

42-44-99-27  
(191.4)



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 4

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Нанотехнологии —  
прорыв в будущее!

по физике

Анискиной Мариамовны Юрьевны

фамилия, имя, отчество (в родительном падеже)

11:54 - 11:57

Дата  
«26» марта 2016 года

Подпись участника  
[Подпись]

ЛИСТ УЧАСТНИКА  
олимпиады школьников

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



**ПЧЕЛЯКОВА  
ТАТЬЯНА  
ЮРЬЕВНА**  
11 класс  
02.03.1998 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 100881

  
подпись сотрудника оргкомитета

УРТМ МГУ НИВЦ МГУ АИС "ОЛИМПИАДА" 24.03.2016 23:54:39



0 424499 270001

**42-44-99-27**

(1914)

42-44-99-27  
(191.4)

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 \_\_\_\_\_

задача 1.

$\Delta U = \frac{3}{2} kT$

$\frac{mv^2}{2} = \frac{mc^2}{2}$  — кин. энергия электрона

$qE = F_{\text{за}} = mg$

$qE$  — электрическое поле  
 $mg$  — энергия электрона

$\frac{3}{2} kT = \left(\frac{mv^2}{2}\right)$  средняя кин. энергия (если считать, что все электроны в металле имеют такую же кин. энергию)

$E_{\text{электрон}} = \frac{70 \text{ эВ}}{\frac{3}{2} kT} = \frac{70 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 310 \text{ К}}{\frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 310 \text{ К}} = 1$

1)  $\frac{70 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot \text{перемещение}}{\frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \cdot 310 \text{ К}} = 174,367 \text{ раз}$  (температура 300 К)

2)  $p_{\text{эл}} = m \cdot v$

$p_{\text{электрон}} = m \cdot v$

$p_{\text{эл}} = m \cdot \sqrt{\frac{2E_{\text{эл}}}{m}}$

$p_{\text{атомов}} = m \cdot \sqrt{\frac{3kT}{m}}$

средняя скорость атомов  $v = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$

$E_{\text{эл}} = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_{\text{эл}}}{m}}$

$k = \frac{p_{\text{эл}}}{p_{\text{атомов}}} = \sqrt{\frac{2E_{\text{эл}} \cdot m_{\text{эл}}}{3kT \cdot m_{\text{атомов}}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \cdot 310 \text{ К} \cdot 1,2 \cdot 10^{-25} \text{ кг}}}$

$k = 0,036$

Ответ: электроны в металле имеют кин. энергию в 24,5 раз меньше, чем атомы германия.

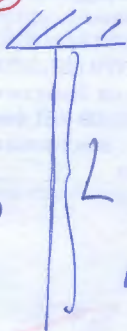
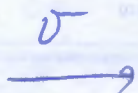
Отношение кин. энергии электронов к кин. энергии атомов германия = 0,036

1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0  
 8 | 3 | 1 | 6 | 5 | 2 | 1 | 0 | 2 | 3 | 7 | 5 | 7  
 (мельсает огуни)

Задача 2

$h = 5 \text{ м}$

$M = 40 \text{ кг}$



$d = 100 \text{ мм}$

$v = 20 \text{ км/с}$

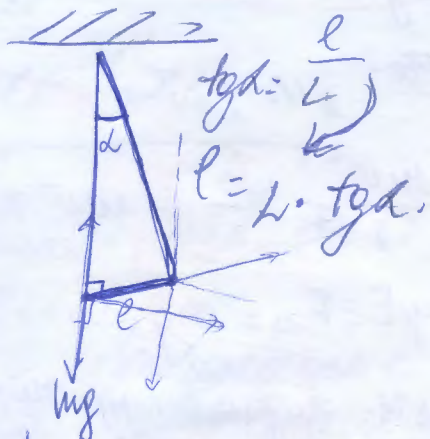
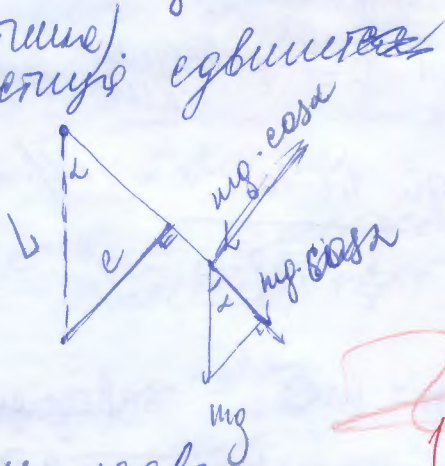
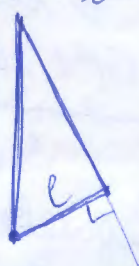
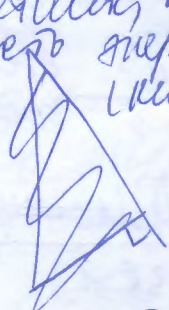
После удара:

$m \cdot v = M \cdot V_x$

$V_x = \frac{m \cdot v}{M}$  (скорость

отклон. маятника)

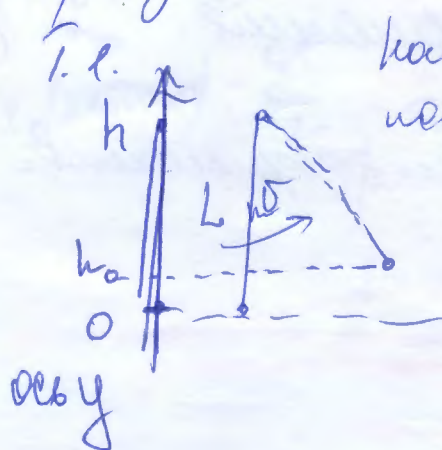
при упругом ударе часть энергии передается части маятника (кин.)



при абсолютно упругом ударе все ~~свой~~ все кинетическое маятника остается кинетическим маятника  $\Rightarrow$

$\Rightarrow V_x = \frac{m \cdot v}{M}$  - скорость, приобретает маятник.

Маятник стал обладать кинетической энергией, равной  $E = \frac{M V_x^2}{2}$ ; когда он останавливается, все кин. энергие переходит в потенциальную.



найдем высоту  $h_0$  на которую поднимается маятник.

$\frac{M V_x^2}{2} = M g h_0$

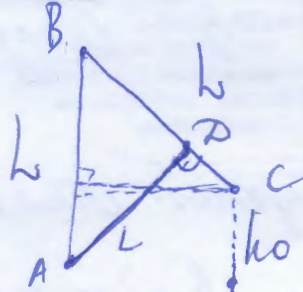
$\Rightarrow h_0 = \frac{v_x^2}{2g} = \frac{m^2 v^2}{M^2 2g}$

задача №3 решим:

~~$\rho = 4 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$~~

~~$h = 1,75 \text{ м}$~~

~~$\rho_{\text{жидк}} = 2330 \text{ кг/м}^3$~~



~~Движение ее частицы будет~~

$h_0 = \frac{m \cdot v^2}{m \cdot g}$    
 где  $m$  — масса тела,  $v$  — скорость,  $g$  — ускорение свободного падения.   
 найдем  $h_0$

нам надо найти вертикальную проекцию отклонения  $e$ .

$\triangle ADB \sim \triangle CLB$   
 $\triangle ADB = \triangle CLB$

$\Rightarrow l = h_0 \cdot \cos \alpha$   
 теорема Пифагора:  $l = \sqrt{L^2 - (L - h_0)^2}$

$e = \sqrt{L^2 - (L - \frac{m \cdot v^2}{m \cdot g})^2} \Rightarrow e =$

$m = \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot \rho = \frac{4}{3} \pi d^3 \cdot \rho$   
 $= \frac{\rho \pi d^3}{6}$ ;  $m = 4,08 \cdot 10^{-15} \text{ кг} = 4,08 \cdot 10^{-18} \text{ кг} + 16$

~~$e = 0,58$~~

$h_0 = 2,08 \cdot 10^{-37} \text{ м}$  и  $h_0$  чрезвычайно мала, будем считать ее равной нулю.

$e \approx 0$ . Горизонтальное отклонение  $\approx \sqrt{\frac{h_{01}}{h_{02}}} = \dots$

При прохождении горизонтальной волны  $\lambda_0 = 10^{-17} \text{ м}$   $v_0 =$  длина волны  $\Rightarrow \lambda$ .   
 в вакууме скорость волны  $= c$ .

$\rho c^2 E$    
 $E = h \nu = \frac{h c}{\lambda} = \frac{M v^2}{2}$  (переходить в м. мерки)  
 $\nu = \frac{c}{\lambda}$

$\frac{h c}{\lambda} = \frac{m_0 c^2}{2} = m g h_0$    
 тело (маленькое)   
 $h_0 = \frac{h c}{\lambda \cdot m g}$  (вертикальное отклонение)

$$h_0 = \frac{hc}{\lambda \cdot mg} = \frac{hc}{\lambda_0 mg} = 5 \cdot 10^{-11} \text{ м.}$$

$h_0 = 5 \cdot 10^{-11} \text{ м.}$

Кривизн. отклонение =  $\sqrt{L^2 - (L - h_0)^2} \approx 0$ .

Если всё -таки авиатора предположим, что найдём некую  $h_0$  - и есть отклонение

1, 2  $\frac{h_{02}}{h_{0волны}} = \frac{2,085 \cdot 10^{-27}}{5 \cdot 10^{-11}} = 4,2 \cdot 10^{-17}$

то есть волна возмущает сильнее в  $\sqrt{10^{26}}$  раз больше, чем начальный

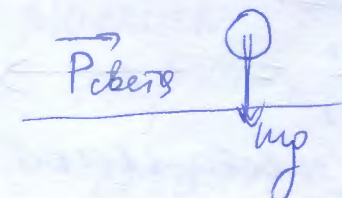
Ответ:  $\lambda_0 = 2,085 \cdot 10^{-27} \text{ м.}$

$k = \sqrt{\frac{\lambda_{02}}{\lambda_{01}}} = \sqrt{4,2 \cdot 10^{-27}} = 6,5 \cdot 10^{-14}$

Задача №3

Траектории частиц

будет выглядеть так:

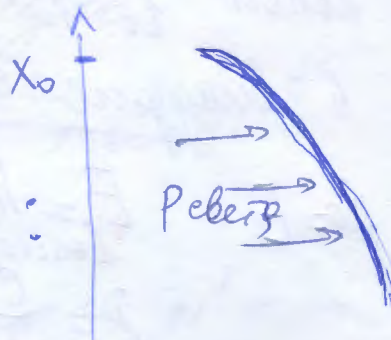


т.е. давление света будет сильнее (давление света будет сильнее) и частица при этом падать будет свободно

$x = x_0 + v_0 t + \frac{gt^2}{2}$

$x = x_0 (\text{начальн.}) - \frac{gt^2}{2}$  : вернётся в точку

Траектории частиц будет выглядеть так



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 \_\_\_\_\_

$$h\nu = \frac{m_0 c^2}{2} \quad \sigma_{\text{эл}} = c.$$

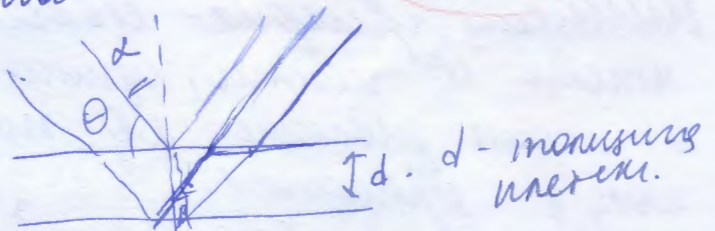
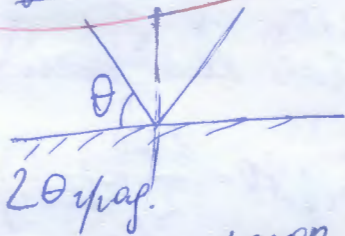
$$h\nu = \frac{m_0 c^2}{2}$$

$$\nu = \frac{m_0 c^2}{2h} = 6,18 \cdot 10^{19} \text{ Гц.}$$

Ответ:  $\nu$  (частота =  $6,18 \cdot 10^{19}$  Гц.  
волнов)

Задача №7

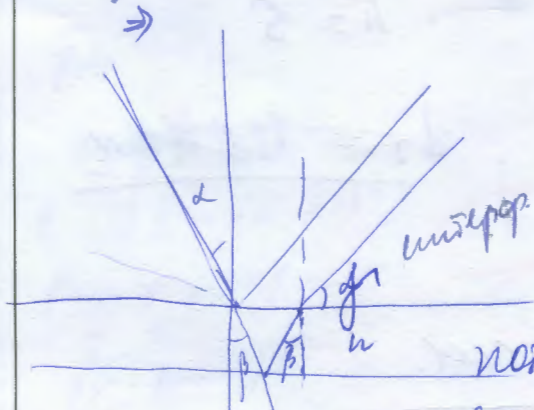
~~Фотонная~~



коэффициент отражения

= отношение энергии отраж. луча к энергии пад. луча.  $R = \frac{\sin^2 \alpha - n^2 \sin^2 \beta}{\sin^2 \alpha + n^2 \sin^2 \beta}$

где  $n$  - показатель преломления пленки.  
в максим, когда  $\sin \beta = 1$ , отражение будет  
максимальным, т.е. у пленки более  
высокий показатель преломления,  
луч не выйд. (полное внутр.  
отражение)



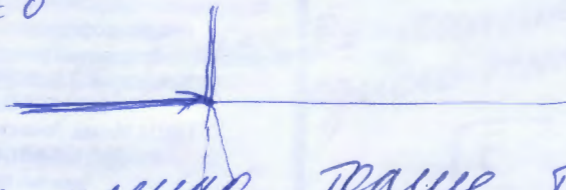
$$\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{1}{n} \quad \text{при } \sin \alpha = 1, \quad \alpha = 90^\circ;$$

$$n \cdot \sin \beta = 1 \quad \sin \beta = \frac{1}{n}$$

(на графике там выскочит)

потому что в тонкой пленке  
происходит интерференция, наблюдается  
 $\Delta$  максимумы и все минимумы

когда  $2\theta = 0$



1) Чем меньше расстояние, тем хуже будет интерферировать проходящий через нее свет, а это значит, что минимумов/максимумов графика будут идти сходящимися амплитуду.

значит, верхний край  $d = 10 \text{ мкм}$ .  
 Нижний край - самая толстая.  
 чтобы ее найти, нужно взять одно и то же значение  $2\theta$ , посмотреть, как от нее зависит  $d$ .

$$d_1 \cdot \sin\left(90 - \frac{2\theta}{2}\right) = (2m+1) \frac{\lambda}{2}$$

$2\theta = 2,8 \text{ град.} = 4,9 \cdot 10^{-3} \text{ рад}$   
 длина волны:  $\lambda = 6 \cdot 10^{-5} \text{ м}$   
 $\lambda_1 = \lambda_2$  (длина волны)

$$d_1 \cdot \sin \alpha = d_2 \cdot \sin \alpha$$

$$\frac{d_1}{(2m+1)} = \frac{d_2}{(2n+1)}$$

$$k_1 \sim (2m+1) \frac{\lambda}{2} \sim 2m+1$$

$$k_2 \sim (2n+1) \frac{\lambda}{2} \sim 2n+1$$

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{(2n+1)}{(2m+1)} = \frac{k_2}{k_1} = \frac{6 \cdot 10^{-5}}{10^{-3}}$$

$m = 9$   
 $n = 5$

$$d_2 = \frac{10^{-3} \cdot d_1}{6 \cdot 10^{-5}} ; \quad d_2 = 166,7 \text{ нм}$$

$d_2 = 12,3$

Ответ:  $d_2 \approx 12,3 \sim 15 \text{ нм}$ .

тогда  $\lambda \approx 7,05 \cdot 10^{-10} = 0,7 \text{ нм}$ . Очень малая длина волны.  
 Вероятно, самая маленькая длина волны которую можно



но  $d \sin \frac{\pi}{2} = \frac{2m+1}{2} \lambda = \frac{\lambda}{2}$  где  $m=0$

$$d = \frac{0,7 \text{ мч}}{2 \rightarrow 1} \approx 0,35 \text{ мч.}$$

10

Ответ: ну при любой окружности  $d \approx 0,35$  мч.

Задача N8

$h = 4 \text{ мч. } P = 40 \text{ Вт.}$

$\lambda = 1 \text{ мч.}$

$\eta = 1 + 10^{-21} \text{ рад.}$

оставшиеся

~~$\frac{L_1}{L_0} = \frac{1 + 10^{-21}}{1}$~~

$\frac{L_1}{L_0} = \frac{1 + 10^{-21}}{1}$

$P = 40 \text{ Вт} = \Phi$

$I = \frac{\Phi}{2S} = \frac{40 \text{ Вт}}{\pi R^2} = \frac{40 \text{ Вт}}{\pi \cdot (10^{-6})^2} = 1,273 \cdot 10^{13}$

Ответ:  $I = 1,273 \cdot 10^{13} \text{ Вт/м}^2$

2

Задача 2

$m \cdot v = M \cdot V_x$

$V_x = \frac{m v^2}{M}$

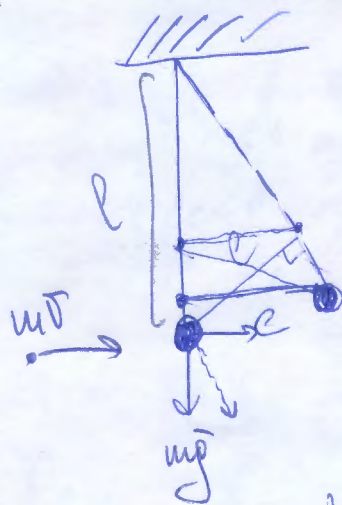
AS

по геог. теор:

$l = \sqrt{L^2 - (L - h_0)^2}$

$l \approx 0, \text{ мч.}$

~~Р. ответ~~



маленький приобретает мч. энергию =  $\frac{m v_x^2}{2}$

до достижения амплитуды

$v_{\text{амп}} = 0$

$v_{\text{амп}} = v_{\text{от}}$

$\frac{m v_x^2}{2} = m g h$

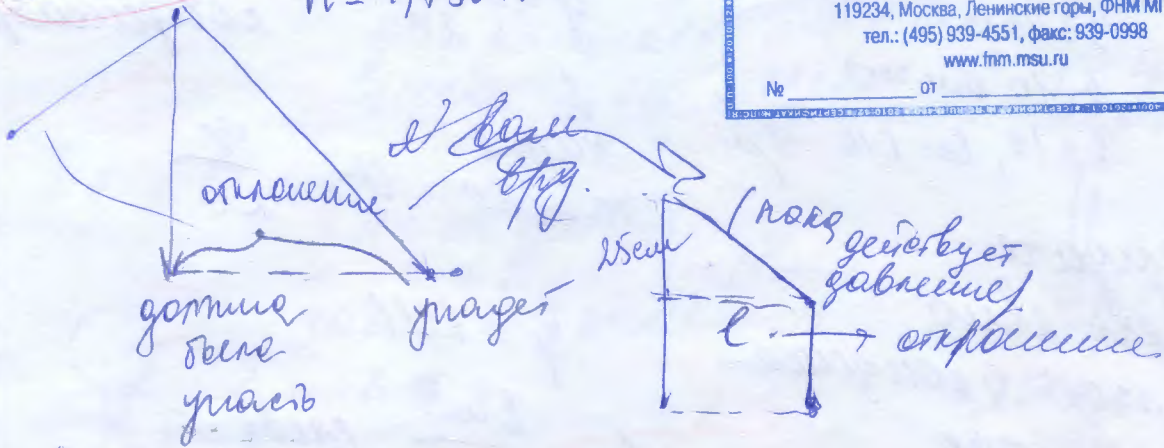
и тогда малюшка =

$= \frac{v_x^2}{2g} = 2,085 \cdot 10^{-37} \text{ м}$



Продолжили  
задача №3

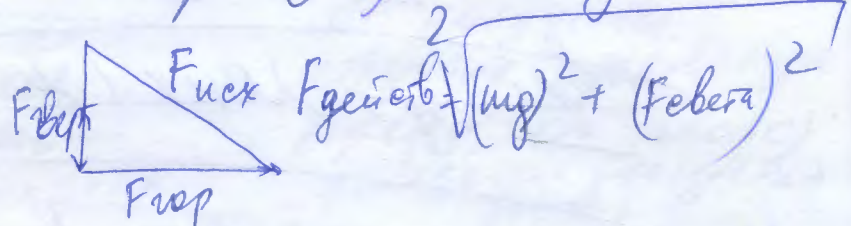
$h = 1,75 \text{ м.}$



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

Пусть давление  
света давит на  
всю поверхность  
частицы.

Тогда  $F_{\text{продолит}} = P_{\text{л}} \cdot 4\pi R^2$   
 $F_{\text{прод}} = 4\pi R^2 p$   
 $F_{\text{вес}} = mg = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 g$

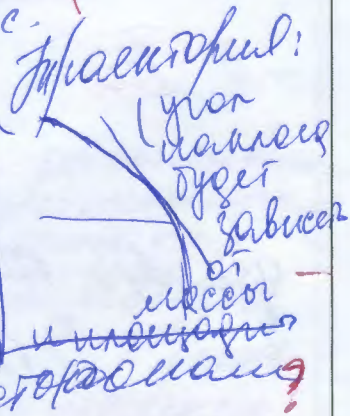


Найдем

$h = 1,75$ .  $h = h_0 - \frac{gt^2}{2}$   
 $h = 0$ ,  $h_0 = \frac{gt^2}{2}$ ,  $t = \sqrt{\frac{2h_0}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,75}{10}} = 0,5916 \text{ с.}$

$h = 1,75 - 0,25 = h_0 - \frac{gt^2}{2}$

$F = \sqrt{(mg)^2 + (F_{\text{еб}})^2} = 3,5 \cdot 10^{-21} \text{ Н}$   
 $mg = 1,525 \cdot 10^{-21} \text{ Н.}$   
 $F_{\text{еб}} = 3,14 \cdot 10^{-21} \text{ Н.}$



Силы пропорциональны  
 $\Delta$  треугольника, который еще образует.

$\Rightarrow \frac{25}{mg} = \frac{F_{\text{л}} \cdot x}{F_{\text{еб}}} \Rightarrow x = 51,48 \text{ см.}$   
 Ответ:  $l \approx \text{удлин.} = 51,5 \text{ см.}$

задача №4

$d = 200 \text{ см}$   
 $S = 4 \text{ см}^2$   
 $\rho = 10^7 \text{ Ом}\cdot\text{м}$   
 $\epsilon = 10, \epsilon_0 = 8 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$

Решение:

$q_{\text{пл}} = \frac{q^2}{2\epsilon}$  ← энергия конденсатора  
 ↓  
 энергия пл. конден.  $U = \frac{q^2}{2\epsilon}$

в задаче  
 нет явно  
 указ о конденса-  
 торе

$q = 2\epsilon U$   
 $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$  ← емкость конденсатора

~~$q = 2 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф/м}}{\text{м}} \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$   
 $\frac{200 \cdot 10^{-9} \text{ м}}{200 \cdot 10^{-9} \text{ м}} = 3,2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$~~

Ответ:  $q = 3,2 \text{ нКл}$  (это намоточка)

Малое ток утечки зарядов: R карбоны кристаллического

~~$R = \rho \frac{l}{S}$      $I = \frac{U}{R}$  (по закону Ома)~~

$\Rightarrow I = \frac{q}{R} = 2 \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \cdot U = 2 \cdot \frac{10 \cdot 8 \cdot 10^{-12} \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{200 \cdot 10^{-9}} \cdot 10$   
 $\cdot 10^{-3} \text{ В}$

$q = 1,6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$

45

Ответ:  $q = 1,6 \text{ нКл}$

$I = \frac{U}{R}; R = \rho \frac{l}{S}$      $I = \frac{U \cdot S}{\rho \cdot l}$      $\rho$  — ток, ток или др,  $\rho$  — удельное сопротивление  
 $10 \cdot 10^{-3} \text{ В} \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$      $\rho$  — сопротивление на 2

$I = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{10^7 \cdot 200 \cdot 10^{-9}} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ А}$     25

Ответ:  $I_{\text{max}} = 2 \text{ мкА}$

задача №5

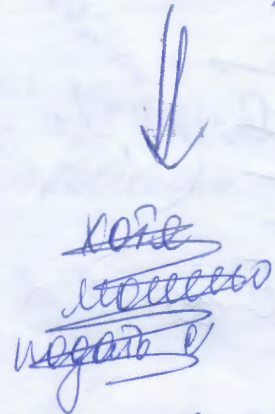
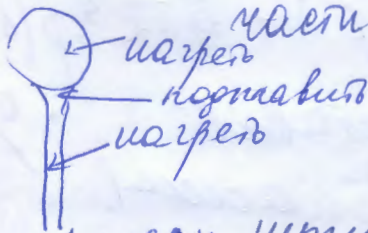
Решение:

Точка = 300к.

Путь от земли  
подружье и улучшение  
до расшавки шарики,  
число от отлет.

(если шарик  
весь расшавка,  
то будет плохо).

Т.е. в Q (пути не нагрев шарика)  
и не в Q (не изменение  
частоты его осевания)



лазеру лучше тереть где:

- а) на срезах
- б) куда-куда портатив.

(если расшавка  
сферическая  
и не получите  
структур излучения  
сверху, что плохо)  
(шарик расшавка  
это).

судя по  
картинке,  
лучше лазером  
лучше должно  
улучшаться завися  
от Δz)

r = 125 мм,  
тогда лучше  
его осевание  
будет сильно  
лучше.

насадка - цилиндр.

r цилиндра ~ 30-20 мм.

В цилиндре =  $\pi r^2 d = d$  диаметр

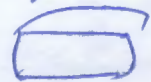
расшавка  
небольшую  
его осевание  
цилиндра

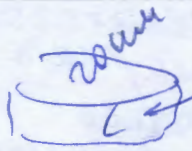
$$E_{лазера} = \Delta Q_{нагр} + \Delta Q_{плав} + F \cdot S$$

$$E_{лазера} = \left( \pi R^2 \cdot d + \frac{4}{3} \pi R^3 \right) \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta T +$$

$$+ \left( \pi R^2 d + \frac{4}{3} \pi R^3 \right) \rho \cdot \lambda$$

F · S (но перешоу  
насадка  
вверх).





толщина  
длина

$$m = \rho_{\text{алюб}} \cdot \pi R^2 \cdot \frac{1}{10} d \cdot \rho \cdot \lambda$$

предположим  
 $\rho = \frac{1}{10} \rho$

$$F \cdot S = m \cdot g = (\Delta z - d)$$

масса  
или  
высота  
цилиндра

$$F = \left( \pi R^2 d + \frac{4}{3} \pi R^3 \right) \rho \cdot g \cdot \lambda + \pi R^2 \cdot \frac{1}{10} d \cdot \rho \cdot \lambda + \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot \rho (\Delta z - d)$$

$F \approx 2,2 \cdot 10^{-11}$  Дж / подставив  
все значения

При другой оценке получается  
что  $F \approx 0,02$  нДж, что и очень  
большое число, а, значит, такой  
способ создания нанокосмолу  
довольно перспективен. **5**

~~Задача №6.~~

~~$\mu \cdot \rho_0 \cdot E^2 = \rho \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot h = \frac{\mu \cdot \rho_0 \cdot E^2}{\epsilon \cdot \epsilon_0} \Rightarrow 1 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн} \cdot \text{м}}{\text{м}} \cdot \frac{1}{10^9} \text{В}^2/\text{м}^2$~~

~~$h = 9,8 \cdot 10^{-11}$  Гл. — алюминий  $8 \cdot 10^{-12} \text{Гл} / \text{м} \cdot 16$~~

Задача №6.

$$B = E \sqrt{\mu_0 \epsilon_0 \epsilon'} = 1,26 \cdot 10^{-4} \text{Тл.}$$

$$B = 1,26 \cdot 10^{-4} \text{Тл.}$$

25.

$$h\nu = E$$

$$\rho = \frac{E}{h}$$

$E$  волны  
или  
столбовая волна = или  
 $E$  электронов.  
Столбовая волна ее столбиком  
 $\rightarrow h\nu = E_{\text{волн}} = h\nu$

$\Rightarrow h\nu = E_{\text{волн}} = h\nu$