

42-25-72-97  
(190.2)



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

Вариант 1

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Нанотехнологии — прорыв в будущее!

по физике

Зайцева Иштыг Андреевича

фамилия, имя, отчество (в родительном падеже)

Дата  
«26» марта 2016 года

Подпись участника  
[Подпись]

ЛИСТ УЧАСТНИКА  
олимпиады школьников

2015/16 учебный год  
**НАНОТЕХНОЛОГИИ  
ПРОРЫВ В БУДУЩЕЕ**



**ЗАЙЦЕВ  
НИКИТА  
АНДРЕЕВИЧ**

11 класс  
15.04.1998 г.  
дата рождения

Время и место проведения  
заключительного этапа олимпиады:  
**дата и время не указаны**

**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" 24.03.2016 22:33:51



0 422572 970008

**42-25-72-97**

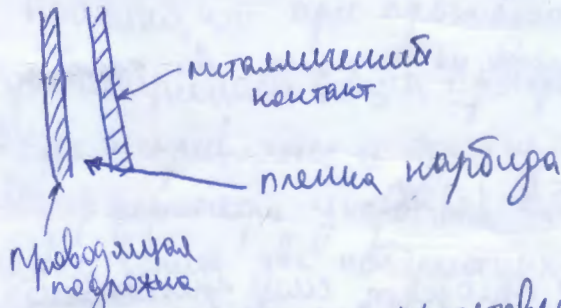
(190.2)



42-25-72-97  
(190.2)

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: 539-0993  
www.fnm.msu.ru  
№ \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Задача 4.



Такая конструкция представляет собой конденсатор  
 $q = 400 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ ;  $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$ ;  $U = \frac{q}{C} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{q}{U} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \Rightarrow U = \frac{q \cdot d}{\epsilon \epsilon_0 S}$$

$$U = \frac{400 \cdot 10^{-9} \cdot 100 \cdot 10^{-9}}{10 \cdot 8 \cdot 10^{-12} \cdot 4 \cdot 10^{-4}} = \frac{4 \cdot 10^{-18} \cdot 10^4}{8 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 10^{-16}} = 1,25 \text{ В} \cdot 10^4$$

$$I = \frac{U}{R}; R = \frac{\rho \cdot d}{S} \Rightarrow I = \frac{U \cdot S}{\rho \cdot d}$$

$$I = \frac{1,25 \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{10^7 \cdot 100 \cdot 10^{-9}} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ А. } 25.$$

Заряжается только 1 обкладка

Задача 5.

Сначала необходимо разогреть участок подложки с золотой пленкой с 300K до 1064°C, а затем расплавить этот участок; при этом диаметр золотой наночастицы  $D = 200 \text{ нм}$ ;

$$m_n = \rho \frac{4}{3} \pi R^3 = \rho \frac{4}{24} \pi D^3 = \frac{1}{24} \pi D^3 \cdot \rho = \frac{1}{6} \rho \pi D^3$$

$$m_n = \frac{1}{6} \cdot 19300 \cdot 3,14 \cdot 200^3 \cdot 10^{-27} = 80,8 \cdot 10^{-18} \text{ кг}$$

$$Q_1 = c m \Delta T; \Delta T = T_2 - T_1 = 1064 + 273 - 300 = 1037 \text{ К};$$

$$c_3 = 129 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

41 (сфера огул)  
29,5  
4  
0  
0  
7  
0  
6  
0  
45  
8



Тогда на нагревание наночастицы:

$$Q_1 = 29 \cdot 80,8 \cdot 10^{-18} \cdot 1037 = 10,8 \cdot 10^{-12} \text{ Дж.}$$

После необходимо расплавить участок на подложке с Au-плёнкой, и масса этого участка =  $m_n$

$$Q_2 = m \cdot q = 80,8 \cdot 10^{-18} \cdot 67 \cdot 10^3 = 5,4 \cdot 10^{-12} \text{ Дж.}$$

И наконец необходима  $Q_3$ , чтобы преодолеть силу притяжения и наночастица сможет добраться до прозрачной подложки.

$$Q_3 = m_n \cdot g \cdot \Delta Z = 80,8 \cdot 10^{-18} \cdot 9,8 \cdot 10 \cdot 10 = 7,92 \cdot 10^{-21} \text{ Дж.}$$

Для формирования наночастицы Au радиуса  $R = 100 \text{ нм}$  необходи-

$$ма E_1 = Q_1 + Q_2 = 10,8 \cdot 10^{-12} + 5,4 \cdot 10^{-12} = 16,2 \cdot 10^{-12} \text{ Дж, а для}$$

переноса сформированной золотой наночастицы необходима

$$E_2 = Q_3 = 7,92 \cdot 10^{-21} \text{ Дж.}$$

*не учесть нагрев + плавления области около частицы*

Общая энергия  $E = E_1 + E_2 \approx E_1$ , т.к.  $E_2 \ll E_1$ .

7.

### Задача 1.

При испарении атомов серебра происходит обр-ние газа, поэтому  $E$  атома серебра можно рассчитать через МКТ:

$$E_k = \frac{m v^2}{2} = \frac{3}{2} kT;$$

Энергия электронов в электронном пучке:  $E_{эл} = E_e \cdot q_e \cdot t$

$$\begin{aligned} \text{Тогда } \frac{E_{Ag}}{E_{эл}} \cdot \frac{E_k(эл)}{E_k(Ag)} &= \frac{E_e \cdot q_e}{\frac{3}{2} kT} = \frac{70 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{\frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 2485} = \\ &= \frac{112 \cdot 10^{-19}}{0,51 \cdot 10^{-19}} \approx 220. \end{aligned}$$

При ионизации атомы серебра теряют  $e^-$  и образуют ионы  $Ag^+$ . В ионизационной камере ионы положительные частицы и отрицательные будут двигаться в разные стороны

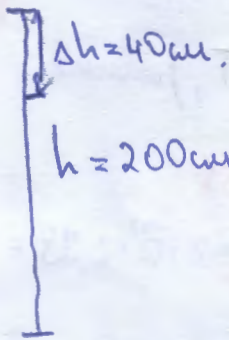


$$p = mU; E_k = \frac{mU^2}{2}, \Rightarrow U = \sqrt{\frac{2E_k}{m}}$$

$$p = m \cdot \sqrt{\frac{2E_k}{m}} = \sqrt{\frac{m^2 \cdot 2E_k}{m}} = \sqrt{2E_k \cdot m}$$

$$\frac{p_e}{p_{Ag}} = \frac{\sqrt{2 \cdot 112 \cdot 10^{-19} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}}{\sqrt{2 \cdot 0,51 \cdot 10^{-19} \cdot 1,7 \cdot 10^{-25}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 112 \cdot 9,1 \cdot 10^{-50}}{2 \cdot 0,51 \cdot 1,7 \cdot 10^{-44}}} = \sqrt{1176 \cdot 10^6} = 34,3 \cdot 10^3 \approx 5$$

Задача 3.



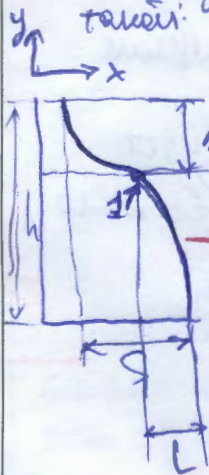
На промежутке  $\Delta h$  на частицу действуют 2 сил:  $\vec{F}_{\text{тяж}}$  и  $\vec{F}_p$  (давления света), причем

$$\vec{F}_{\text{тяж}} \perp \vec{F}_p$$

$$h = U_0 t + \frac{gt^2}{2}; U_0 = 0 \text{ и } a = g, \Rightarrow h = \frac{gt^2}{2}$$

В точке 1 действие  $F_p$  света прекращается, но эта сила придает ускорение и, следовательно, скорость частицы вдоль оси  $x$ . То есть в точке 1:

Траектория частицы будет таковой:



$$L = U_x t = U \cos \alpha t$$

$$U = at = \frac{F}{m} t$$

$$\text{на } \Delta h: U_y = \frac{mg}{m} t = gt;$$

$$U_x = \frac{p \cdot S}{m} t$$

$$\cos \alpha = \frac{U_x}{\sqrt{U_x^2 + U_y^2}} = \frac{\frac{p \cdot S}{m} t}{\sqrt{\left(\frac{p \cdot S}{m}\right)^2 + (gt)^2}} = \frac{p \cdot S}{\sqrt{(p \cdot S)^2 + g^2}}$$



Задача 2

$$m_n = \rho V = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi \frac{D^3}{8} = \frac{1}{6} \rho \pi D^3$$

$$m_n = \frac{1}{6} \cdot 2,3 \cdot 10^3 \cdot 3,14 \cdot 100^3 = 1,2 \cdot 10^{-18} \text{ кг} \quad +15$$

При абсолютно упругом соударении воспользуемся законом сохранения импульса: после упр. соударения зеркало получит импульс  $p_z$  равный двум импульсам частицы  $p_n$ , т.е. ?

$$p_z = 2 \cdot p_n \Rightarrow m_z \cdot v_z = 2 \cdot p_n \cdot v_n \Rightarrow$$

$$v_z = \frac{2 m_n v_n}{m_z} = \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-18} \cdot 50}{60} = 2 \cdot 10^{-18} \text{ м/с} \quad +25$$

Максимальные зеркала колеблются с периодом  $T$ , равным:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{10}{9,8}} = 6,98 \text{ с} \quad +25$$

Тогда максимальное отклонение зеркала  $l = v \cdot T = 2 \cdot 10^{-18} \cdot 6,98 = 12,56 \cdot 10^{-18} \text{ м}$

Приняв макс. отклонение зеркала от удара частицей  $l$  за 100%, получим, что

$$\frac{l_0}{l} \cdot 100\% = \frac{10^{-17}}{12,56 \cdot 10^{-18}} \cdot 100\% = 79,6\%, \text{ то есть толщина}$$

зеркала при прохождении ультратонкой волны будет составлять 79,6% от толщины, что означает зеркала при ударе (упругом) частицей кремния  $D = 100 \text{ нм}$ .



42-25-72-97  
(190.2)

Задача 8.

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 \_\_\_\_\_

Понятно, что при прохождении гравитационной волны пространство будет искривляться и одно из плеч интерферометра укоротится в  $\eta = 1 + 10^{-21}$  раз. При отсутствии гравит. волны два когерентных пучка света друг с другом, т.е. происходит интерференция. Но когда проходит гравит. волна, то тогда происходит некая полная интерференция и в результате на детектор падает свет с интенсивностью  $I$ .

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$  ;

$t$  = время за которое свет проходит 1 плечо интерферометра

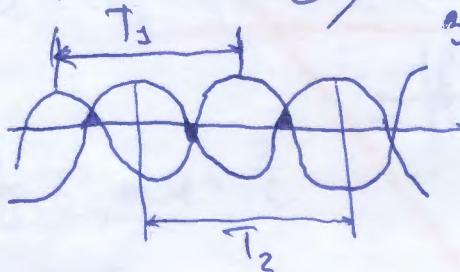
$t = \frac{2L}{c} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^8} = \frac{8}{3} \cdot 10^{-5} \text{ с}$

При прохождении волны  $t_1 = \frac{2L - 2L \cdot 10^{-21}}{c} = \left( \frac{8}{3} - \frac{8}{3} \cdot 10^{-21} \right) \cdot 10^{-5} \text{ с}$

$\Delta t = \frac{8}{3} \cdot 10^{-21} \cdot 10^{-5} = \frac{8}{3} \cdot 10^{-26} \text{ с}$

Тогда может быть приходящий свет на детектор можно представить как свет с периодом  $T = \Delta t$  и длиной волны  $\lambda_1$ , а значит  $\nu_1$  - частота.  $T = \lambda \cdot \nu$ ,  $\Rightarrow \lambda_1 = \frac{\Delta t}{\nu} = \frac{\frac{8}{3} \cdot 10^{-26}}{3 \cdot 10^{12}}$

$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{\pi r^2}$



$\Delta T = T_2 - T_1$

За время  $\Delta t$  свет пройдет  $L = \frac{8}{3} \cdot 3 \cdot 10^{-26} \cdot 10^8 = 8 \cdot 10^{-18} \text{ м}$

$P = I \cdot S = \frac{P}{\pi r^2} = \frac{P}{\pi} \cdot 10^{12}$

(4)

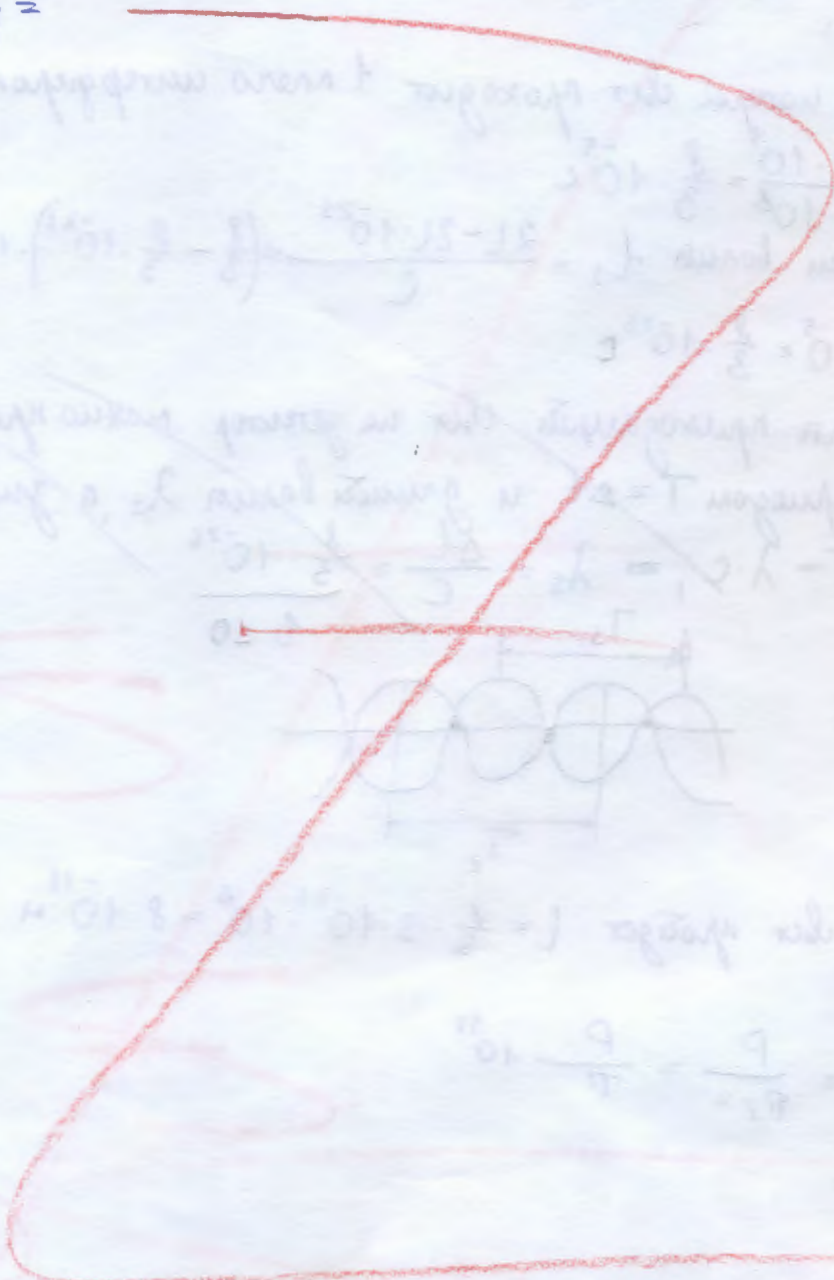
Задача 7.

Можно видеть на графике, что у нижней плечи удвоенный угол увеличивается в 2 раза по сравнению с верхней

Количество толщин плечи  $n = \frac{\lambda}{4n}$

Длина волны и используемая толщина

$\lambda =$



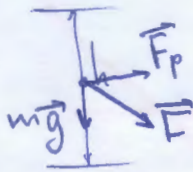


Черновик

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

42-25-72-97  
 (190.2)

3.



$$R = \rho \cdot \frac{S}{L} = \text{Ohm} \cdot \text{m} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{m}^2}$$

$$1. E = \frac{3}{2} kT \quad \bar{E}_k = \frac{mU^2}{2} = \frac{3}{2} kT$$

$$E_{kAg} = \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 2405 =$$

$$E_e = \quad c = \frac{q}{U} = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{E \cdot d} =$$

$$p = mU$$

$$4. c = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \quad \frac{1}{U} = c, \Rightarrow U = \frac{q}{c}$$

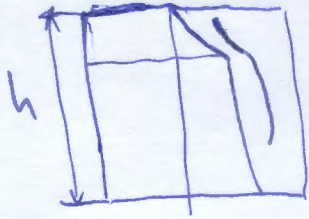
5.



Черновики.

$$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{\pi R^2}$$

$$F = ma = \rho S$$



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

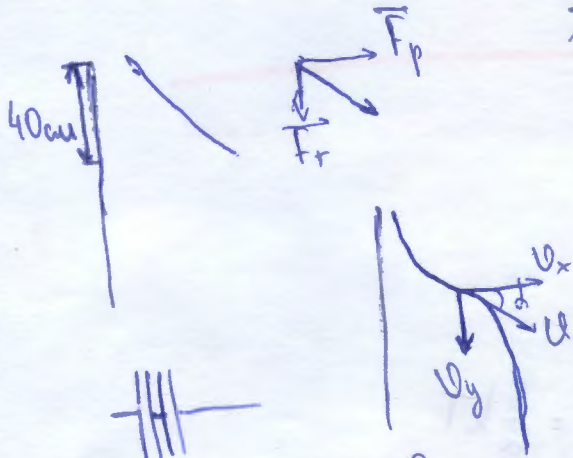
$$I = L = \rho T$$

$$mV = M \cdot V' \Rightarrow V' = \frac{mV}{M}$$

$$V_x t = 0,1$$

$$\frac{F_p}{\sqrt{F_p^2 + F_{\text{нат}}^2}} = \cos \alpha$$

$$V \cos \alpha \cdot t = S$$



$$C = \frac{q}{U} = \frac{\epsilon \epsilon_0 \cdot 2S}{d}$$

