Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
ФАКУЛЬТЕТ НАУК О МАТЕРИАЛАХ
ОГРН 1037700258694
119234, Москва, Ленинские горы, ФНМ МГУ
тел.: (495) 939-4551, факс: 939-0998
www.fnm.msu.ru
№ _____ от _____

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Регистрационный номер участника _____

Вариант олимпиадного задания _____

60-13-72-92
(164.6)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Нанотехнологии – прорыв в будущее!"

по предмету (комплексу предметов) физика

Литвин Анны Валерьевны

фамилия, имя, отчество (в родительном падеже)

Дата 13.03

Дата

«20» марта 2015 года

Подпись участника

Лит

ЛИСТ УЧАСТНИКА
олимпиады школьников

2014/15 учебный год

НАНОТЕХНОЛОГИИ
ПРОРЫВ В БУДУЩЕЕ

фото

МП

ЛИТВИН
АННА
ВАЛЕРЬЕВНА

11 класс

11.07.1998 г.

дата рождения

Время и место проведения
заключительного этапа олимпиады:

19-20 марта 2015 года

Главное здание

Ленинские горы, д. 1

запуск участников в корпус прекращается за 30 минут до начала олимпиады

0 291310 100461

подпись сотрудника оргкомитета

УРТМ МГУ НИВЦ МГУ АИС "ОЛИМПИАДА" 18.03.2015 20:06:18

0 601372 920004

60-13-72-92

(164.6)

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
ФАКУЛЬТЕТ НАУК О МАТЕРИАЛАХ
ОГРН 1037700258694
119234, Москва, Ленинские горы, ФНМ МГУ
тел.: (495) 939-4551, факс: 939-0998
www.fnm.msu.ru
№ _____ от _____

Чистовик.

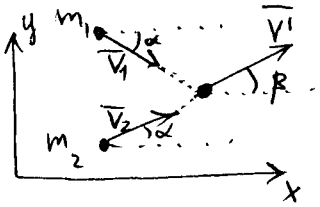
60-13-72-92
(164.6)

Задача 1

Дано:
$m_1 = m$
$m_2 = 2m$
$V = 6$ м/с
$\alpha = 30°$

$V' - ?$

Решение



$V_1 = V_2 = V$

абсолютно неупругое столкновение система замкн. → импульс сохраняется

$m_1\bar{V_1} + m_2\bar{V_2} = (m_1+m_2)\bar{V'}$

OY: $m_2 V\sin\alpha - m_1 V\sin\alpha = (m_1+m_2)V'\sin\beta$

OX: $m_1 V\cos\alpha + m_2 V\cos\alpha = (m_1+m_2)V'\cos\beta$

$$\cos\beta = \frac{m_1+m_2}{m_1+m_2}\cdot\frac{V\cos\alpha}{V'} = \frac{V}{V'}\cos\alpha \rightarrow (\sin^2\beta + \cos^2\beta = 1)$$

$$\sin\beta = \sqrt{1-\left(\frac{V}{V'}\right)^2\cos^2\alpha} = \frac{\sqrt{V'^2 - V^2\cos^2\alpha}}{V'}$$

$\cos\beta > 0$
~~cos~~ $\sin\beta > 0$
β – острый угол

$$(m_2-m_1)V\sin\alpha = (m_1+m_2)V'\frac{\sqrt{V'^2 - V^2\cos^2\alpha}}{V'}$$

$$\left(\frac{m_2-m_1}{m_1+m_2}V\sin\alpha\right)^2 = V'^2 - V^2\cos^2\alpha$$

$$V' = \sqrt{\left(\frac{m_2-m_1}{m_1+m_2}V\sin\alpha\right)^2 + V^2\cos^2\alpha} = V\sqrt{\left(\frac{m_2-m_1}{m_2+m_1}\sin\alpha\right)^2 + \cos^2\alpha}$$

$$V' = V\sqrt{\left(\frac{m}{3m}\right)^2\sin^2\alpha + \cos^2\alpha} = V\sqrt{\frac{\sin^2\alpha}{9} + \cos^2\alpha}$$

$$V' = V\cdot\sqrt{\frac{1}{36} + \frac{3}{4}} = V\sqrt{\frac{1+27}{36}} = \frac{2\sqrt{7}}{6}V \approx 0{,}882V = 5{,}3 \text{ м/с}$$

8

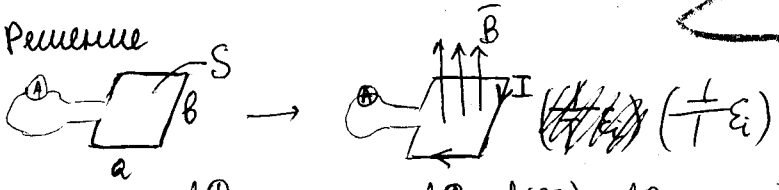
Ответ: $V' = V\sqrt{\frac{\sin^2\alpha}{9} + \cos^2\alpha} = \frac{2\sqrt{7}}{6}V \approx 5{,}3$ м/с

Задача 2

Дано:
$a = 5\cdot10^{-7}$ м
$b = 10^{-6}$ м
$q = 10^{-10}$ Кл
$R = 2\cdot10^{-3}$ Ом

$B - ?$

Решение



$\left(\frac{1}{T}\mathcal{E}_i\right)$

$$\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt} \quad |\mathcal{E}_i| = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d(BS)}{dt} = \frac{dB}{dt}\cdot S$$

$$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{dB\cdot S}{dt\cdot R} + 2$$

пусть за некоторое время τ B изменится от 0 до B, а ток возникнет, а затем исчезнет (энергия перейдет в тепло)

1	2	3	4	5	6	7	8	Σ	Итог
8	8	8	2	2	10	0	5	43	50

(Григорьев) (Алексеев Я.С.) (Лазарев) (Лазарев) (Тарасов)

$$q = \int_0^{\tau} I\,dt = \int_0^{\tau} dB \cdot \frac{S}{R} = \frac{S}{R}\int_0^{\tau} dB = \frac{BS}{R}$$

$$B = \frac{qR}{S} = \frac{qR}{ab}$$

$$B = \frac{10^{-10}\cdot 20\cdot 10^{-3}}{5\cdot 10^{-4}\cdot 10^{-6}} = \frac{2}{5}\cdot 10^{-13+13} = \frac{2}{5} = 0{,}4\ Тл$$

Ответ: $B = \frac{qR}{ab} = 0{,}4$ Тл

/8

Задача 5.

Дано:
$S = 10^{-2}\ м^2$
$L = 10^{-3}\ Гн$
$I_{max} = 250\ A$

B_{max} - ?

Решение

$\Phi = B\cdot S$

$L = \frac{\Phi}{I} = \frac{BS}{I}$

$B = \frac{IL}{S}$

$B = \frac{250\cdot 10^{-3}}{10^{-2}} = 25\ Тл$

Ответ: $B = \frac{IL}{S} = 25\ Тл$

Объяснить?

2.

Задача 6.

Дано:
$\tau_1 = 2\cdot 10^{-3}\ с$
$T_1 = 300\ K$
$\tau_2 = 4\cdot 10^{-3}\ с$
$t_c = 60\ с$
$T_2 = 573\ K$
$E_A = 26\cdot 10^{-3}\ эВ$

t_h - ?

Решение

пусть в камере N молекул NO_2

пусть доля площади сенсора к площади пов. камеры $\frac{S_0}{S} = \alpha$

при T_1 за время $\tau_1 + \tau_2$ пройдет в среднем N адсорбций. На сенсор придется αN адсорбций.

Также известно, что за t_c происходила 1 адсорбция

$\rightarrow \frac{\tau_1 + \tau_2}{t_c} = \alpha N$

при T_2 N адсорбций в среднем пройдут за $\tau_1' + \tau_2'$

τ_1' - новое время адсорбции

τ_2' - новое время полета

$\tau_1 = \tau_0 e^{-\frac{E_A}{kT_1}}$ $\quad \tau_1' = \tau_0 \cdot e^{-\frac{E_A}{kT_2}} = \tau_0 e^{-\frac{E_A}{kT_1}\cdot\frac{T_1}{T_2}} = \tau_1 \cdot e^{\frac{T_1}{T_2}}$

/8

$\tau_2' = \frac{S_{ср}}{V_{ср}'}$ $\quad \langle V^2\rangle = \sqrt{\frac{3RT_1}{M}}$ $\quad \langle V'^2\rangle = \sqrt{\frac{3RT_2}{M}}$

среднеквадратичная скорость ~~прот~~ молекул пропорциональна $\sqrt{T}$

$\tau_2' = \tau_2 \frac{V_{ср}}{V_{ср}'} = \tau_2 \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$

/8

при T_2 $\frac{\tau_1' + \tau_2'}{t_h} = \alpha N = \frac{\tau_1 + \tau_2}{t_c}$

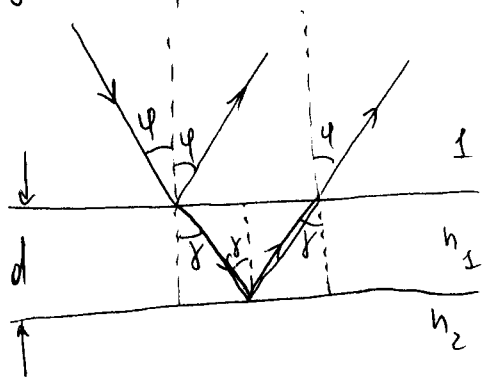
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
ФАКУЛЬТЕТ НАУК О МАТЕРИАЛАХ
ОГРН 1037700258694
119234, Москва, Ленинские горы, ФНМ МГУ
тел.: (495) 939-4551, факс: 939-0998
www.fnm.msu.ru
№ _____ от _____

Чистовик.

60-13-72-92
(164.6)

Задача 4 (продолжение)

В общем случае, можно рассмотреть падение света под углом φ



$\Delta = 2 \cdot d \cos\gamma$

$\frac{\sin\varphi}{\sin\gamma} = n_1$

$\sin\gamma = \frac{\sin\varphi}{n_1}$

$\cos\gamma = \sqrt{1 - \frac{\sin^2\varphi}{n_1^2}}$

$\Delta = 2d\sqrt{1 - \frac{\sin^2\varphi}{n_1^2}} = \frac{2d}{n_1}\sqrt{n_1^2 - \sin^2\varphi}$

и, опять же, $\Delta = \lambda$; но φ не дан!

Вообще, ситуации с различными подложками отличаются тем, что во второй можно добиться полного отражения от границы (n_1/n_3 $\frac{2,5}{1,5}$)

0,0

критический угол $\alpha_0 = \arcsin\frac{3}{5}$, а в первой ситуации ($\frac{n_1}{n_2}$ $\frac{2,5}{3,6}$) полное отражение невозможно.

Но частичное отражение происходит в любом случае.

$$t_h = t_c \frac{\tau_1' + \tau_2'}{\tau_1 + \tau_2} = t_c \frac{\tau_1 e^{\frac{T_1}{T_2}} + \tau_2 \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}}{\tau_1 + \tau_2}$$

$$t_h = 60 \frac{2\cdot 10^{-3} \cdot e^{\frac{300}{573}} + 4\cdot 10^{-3}\sqrt{\frac{300}{573}}}{2\cdot 10^{-3} + 4\cdot 10^{-3}} = 60 \frac{e^{\frac{300}{573}} + 2\sqrt{\frac{300}{573}}}{3} =$$

$$= 20\,(1{,}688 + 1{,}447) = 62{,}7\ c$$

Ответ: $t_h = t_c \frac{\tau_1 \cdot \exp\left(\frac{T_1}{T_2}\right) + \tau_2 \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}}{\tau_1 + \tau_2} = 62{,}7\ c$

Задача 8.

~~Дано~~:

$\rho_a = 0{,}16\ \frac{кг}{м^3}$

$\rho_в = 1{,}225\ \frac{кг}{м^3}$

$\rho_{не} = 0{,}179\ \frac{кг}{м^3}$

$\alpha = 0{,}9$

$V = 10^{-6}\ м^3$

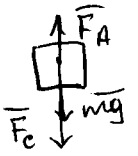
$k = 9\cdot 10^{-4}\ \frac{Нс}{м}$

β – ?

v – ?

Решение

расчет скорости



$m\bar{a} = \bar{F}_A + m\bar{g} + \bar{F}_c \quad a = 0,\ V = const$

OY: $\rho_в g V = mg + kv$

$$v = \frac{1}{k} g (\rho_в V - m) = \frac{g}{k}\left(\rho_в V - (m_A + m_{не})\right) =$$

$$= \frac{g}{k}(\rho_в V - \rho_A V_A - \rho_{не} V_{не}) = \frac{g}{k}(\rho_в V - \rho_A V(1-\alpha) - \alpha \rho_{не} V) =$$

$$= \frac{gV}{k}(\rho_в - (1-\alpha)\rho_A - \alpha \rho_{не})$$

5

$$v = \frac{9{,}8\cdot 10^{-6}}{9\cdot 10^{-4}}(1{,}225 - \cancel{0{,}1}\cdot 0{,}16 - 0{,}9\cdot 0{,}179) = 1{,}14\cdot 10^{-2}\ м/с\ (0{,}98\cdot 10)$$

взлет; даже плотность кубика, наполненного воздухом, меньше плотности воздуха

$$\rho_к = \frac{m_к}{V_к} = \frac{m_в + m_A}{V_к} = \frac{\rho_в V_в + \rho_A V_A}{V_к} = \rho_в \cdot \alpha + \rho_A(1-\alpha) = 0{,}9\rho_в + \cancel{0{,}1}\rho_A$$

$0{,}9\rho_в + \cancel{0{,}1}\rho_A < \rho_в$, т.к. $\rho_A < \rho_в$

поэтому кубик будет взлетать всегда, вопрос – с какой скоростью (аэрочем)

скорость определяется силой сопротивления

кубик, полностью заполненный гелием, взлетает с небольшой скоростью (~ 1 см/с)

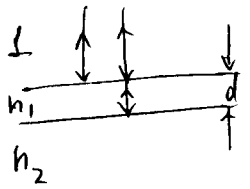
Возможно, для объектов другой формы „коэффициент сопротивления будет другим, но подниматься они всё равно будут, независимо от процента гелия в них.

Задача 4.

Дано:
$n_1 = 2,5$
$n_2 = 3,6$
$n_3 = 1,5$
$\lambda = 380 \cdot 10^{-9}$ нм

d - ?

окрашивание возникает в результате интерференционного усиления волн.
для окраски достаточно усилить $\lambda = 380$ нм.



пусть свет падает нормально
часть света всегда будет отражаться сразу, а часть отразится от границы (n_1/n_2)
конечно, часть пройдет ещё дальше, но интенсивность будет слишком мала.

оптическая разность хода для этих лучей $\Delta = 2dn_1$,
для усиления λ $\Delta = \lambda n$, $n \in \mathbb{N}$, т.к. мы ищем d_{min}, то $n = 1$; $\lambda = 2dn_1$ $d = \frac{\lambda}{2n_1}$ 2.0.

толщина пленки не зависит от коэффициента преломления подложки, т.к. отражение от границы раздела сред с разной оптической плотностью происходит всегда (полностью или частично), а свет, попавший внутрь подложки, можно не учитывать.

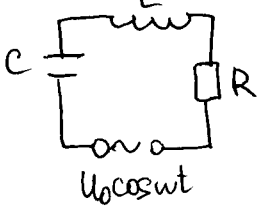
$d_{min} = \frac{380 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 2,5} = 76$ нм см. ещё на другом листе

Задача 3.

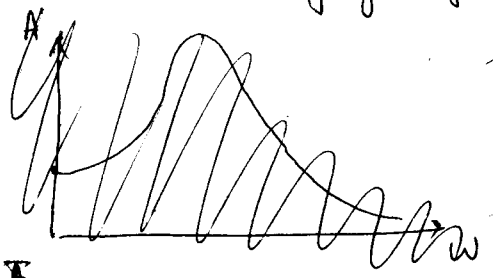
Дано:
$L = 10^{-2}$ Гн
$C = 10^{-10}$ Ф

R - ?

Решение

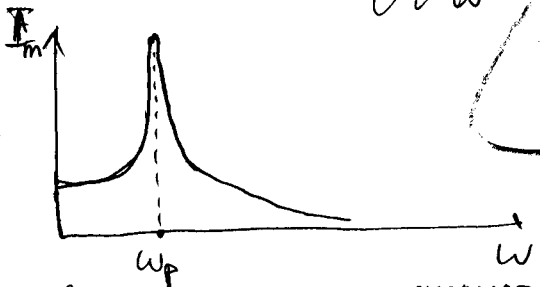


зависимость амплитуды колебаний тока от частоты вынуждающей силы



т.к. в контуре есть затухание, то его колебания описываются уравнением

$$\ddot{q} + \frac{R}{L}\dot{q} + \frac{1}{LC}q = \frac{U_0}{L}\cos \omega t$$



и $\omega_p = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}}$

частота вынужд. силы для резонанса

то есть вообще резонанс исчезнет, если

$\frac{1}{LC} = \frac{R^2}{L^2}$ $R = \sqrt{\frac{L}{C}}$

колебания будут апериодическими

$R = \sqrt{\frac{10^{-2}}{10^{-10}}} = 10^4$ Ом

Ответ: $R = \sqrt{\frac{L}{C}} = 10^4$ Ом

8