ШИФР (не заполнять)
ОРМО II 16 Ф-26

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

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

(отметить галочкой олимпиаду)

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ

Олимпиадная работа по физике вариант ______
(указать предмет)

Выполнил (а)

Фамилия: Сычев

Имя: Дмитрий

Отчество: Александрович

Класс: 11

Наименование школы: МБОУ „Лицей № 124"

Город (село): г. Барнаул

Район: —

Область: Алтайский край

Дата рождения: 10 / 09 / 1998

Контактный телефон: 8-913-362-24-08

E-mail: dimasychev1998@mail.ru

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 ______

ЧИСТОВИК №1

ШИФР ОРМО II 16 Ф-26

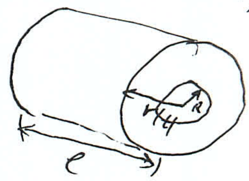
Открытая региональная межвузовская олимпиада вузов Томской области (ОРМО)

Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
85б (восемьдесят пять)	10.03.16	Лячин А.В.	

1. Пусть l - ширина ленты, t - время от начала намотки ленты до рассматриваемого момента. За время t студент намотал на катушку ленту длины vt. Её объем $V = vt \cdot l \cdot d$. +3

Пусть $r(t)$ - текущий радиус катушки (с учетом намотанной ленты). Тогда объем намотанной ленты будет равен

$V = l\pi(r(t))^2 - l\pi R^2$ +4



Значит $vtld = l\pi r^2(t) - l\pi R^2$

$$r(t) = \sqrt{\frac{vdt}{\pi} + R^2}$$ 3

, т.е. мы нашли зависимость радиуса r катушки от времени t. Если катушку радиуса r вращать с угловой скоростью ω, то скорость движения ленты будет равна $v = \omega r$ 2

поэтому $\omega(t) = \frac{v}{r(t)} = \frac{v}{\sqrt{\frac{vdt}{\pi} + R^2}}$ +3

Ответ: $\omega(t) = \frac{v}{\sqrt{\frac{vdt}{\pi} + R^2}}$

15б

2. Пусть S - площадь шайбы, тогда объем V шайбы равен $V = Sh$, тогда её масса равна $m = \rho V = \rho Sh$. + Пусть g - ускорение свободного падения. Если шайба погружена на глубину x, то тогда на нее

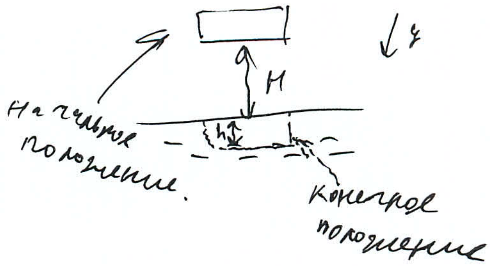
Чистовик №2

ОРМО II 16

ср26

действует сила Архимеда $F_A(x) = \rho_0 g S_x$. ?

Тогда чтобы шайба полностью погрузилась (на глубину h), нужно, чтобы разность изменения потенциальной энергии шайбы (между положением, с которого падала, и положением на глубине h) была не меньше работы силы Архимеда.



Т.е. $mg(H+h) \geq \int_0^h F_A(x)\,dx$ +

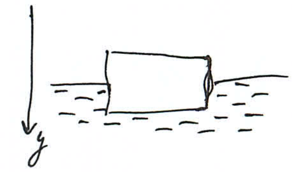
$$mg(H+h) \geq \int_0^h \rho_0 g S x\,dx$$

$$\rho S h g(H+h) \geq \rho_0 g S \frac{h^2}{2} \quad + \ 1$$

$$H+h \geq \frac{\rho_0}{2\rho} h$$

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

Так как шайба легче воды, то у нее есть глубина, при погружении на которую она будет в равновесии.



Тогда, если y - смещение шайбы относительно положения равновесия (в проекции на ось y), то на шайбу (в проекции на эту ось) будет действовать равнодействующая сила $F = -\rho_0 g S y$, она будет сообщать шайбе ускорение $\ddot{y} = \frac{F}{m} = \frac{-\rho_0 g S y}{\rho S h}$ +

Значит, $\ddot{y} = -\frac{\rho_0 g}{\rho h} y$ +, а это и есть дифф. уравнение гармонических колебаний (с циклической частотой $\omega = \sqrt{\frac{\rho_0 g}{\rho h}}$ + и периодом $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{\rho h}{\rho_0 g}}$ (заметим, что это равенство для периода будет выполняться, только если во время колебаний шайба будет всегда частично погружена)

Ответ: $H \geq h\left(\frac{\rho_0}{2\rho} - 1\right)$; $T = 2\pi\sqrt{\frac{\rho h}{\rho_0 g}}$ +

15б

ОРМО II 16 Ф-26

5. За время dt стержень OC повернется на угол $d\varphi = \omega dt$. + (4)

А значит площадь контура COA изменится ~~увеличится~~ на $dS = -\frac{\pi L^2}{2\pi} \cdot d\varphi = \frac{\omega L^2}{2} dt$ + (2)

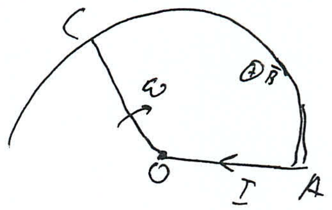
Т.е. $\frac{dS}{dt} = -\frac{\omega L^2}{2}$ Но тогда производная магнитного потока

производная площади контура по времени.

через контур COA равна $\dot{\Phi} = \dot{S} B = -\frac{\omega L^2 B}{2}$ +

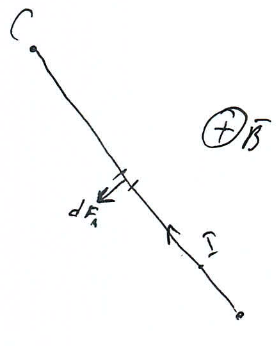
А значит в контуре будет возникать ЭДС индукции $\varepsilon = -\dot{\Phi} = \frac{\omega L^2 B}{2}$ + (2), тогда в контуре будет течь ток $I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\omega L^2 B}{2R}$. (2)

Его направление находим по правилу Ленца (по часовой стрелке)



+(2)

Рассмотрим участок провода OC длиной dr на расстоянии r от центра O.



На него будет действовать сила Ампера $dF_A = IBdr$, её направление находим по правилу левой руки. Тогда эта сила создаст момент $dM = dF_A \cdot r$ относительно точки O. Тогда общий момент сил Ампера, действующих на проводник CO будет равен $M = \int dF_A \cdot r = \int_0^L IBr\,dr = IB\frac{L^2}{2} = \frac{\omega L^2 B}{2R} \cdot B \cdot \frac{L^2}{2} = \frac{\omega B^2 L^4}{4R}$ (2) +. Так как стержень CO вращается равномерно, то такой же момент (по модулю) создает и сила F. +

Чтобы сила F была минимальна, нужно направить её перпендикулярно CO

Тогда её момент равен $M = F_{min} L = \frac{\omega B^2 L^2}{4R}$, тогда (4) чистовик №4

ОРМО II 16

СР-26

$F_{min} = \frac{\omega B^2 L^3}{4R}$ + (2)

Ответ: $\frac{\omega B^2 L^3}{4R}$

20б

---

6. Так как изначально давления и температуры в обоих отсеках одинаковы, а объемы отличаются втрое, то и количества газа в отсеках отличаются тоже втрое.+ Пусть в меньшем отсеке ν молей газа, тогда в большем будет 3ν. +

Заметим, что после установления термодинамического равновесия (перед закрытием клапана) давления и температуры в обоих отсеках будут снова равны, а значит, в меньшем отсеке снова будет ν молей газа, а в большем снова 3ν.+ Так как начальное давление в меньшем отсеке P, а температура T, то чтобы давление в этом отсеке увеличить на P (при закрытом клапане) нужно увеличить его температуру на T.+ Т.е. сообщить ~~этому отсеку~~ газу в этом отсеке тепло $Q = \frac{3}{2}\nu R T$.+ Значит, для того, чтобы клапан открылся 4 раза газу нужно сообщить тепло $4Q$. При этом газ видимо работы не совершает, поэтому если после 4-ого закрытия клапана газ будет иметь температуру T_1, то

$$\frac{3}{2}\cdot(3\nu+\nu)RT_1 - \frac{3}{2}(3\nu+\nu)RT = 4Q \quad +$$

$$\frac{3}{2}\nu R(T_1 - T) = Q = \frac{3}{2}\nu RT$$

$$T_1 - T = T$$

$$T_1 = 2T$$

Ответ: $2T$ +

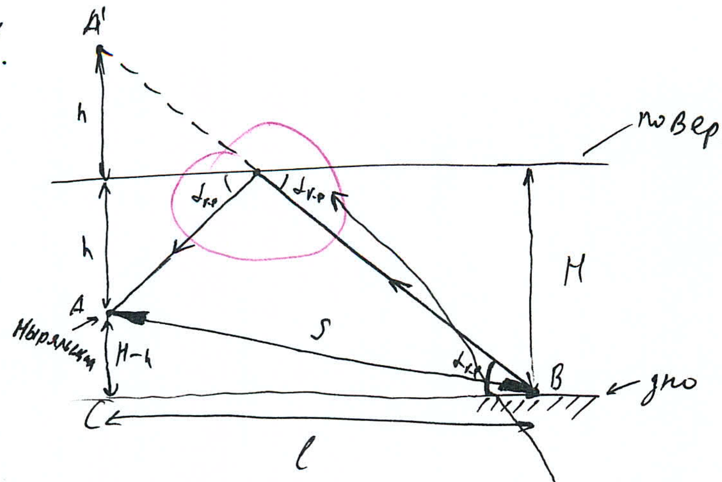
20б

ЧИСТОВИК № 5

ОРМОII 16

ФД-26

4.



На рисунке показан ход крайнего луча (от ближайшего видимого участка B дна). Пусть H – глубина моря, l – расстояние по горизонтали от ныряльщика до дна.

Как известно, ~~синус~~ косинус крайнего угла полного внутреннего отражения равен $\frac{1}{n}$.

Отразим ныряльщика A относительно поверхности воды, получим точку A'.

Пусть C – проекция ныряльщика на дно морское.

Из $\triangle ABC$ $\quad S^2=(H-h)^2+l^2$

Из $\triangle A'BC$ $\quad \frac{H+h}{l}=\operatorname{tg}\alpha_{кр}$

$\cos\alpha_{кр}=\frac{1}{n}$

$\Rightarrow \operatorname{tg}\alpha_{кр}=\frac{\sin\alpha_{кр}}{\cos\alpha_{кр}}=\frac{\sqrt{1-\cos^2\alpha_{кр}}}{\cos\alpha_{кр}}=\frac{\sqrt{1-\frac{1}{n^2}}}{\frac{1}{n}}=\frac{\frac{1}{n}\sqrt{n^2-1}}{\frac{1}{n}}=\sqrt{n^2-1}$

Подставим $\operatorname{tg}\alpha_{кр}$ в систему

$$\begin{cases} S^2=(H-h)^2+l^2 \\ H+h=\frac{l}{\operatorname{tg}\alpha_{кр}}=\frac{l}{\sqrt{n^2-1}} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} S^2=(H-h)^2+l^2 \\ l^2=(H+h)^2/(n^2-1) \end{cases} \Rightarrow S^2=(H-h)^2+(H+h)^2/(n^2-1)$$

$S^2=$ ~~...~~

Продолжение на 7 чистовике

~~$H^2n^2+2h(n^2-2)H+h^2n^2-S^2=0$ Решим это уравнение~~

~~$H=\frac{-2h(n^2-2)\pm\sqrt{(2h(n^2-2))^2-4n^2(h^2n^2-S^2)}}{2n^2}=\frac{h(2-n^2)\pm\sqrt{h^2n^4+4h^2-4h^2n^2-h^2n^4+S^2n^2}}{n^2}$~~

~~$=\frac{h}{n^2}\left(2-n^2\pm\sqrt{4-4n^2+n^2\frac{S^2}{h^2}}\right)$, т.к. $H\geq h$ (т.к. ныряльщик не под землей), то подходит только больший корень~~

0б

~~Ответ: $H = \frac{h}{n^2}\left(2 - n^2 + \sqrt{4 - 4n^2 + n^2\frac{S^2}{h^2}}\right)$~~

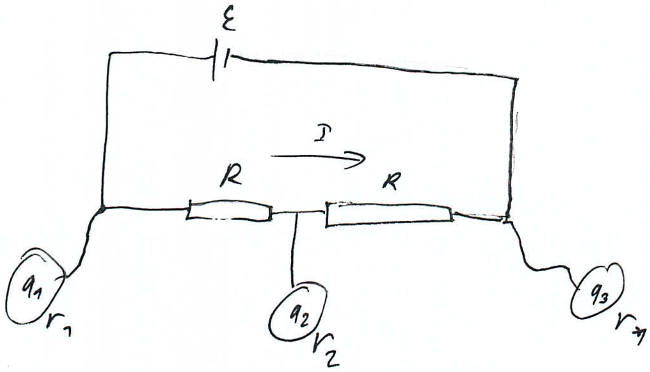
Чистовик №6

ОРМО II 16

ф-26

---

3. Пусть на шаре радиуса r находится заряд q, тогда поле шара за пределами самого шара совпадает с полем точечного заряда q, если его поместить в ~~его~~ центр шара, поэтому потенциал шара относительно точки, на бесконечности будет равен $\varphi = \frac{kq}{r}$. +



Пусть на шарах в схеме находятся заряды q_1, q_2 и q_3. По закону сохранения заряда $q_1 + q_2 + q_3 = 0$ ② +

Т.к. внутреннее сопротивление источника тока равно 0, то на обоих резисторах будет падение напряжения $\frac{\varepsilon}{2}$ +, т.е.

$\frac{\varepsilon}{2} = \varphi_1 - \varphi_2$ +

$\frac{\varepsilon}{2} = \varphi_2 - \varphi_3$ +, где $\varphi_1 = \frac{kq_1}{r_1}$ +, $\varphi_2 = \frac{kq_2}{r_2}$ +, $\varphi_3 = \frac{kq_3}{r_1}$ +

Решим такую систему

$$\begin{cases} \frac{\varepsilon}{2} = k\frac{q_1}{r_1} - k\frac{q_2}{r_2} & +② \\ \frac{\varepsilon}{2} = k\frac{q_2}{r_2} - k\frac{q_3}{r_1} & +② \\ q_1 + q_2 + q_3 = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{\varepsilon}{2k} r_1 = q_1 - q_2\frac{r_1}{r_2} \\ \frac{\varepsilon}{2k} r_1 = q_2\frac{r_1}{r_2} - q_3 \\ q_1 + q_2 + q_3 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} q_1 = \frac{\varepsilon r_1}{2k} + q_2\frac{r_1}{r_2} \\ q_3 = -\frac{\varepsilon r_1}{2k} + q_2\frac{r_1}{r_2} \\ q_1 + q_2 + q_3 = 0 \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left(\cancel{\frac{\varepsilon r_1}{2k}} + q_2\frac{r_1}{r_2}\right) + q_2 + \left(-\cancel{\frac{\varepsilon r_1}{2k}} + q_2\frac{r_1}{r_2}\right) = 0 \Rightarrow q_2\left(1 + \frac{2r_1}{r_2}\right) = 0 \Rightarrow q_2 = 0 \Rightarrow$$ + ②

$\Rightarrow q_1 = \frac{\varepsilon r_1}{2k}$ +; $q_3 = -\frac{\varepsilon r_1}{2k}$ + ②; Ответ: $q_1 = \frac{\varepsilon r_1}{2k}$; $q_2 = 0$; $q_3 = -\frac{\varepsilon r_1}{2k}$

15

Чистовик №7

ОРМО II 16

ФР-26

$$S^2 = H^2 + h^2 - 2Hh + H^2 \cdot \frac{1}{n^2-1} + \frac{h^2}{n^2-1} + \frac{2Hh}{n^2-1}$$

$$S^2 = H^2 \frac{n^2}{n^2-1} + h^2 \frac{n^2}{n^2-1} + 2h \frac{1-(n^2-1)}{n^2-1} \cdot H$$

$$H^2 \cdot \frac{n^2}{n^2-1} + 2h \frac{2-n^2}{n^2-1} H + h^2 \frac{n^2}{n^2-1} - S^2 = 0$$

$$H^2 n^2 + 2h(2-n^2)H + h^2 n^2 - S^2(n^2-1) = 0$$

$$H = \frac{(n^2-2) \cdot \cancel{2}h \pm \sqrt{\cancel{4}h^2(2-n^2)^2 + \cancel{4}n^2\left(S^2(n^2-1) - h^2n^2\right)}}{\cancel{2}n^2} =$$

$$= \frac{h}{n^2}(n^2-2) \pm \frac{1}{n^2}\sqrt{\cancel{h^2n^4} - 4h^2n^2 + 4h^2 + n^4S^2 - n^2S^2 - \cancel{h^2n^4}} =$$

$$= \frac{h}{n^2}(n^2-2) \pm \frac{1}{n^2}\sqrt{n^2S^2(n^2-1) - 4h^2(n^2-1)} = ;$$

т.к. $H \geq h$, то ~~подходит~~ то подходит только больший корень

$$= h\left(1 - \frac{2}{n^2}\right) \pm \frac{1}{n^2}\sqrt{(n^2-1)(n^2S^2-4h^2)}$$

Ответ: $H = h\left(1 - \frac{2}{n^2}\right) + \frac{1}{n^2}\sqrt{(n^2-1)(n^2S^2-4h^2)}$

—

0.8

Министерство образования и науки РФ
Совет ректоров вузов Томской области
Открытая региональная межвузовская олимпиада
2015-2016

ФИЗИКА

11 класс

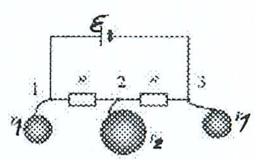
II этап

Вариант 1

1. Перед студентом стоит задача: перемотать ленту с одной катушки на другую так, чтобы линейная скорость движения ленты всегда была одинакова и равна v. Радиус каждой катушки R, толщина ленты d ($d<<R$). В начальный момент времени вся лента намотана на одну из катушек. Помогите студенту определить, как он должен изменять со временем угловую скорость вращения катушки, на которую наматывается лента.

2. Цилиндрическая шайба высотой h плашмя падает в воду. Плотность шайбы $\rho < \rho_0$ (ρ_0 – плотность воды). С какой высоты должна падать шайба, чтобы она полностью скрылась под водой? Чему будет равен после этого период колебаний шайбы? Трением пренебречь.

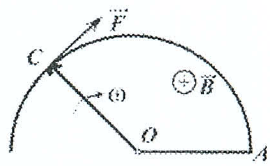
3. К точкам 1, 2, 3 электрической цепи, изображенной на рисунке, длинными тонкими проводниками подсоединили изначально незаряженные металлические шары с радиусами r_1 и r_2 соответственно. Найдите заряды, установившиеся на каждом из шаров. Считайте, что расстояние между шарами много больше их размеров, заряд на самой электрической цепи и на соединительных проводниках пренебрежимо мал, а внутреннее сопротивление источника тока равно нулю.



4. Ныряльщик в солнечный день, находится в море на глубине h. При этом он видит в водном «зеркале» над собой отражение участков дна, находящихся от него на расстоянии s и более. Какова глубина H моря в этом месте? Показатель преломления воды n. Дно считать ровным, горизонтальным, а глубину моря постоянной.

Оценка заданий № № 1-4 – по 15 баллов

5. Проводящий контур, состоящий из неподвижных полукольца радиуса L, отрезка OA и подвижного стержня OC, помещён в однородное магнитное поле с индукцией B, перпендикулярное плоскости контура (рисунок). Стержень OC имеет сопротивление R и может без трения скользить по полуокружности, вращаясь относительно точки O. Сопротивления остальных участков контура пренебрежимо малы. Определите минимальное значение силы F, которую нужно приложить к стержню в точке C, чтобы он вращался с постоянной угловой скоростью ω.



6. Имеется сосуд, содержащий два отсека с клапаном на перегородке, причем объем одного отсека в 3 раза меньше другого. Конструкция клапана такова, что он открывается, если разность давлений превышает определенную величину p, остается открытым в течение времени, достаточного для установления теплового равновесия во всем сосуде, а потом закрывается. Первоначально в обоих отсеках находится идеальный одноатомный газ при давлении p и температуре T. Газ в меньшем отсеке начинают нагревать до тех пор, пока не откроется клапан. Затем нагрев прекращают и возобновляют его, после того, как клапан закроется. Какова будет температура газа, когда клапан закроется в четвертый раз?

Оценка заданий №№ 5-6 – по 20 баллов

Внимание! Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения.

Желаем успеха!