cdot g$, где $\ddot{x}(t)$ и $x(t)$ – ускорение и координата шайбы

Имеем дифференциальное ур-ие, описывающее колебания шайбы.

Перепишем его в виде $\ddot{x} + \omega^2 x = 0$.

$$\rho S h \ddot{x} + \rho_0 g S x - \rho S h g = 0.$$

$$\ddot{x} + \underbrace{\frac{\rho_0 g}{\rho h}}_{=\omega^2} x - g = 0.$$

Тогда период колебаний: $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{\rho h}{\rho_0 g}}$.

Ответ: $H = h\left(\frac{\rho_0}{2\rho} - 1\right)$,

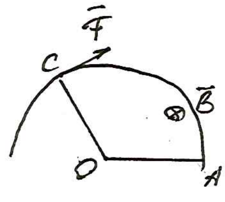
$T = 2\pi \sqrt{\frac{\rho h}{\rho_0 g}}$.

19

№5

Дано:
$\mathcal{L}, B, R, \omega$
Найти:
F

Решение:



1) Конструкция образует замкнутый контур COA. Т.к. он находится в однородном поле $\bar{B}$, то при изменении площади в нём будет возникать ЭДС индукции по правилу Ленца

$$\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt}(BS\cos\alpha) = -B \cdot \frac{dS(t)}{dt}.$$

$S(t) = \frac{\pi \mathcal{L}^2}{2\pi} \cdot (\theta_0 - \omega t)$, где θ_0 – начальный угол $\angle COA$, тогда $\frac{dS}{dt} = -\frac{\mathcal{L}^2}{2} \cdot \omega$

$$\mathcal{E}_i = -B \cdot \left(-\frac{\mathcal{L}^2}{2} \cdot \omega\right) = \frac{B\omega \mathcal{L}^2}{2}.$$

2) Причём, т.к. CO имеет сопротивл. R, то ток, возникающий в нём (стало быть во всем контуре) должен ~~увел.~~ препятствовать своим полем уменьшению внешнего потока, т.е. ток должен течь от O к C.

Величина его $I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{1}{R} \cdot \frac{B\omega \mathcal{L}^2}{2}$.

№5 Т.к. CO находится в поле B, в нем есть ток, и на него будет действовать сила Ампера, перпендикулярная ему. (По правилу левой руки $\vec F_A$ напр. против движения OC)

Поэтому чтобы тангенциальное ускорение точки C, например, отрезка CO было равно нулю, силы $\vec F$ и $\vec F_A$ должны удовлетворять условию $\vec F = -\vec F_A$.

иначе $BJ_iL = F$.

Стало быть $F_{min} = B\cdot\frac{1}{R}\cdot\frac{B\omega L^2}{2}\cdot L = \frac{B^2L^3\omega}{2R}$.

Итак, минимальная сила $\vec F$ по модулю должна быть равной $\frac{B^2L^3\omega}{2R}$.

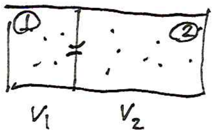
Ответ: $\frac{B^2L^3\omega}{2R}$

18

№6

Дано:
$V_2 = 3V_1$,
$p = \Delta p$,
p, T
$p_{01} = p_{02} = p$
$T_{01} = T_{02} = T$
$n = 4$.
Найти: T_4

Решение:



$pV = \nu RT$

Кол-во в-ва в каждом из отсеков:

$\frac{pV_1}{T} = \nu_1 R$, $\frac{p\cdot 3V_1}{T} = \nu_2 R$ $\Rightarrow \nu_2 = 3\nu_1$

Предположим, что в среднем количество в-ва в отсеках не меняется.

Найдём температуру газа в отсеке (1) перед открыванием клапана.

Процесс изохорный, =>, верно, что $\frac{p_{01}}{T_{01}} = \frac{p_{11}}{T_{11}} \Leftrightarrow \frac{p}{T} = \frac{p+\Delta p}{T_{11}}$.

Отсюда искомая температура $T_{11} = T\cdot\frac{p+\Delta p}{p} = T\cdot\frac{2p}{p} = 2T$

Используем закон сохр. внутр. энергии, ~~чтобы~~ найти T_2 — температуру после установл. равновесия в системе (после откр. клапана):

$$U_1 + U_2 = U \Leftrightarrow \frac{3}{2}\nu_1 R\cdot 2T + \frac{3}{2}\cdot 3\nu_1\cdot RT = \frac{3}{2}\cdot 4\nu_1\cdot RT_2$$

Умножим обе части на $\frac{2}{3}\cdot\frac{1}{\nu_1 R}$:

$$2T + 3T = 4T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{5}{4}T.$$

~~(Повторим те же рассуждения для второго цикла:)~~

Найдём давление после установления равновесия после откр. клапана, используя ур-ние состояния идеального газа:

$$\frac{p_2\cdot 4V_1}{\frac{5T}{4}} = 4\nu_1 R \Rightarrow p_2 = \frac{\nu_1 RT}{V_1}\cdot\frac{5}{4} = \frac{5p}{4}.$$

Повторим те же рассуждения для второго цикла:

Температура газа в отсеке (1) $\frac{\frac{5p}{4}}{\frac{5T}{4}} = \frac{\frac{5p}{4}+\Delta p}{T_{12}}$, $\Rightarrow$, $T_{12} = \frac{5T}{4}\cdot\frac{\frac{5p}{4}+p}{\frac{5p}{4}} = \frac{T}{p}\cdot\frac{9p}{4} = \frac{9T}{4}$

$p_{12} = \frac{9p}{4}$.

Внутр. эн. $U_1 + U_2 = U \Leftrightarrow \frac{3}{2}\nu_1 R\cdot\frac{9T}{4} + \frac{3}{2}\cdot 3\nu_1 R\cdot\frac{5T}{4} = \frac{3}{2}4\nu_1 RT_3 \quad \Big| \times\frac{2}{3\nu_1 R}$

Равновесная темпер. $\frac{9T}{4} + 3\cdot\frac{5T}{4} = 4T_3 \Leftrightarrow T_3 = \frac{9T+15T}{16} = \frac{24T}{16} = \frac{3T}{2}$;

Равновесное давл.: $\frac{p_3\cdot 4V}{\frac{3T}{2}} = 4\nu_1 R \Rightarrow p_3 = \frac{3}{2}\frac{\nu_1 RT}{V}$

Заметим, что равновесные температуры образуют ряд: $T_1 = T$, $T_2 = \frac{5T}{4}$, $T_3 = \frac{3T}{2}$...

Естественным ~~следствием этого обстоятельства является предположение о том~~, что во время каждого закрывания клапана равновесная температура увеличивается на величину $T_2 - T_1 = \frac{T}{4}$. Тогда ~~во время за~~ закрывания клапана в четвертый раз $T_4 = \frac{3T}{2} + \frac{T}{4} = \frac{7T}{4}$ ~~открывание клапана~~ Ответ: $\frac{7T}{4}$.

№6) Если считать первым закрытием клапана, когда газ [illegible] [illegible] темпера-
туру $\frac{5T}{4}$, то перед вторым закрыванием температура газа составляет $\frac{3T}{2}$,
перед третьим $\frac{7T}{4}$, перед четвёртым $2T$, т.к. было вычислено, что температуры газа
перед первым и вторым закрыванием отличаются друг от друга на $\Delta T = \frac{T}{4}$;
то же можно сказать и о ~~тем~~ начальной температуре T и температуре перед
1-м закрыванием.

Было бы логично предположить, что температуры газа перед закрыванием
клапана образуют арифметическую прогрессию, а значит, что температура
перед искомым закрыванием $2T$.

Ответ: $2T$.

20