



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант № 3

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Ломоносов“

по физике

Бондаренко Алексея Александровича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
« 21 » февраля 2020года

Подпись участника
Алекс (Бондаренко А.А.)

61-04-76-36
(66.26)

Задача 2.4.3

Дано

- $T = 373 \text{ K}$
- $h = 0,35 \text{ м}$
- $\Delta h = 0,05 \text{ м}$
- $\Delta m = 1 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$
- $S = 100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$
- $P_0 = 10^5 \text{ Па}$
- $\mu_n = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$
- $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
- $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

по уравнению Менделеева - Клапейрона (для горизонтального и вертикального наклонений цилиндра):

(1): $P_0 S h = \nu R T$; ν - кол-во ^{вещества воздуха} (сжатого)

давление в этом количестве равно атмосферному, т.к. цилиндр не закреплен и не давит на газ;

(2) ~~...~~

давление насыщенного пара при $T = 373 \text{ K}$ равно ~~нормальному~~ атмосферному (P_0), соответственно по закону Давидсона давление во втором случае $P_2 = P_0 + \frac{Mg}{S}$

будет складываться из давления воздуха и давления насыщенного водяного пара (т.е. они могут конденсироваться)

запишем уравнение Менделеева - Клапейрона для вертикального наклонения:

(2): $(P_0 + \frac{Mg}{S}) S (h - \Delta h) = (\nu_1 - \frac{\Delta m}{\mu_n}) RT$
объем во втором положении

вычитая (1) из (2):

$-P_0 S \Delta h + Mg \Delta h - Mg \Delta h = -\frac{\Delta m}{\mu_n} RT$

$M(g \Delta h - g \Delta h) = P_0 S \Delta h - \frac{\Delta m}{\mu_n} RT$

$M = \frac{P_0 S \Delta h - \frac{\Delta m}{\mu_n} RT}{g(h - \Delta h)} = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 \cdot 0,05 \text{ м} - \frac{10^{-4} \text{ кг}}{18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 373 \text{ К}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} (0,35 \text{ м} - 0,05 \text{ м})}$
 $\approx 10,9 \text{ кг}$

Ответ: 10,9 кг

Вопрос: Температура кипения - это та температура, при которой давление насыщенного пара совпадает с атмосферным. (поэтому вода при нормальных условиях кипит при 100°C , когда ~~её~~ давление её насыщенного пара равно 10^5 Па)

Чем выше давление, тем выше температура кипения.

Задача 4.10.3

Дано

$d = 24 \text{ см}$

$L = 6 \text{ см}$

$h = 2 \text{ см}$

F

по формуле тонкой линзы:

(1) $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$, где f - расстояние от линзы до изображения (до экрана с четким изображением);

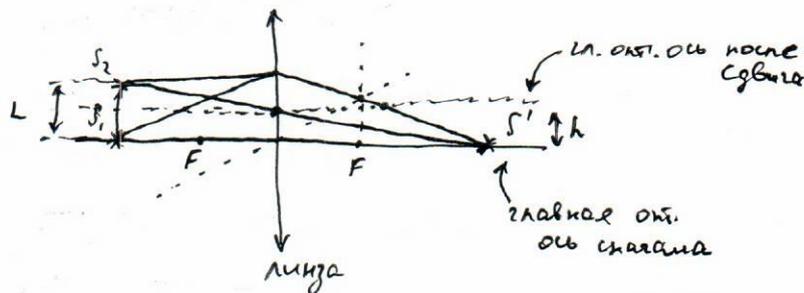
из-за того, что после сдвига источника в направлении, перпендикулярном главной оптической оси, то d и F не изменились $\Rightarrow f$ тоже не изменится;

линзу тоже сдвигаем перпендикулярно главной оптич. оси.

Γ - увеличение; $\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{H'}{h'}$, где H' и h' - высоты (размеры) изображения и источника соответственно;

после сдвига изображение источника находится на расстоянии h от главной оптич. оси $\rightarrow H' = h$;

а источник после сдвига находится на расстоянии L и h , так линзу и источник сдвигаем в одном и том же направлении (это видно из рисунка ниже):



$h' = L - h$

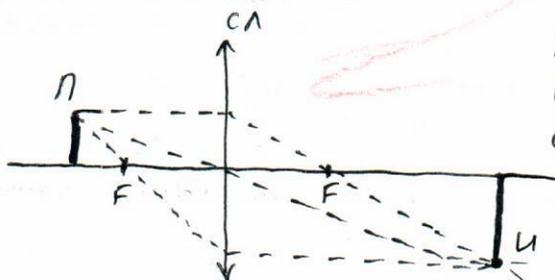
$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{H'}{h'} = \frac{h}{L-h} = \frac{2 \text{ см}}{6 \text{ см} - 2 \text{ см}} = \frac{1}{2} \Rightarrow f = \frac{d}{2}$

подставим в (1):

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{2}{d} = \frac{3}{d} \Rightarrow F = \frac{d}{3} = \frac{24 \text{ см}}{3} = 8 \text{ см}$

Ответ: 8 см

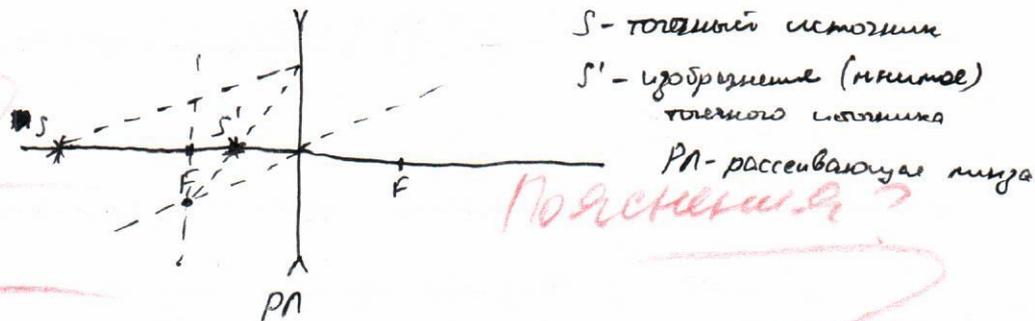
Вопросы:



П - предмет
 И - изображение
 СП - собирающая линза

Нет ответа в формулах

61-04-76-36
(6.6.26)

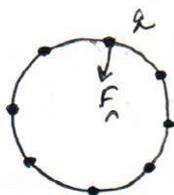


S - точечный источник
S' - изображение (мнимое) точечного источника
RP - рассеивающая линза

Поясните...

Задача 3.7.3

Дано
 $m = 10 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$
 $q = 10^{-7} \text{ Кл}$
 $B_0 = 100 \text{ Тл}$
 $n = 8$
N - ?



~~кольцо равномерно вращается на заряде будет действовать сила Лоренца $F_L = v \times B$, где v - скорость вращения,~~

~~на кольцо действуют силы Кулона и сумма всех остальных зарядов, проекция которой на ось, инвариантную с движением заряда, равна 0;~~

~~кольцо втягивание магнитного поля заряд будет ^{разнонаправлен}, т.к. превращает действующую $F_L \Rightarrow$ количество зарядов, прошедших за единицу времени через кольцо - либо по той траектории вращения кольца будет ^{увеличиться}~~
 \Rightarrow возникает $\mathcal{E}_{\text{св}} = \frac{L \Delta I}{\Delta t}$, где L - индуктивность, ΔI - изменение силы тока, Δt - время изменения

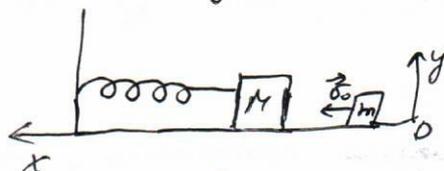
Индуктивность - это коэффициент пропорциональности магнитного потока и силы тока, measured через контур.

$$\Phi = LI; L = \frac{\mu_0 N^2 S}{d}$$

Задача 1.1.3

Дано
 $t = \frac{2}{J} T$

$n = \frac{M}{m} - ?$



по ЗСЧ:

$$\text{на ось } O_x: m v_0 = M v_2 - m v_1$$

где v_0 - скорость m до удара
 v_1 - скорость m после удара
 v_2 - скорость M после удара

по ЗСЭ:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{M v_2^2}{2} + \frac{m v_1^2}{2}$$

после того, как энергия большого бруска стала $\frac{M v_2^2}{2}$, она перешла в потенциальную энергию пружины, которая

сохраняется на $at \Rightarrow \frac{Mv_2^2}{2} = \frac{k\delta x^2}{2}$, где k - жесткость пружины

$$\delta x = v_2 \sqrt{\frac{M}{k}}$$

уравнение координаты для колеблющегося бруска M из положения равновесия:

$x = a \sin \omega t$, где ω - угловая скорость (если координата 0 в положении равновесия)

$\omega = \frac{2\pi}{T}$, где T - период колебаний

$$x\left(\frac{2}{3}T\right) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{2}{3}T\right) = a \sin\left(\frac{4\pi}{3}\right) = -a \sin\frac{\pi}{3} = -\frac{\sqrt{3}}{2} a = -\frac{\sqrt{3}}{2} v_2 \sqrt{\frac{M}{k}}$$

а расстояние, которое пройдёт брусок m за $\frac{2}{3}T$ равно $s = \frac{2}{3}T v_1$,

а по условию их координаты совпадают в этот момент времени \Rightarrow

$$\frac{2}{3}T v_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} v_2 \sqrt{\frac{M}{k}}; \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$\frac{2\pi}{3} \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot v_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} v_2 \sqrt{\frac{M}{k}} \Rightarrow v_2 = \frac{8\pi}{3\sqrt{3}} v_1, \text{ подставим это в ЗСЧ:}$$

$$m v_0 = M v_1, \frac{8\pi}{3\sqrt{3}} m v_1 - m v_1, \text{ заменим } M = km, \text{ тогда}$$

$$m v_0 = km v_1, \frac{8\pi}{3\sqrt{3}} m v_1 - m v_1 \rightarrow v_0 = v_1 \left(\frac{8\pi h}{3\sqrt{3}} - 1 \right), \text{ подставим в ЗСЧ:}$$

$$m v_1^2 \left(\frac{8\pi h}{3\sqrt{3}} - 1 \right)^2 = km \left(\frac{8\pi}{3\sqrt{3}} v_1 \right)^2 + m v_1^2$$

$$\frac{64\pi^2 h^2}{27} - \frac{16\pi h}{3\sqrt{3}} + 1 = \frac{64\pi^2 h}{27} + 1$$

$$\frac{64\pi^2 h}{27} = \frac{64\pi^2}{27} + \frac{16\pi}{3\sqrt{3}}$$

$$\frac{4\pi h}{27} = \frac{4\pi}{27} + \frac{1}{3\sqrt{3}}$$

$$h = 1 + \frac{27}{3\sqrt{3} \cdot 4\pi} = 1 + \frac{3\sqrt{3}}{4\pi} = \frac{4\pi + 3\sqrt{3}}{4\pi} \approx 1,4$$

Ответ: $\frac{4\pi + 3\sqrt{3}}{4\pi} \approx 1,4$

Вопрос: Потенциальная ~~энергия~~ определяется работой ~~сил~~ ^{или} ~~сил~~ по перемещению этой энергии, взятая с противоположным знаком $E_n + A = 0$.

$E_{n1} = mgh$ - потенциальная энергия тела вблизи поверхности Земли, где

m - масса, g - ускорение свободного падения, h - высота над

$E_{n2} = \frac{k\delta x^2}{2}$ - потенциальная энергия ~~деформированной~~ ^{поверхности} деформированной пружины

k - коэффициент жесткости; δx - деформация.

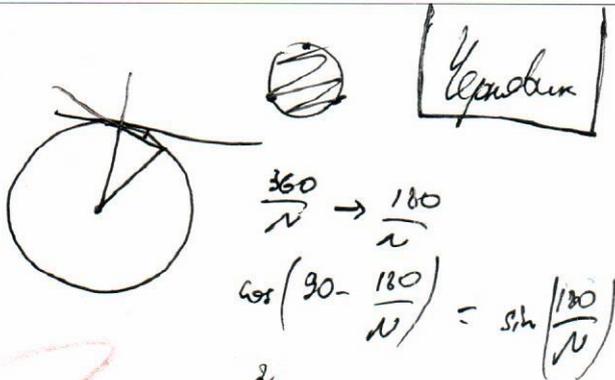
61-04-76-36

(66.26)

К задаче 3.7.3

Каждый заряд должен сдвигаться на расстояние, равное расстоянию между двумя соседними зарядами, для того, чтобы в итоге этого не было видно, $t = \frac{r}{v}$ (время между сдвигами)

$$\frac{25R}{vt} = v - \text{скорость движения бусинок}$$



$$\frac{360}{N} \rightarrow \frac{180}{N}$$

$$\cos\left(90 - \frac{180}{N}\right) = \sin\left(\frac{180}{N}\right)$$

$$k \frac{R^2}{4R^2 \sin^2\left(\frac{180}{N}\right)}$$

$$\sum_0^N k \frac{R^2}{4R^2 \sin^2\left(\frac{180}{N}\right)}$$

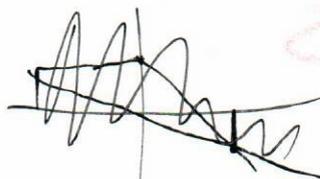
$$B_{\text{ср}} = \frac{k N q}{2R} = \frac{m q^2}{R}$$

$$\frac{45R}{N \cdot t} = \sigma$$

$$\frac{25R B_{\text{ср}}}{N t} = \frac{k N q}{2R} = \frac{45R^2 m}{N^2 2R}$$

~~$$\frac{45R B_{\text{ср}}}{N t} = \frac{k N q}{2R}$$~~

$$\frac{1 B_{\text{ср}} B_{\text{ср}} N}{2R} = \frac{k N^3 q}{2R} = \frac{256}{256} \frac{45R^2 m}{N^2 2R}$$



$$\frac{L \cdot I}{\sigma t}$$

$$\epsilon_s = \frac{B_{\text{ср}} R^2}{t}$$

$$I = \frac{B_{\text{ср}} R^2}{r} = \frac{q}{r}$$

$$q = \frac{B_{\text{ср}} R^2}{r}$$

$$\frac{N q}{N t} = I$$

$$\frac{25R}{N t} = \sigma$$

$$\frac{25R N t}{25R}$$

$$r = \frac{B_{\text{ср}} R^2}{q}$$

$P_0 h S = \sqrt{RT} = \frac{m_1 R T}{\mu} \quad (1) \quad \text{Черновца}$

$(P_0 + \frac{Mg}{S})(L - sh) S = \frac{(m_1 - sm) R T}{\mu}$

$P_0 h S - P_0 s h S + Mg h - Mg s h = \frac{m_1 R T}{\mu} - \frac{sm R T}{\mu} \quad (2)$

$-Mg h + P_0 s h S + Mg s h = \frac{sm R T}{\mu}$

$M(g h - sh) = \frac{sm R T}{\mu} - P_0 s h S = \frac{0,1 \cdot 9,8 \cdot 3 \cdot 373 \text{ k}}{18} - 10^5 \cdot \frac{100 \cdot 5}{10^4 \cdot 10^2} =$

$= 19,2 - 50 = -30,8$

$M = \frac{-30,8}{10(0,05 - 0,35)} = \frac{30,8}{3} \approx 10,3 \text{ k}$

4 180
5 110
12 80

377
x 23
754
1119
2564

1095,9 / 180
- 180
1295
- 1200
95

$\frac{10^{-4} \text{ m}}{10^3} = 10^{-7} \text{ m}^3 = 10^{-7} \text{ m}^3$

$\frac{10^{-4} \text{ m}}{10^3} = 10^{-7} \text{ m}^3 = 10^{-7} \text{ m}^3$

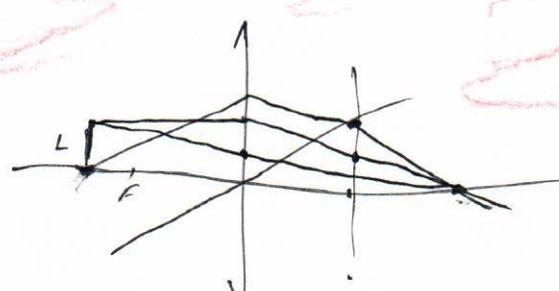


$\frac{m S R}{R} = B q$

$\frac{m S R}{N t R} = B q$

$\frac{25 \text{ k}}{N \cdot t} = \frac{25 \text{ k}}{N \cdot t} = S$

$N = \frac{25 \text{ m}}{t B q} = \frac{6 \cdot 10^{-6} \cdot 8 \cdot 10^5}{100 \cdot 10^{-5}} = 4,8 \cdot 10^5$



377
x 23
754
1119
2564
30959

~~$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f_1}$~~

~~$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f_1}$~~

$\frac{1}{d} = \frac{1}{h} = \frac{1}{L-h} = \frac{2}{6-2} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$

$2f_1 = d$

$f_1 = \frac{d}{2} = 10$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{2d} = \frac{3}{2d}$

$F = \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{2+1}{24}\right) = \frac{1}{12}$

Черновик

$$Mv_0 = -mv_1 + Mv_2$$

$$n = \frac{M}{m} \rightarrow M = nm$$

$$\frac{Mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{Mv_2^2}{2}$$

$$v_0 = -v_1 + v_2$$

$$v_2 = \frac{v_0 + v_1}{n}$$

$$nv_0^2 = mv_1^2 + \frac{nm(v_0 + v_1)^2}{n^2}$$

$$nv_0^2 = mv_1^2 + v_0^2 + 2v_0v_1 + v_1^2$$

$$\frac{2}{3}T = \frac{4}{3}\sigma\sqrt{\frac{Am}{k}}$$

$$\frac{4}{3}\sigma\sqrt{\frac{Am}{k}}v_1 =$$

$$nmv_2^2 = kx^2$$

$$kx = \sqrt{nmv_2^2}$$

$$v_0 = \frac{\sqrt{n-4}\sigma}{3}\sqrt{\frac{4}{3}}v_1 - v_1$$

$$x = at \sin \frac{2\pi}{T}t$$

$$x = at \sin \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{2}{3}T = 2t \sin \frac{4\pi}{3} = at \sin(\pi + \frac{2\pi}{3}) =$$

$$= -at \sin \frac{2\pi}{3} = -at \frac{\sqrt{3}}{2} =$$

$$\left(\frac{4}{3}\sigma\sqrt{n}\sqrt{\frac{4}{3}}v_1 - v_1\right)^2 = v_1^2 + \frac{4}{9}\sigma^2 n \left(\frac{4}{3}\sigma\sqrt{\frac{Am}{k}}\right)^2 v_1^2$$

$$\frac{4}{9}\sigma^2 n - \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{3}} = \frac{4}{9}\sigma^2 n^2$$

$$\frac{4}{3}\sigma v_1 = \sqrt{\frac{3nm}{4}} \cdot v_2$$

$$= \sqrt{\frac{3nmv_2^2}{4k}}$$

$$\frac{4}{9}\sigma\sqrt{n} - \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{4}{9}\sigma n\sqrt{n}$$

$$\frac{4}{3}\sigma \cdot \sqrt{\frac{4}{3n}} \cdot v_1 = \sqrt{2}$$

$$\frac{4}{9}\sigma\sqrt{n}(n-1) + \frac{1}{\sqrt{3}} = 0$$

$$\frac{4}{3}\sigma v_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} v_2$$

$$v_2 = \frac{8\sigma v_1}{3\sqrt{3}}$$

$$\frac{4\sigma\sqrt{n}(n-1)}{9} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$4\sqrt{3}\sqrt{n}(1-n) = 3$$

$$v_0 = \frac{8\sigma n v_1}{3\sqrt{3}} - v_1$$

$$\left(\frac{8\sigma n v_1}{3\sqrt{3}} - v_1\right)^2 = v_1^2 + \frac{64\sigma^2 v_1^2}{27}$$

$$\frac{64\sigma^2 n^2 v_1^2}{27} - \frac{16\sigma^2 n v_1^2}{3\sqrt{3}} = \frac{64\sigma^2 v_1^2}{27}$$

$$\frac{64\sigma^2 v_1^2}{27} (n^2 - n) = \frac{16\sigma^2 v_1^2}{3\sqrt{3}}$$

$$\frac{4\sigma n}{27} = \frac{4\sigma}{27} + \frac{1}{3\sqrt{3}}$$

$$n = 1 + \frac{3\sqrt{3}}{4\sigma} = \frac{4\sigma + 3\sqrt{3}}{4\sigma}$$

$$\frac{1}{2.5} = \frac{4}{10}$$