



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Олимпиада Ломоносов

по физике

Лопатина Владимира Андреевича

фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

выход 15.23-15.26 ✓ Проверил герб  
+ лист АК

Дата

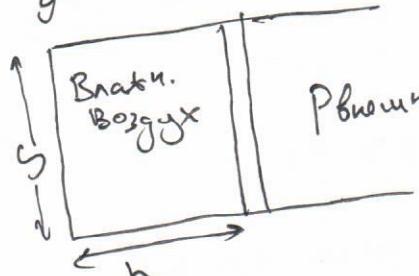
«21» февраля 2020 года

Подпись участника

Задача 2.4.2

Решение:

2) Внегоризонтальный поток в единице газа  
установившее равновесие (давление не меняется)  
и влаги.



$$\bullet P_0 \frac{Sh}{M} = \frac{m}{M} RT - \text{уп-е} \quad \begin{matrix} \text{ненефель} \\ \text{капельная} \\ \text{влаги} \end{matrix}$$

(2)

$$\bullet P_{\text{внешн}} = P_0 + P_{\text{бд}} = P_0 + \frac{\sqrt{R \cdot T}}{S \cdot h} \quad \begin{matrix} \text{1057A} \\ \text{1057A} \\ \text{+100°C} \end{matrix}$$

(1)

кон-бо  
моляр  
воздуха

внешний  
объем

Влажный воздух = пары + влаги

Газы

$P_{\text{внешн}}$

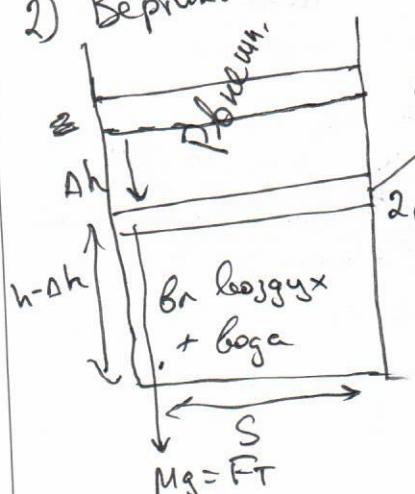
$P_0$

$P_{\text{бд}}$

$P_{\text{бд}}$

$\text{воздух}$

2) Вертик. поставки чистого



$$3 \text{ усб } \text{ иное равновесие} \quad V_2 \quad \begin{matrix} \text{но уп-е} \\ \text{меняется} \\ \text{капельная} \\ \text{влаги} \end{matrix}$$

$$(3) P_0 \cdot (h - \Delta h) \cdot S = \frac{m - \Delta m}{M} RT$$

$$\bullet F_T + P_{\text{внешн}} \cdot S = P_0 \cdot S + \begin{matrix} P_{\text{внешн}} \\ \text{(давление} \\ \text{воздуха} \\ \text{2)} \end{matrix} + P_{\text{бд}} \cdot S$$

$$M \cdot g + P_{\text{внешн}} \cdot S = P_0 \cdot S + \frac{\sqrt{R \cdot T} \cdot S}{S(h - \Delta h)} \quad (4)$$

решение включено систему из 4-х уравнений

$$(1) P_{\text{внешн}} = P_0 + \frac{\sqrt{R \cdot T}}{S \cdot h} \cdot S$$

$P_{\text{внешн}}$

$\sqrt{R \cdot T}$

$S$

$h$

$$(2) P_0 \cdot (h - \Delta h) \cdot S = \frac{m - \Delta m}{M} RT \quad \rightarrow m = \frac{P_0 \cdot S \cdot h \cdot M}{RT}$$

$$(3) P_0 \cdot S \cdot h = \frac{m}{M} RT$$

$$(4) M \cdot g + P_{\text{внешн}} \cdot S = P_0 \cdot S + \frac{\sqrt{R \cdot T} \cdot S}{S(h - \Delta h)} +$$

~~решение~~

~~• Поставлен (3) б (2)  $P_0 \cdot S \cdot (h - \Delta h) = m$~~  страница 3

~~• Поставлен (1) б (4)~~

~~Mg + S. (not)~~

• Поставлен (3) б (2)

$$P_0 \cdot S \cdot (h - \Delta h) = P_0 \cdot S \cdot h \cdot M$$

$$\frac{RT}{M} - \Delta m = RT =$$

$$= P_0 Sh - \frac{\Delta m}{M} RT \Rightarrow \frac{\Delta m}{M} RT = P_0 \cdot S \cdot \Delta h \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta h = \frac{\Delta m}{M} RT = \frac{1}{P_0 \cdot S} \quad \text{но нач. дано } \Delta m = 0,1 \text{ кг,}$$

$$\Delta h = \frac{0,1 \text{ кг}}{0,018 \text{ кг/моль}} \cdot 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot \frac{373 \text{ К}}{105 \text{ Н/А} \cdot 0,01 \text{ м}^2} = \frac{\text{нужно разобраться в предыдущем утверждении}}$$

$$= \frac{1}{10} \cdot \frac{1000}{18} \cdot \frac{83}{10} \cdot \frac{373 \cdot 100}{10^5} \text{ м} = \text{без } t = 100^\circ\text{C}$$

$$= \frac{83 \cdot 373}{1800} \text{ м} > 1 \text{ м, а у нас } h = 35 \text{ см} \quad T = t + 273 = 373 \text{ К}$$

Получаем  $M = 10 \text{ кг}$  - действительного очень тяжёлой порошкообразной, 270

$\Delta h = 35 \text{ см}$ , то есть получим

порошкообразную форму из стекла (погорючий пластик или гипс), но не получим  $M = 10 \text{ кг}$  - предположение ошибочно, не будем казарас

Ошибки: порошок смешался на  $\Delta h = 35 \text{ см}$ , то есть получим смешанную форму

всё вместе смешалось пока со всем

Вопросы:

1) Виды парообразование:

испарение - из жидкого в газообразное состояние

2) возгонка - из твёрдого в газообразное состояние

Некоторые вещества имеют жидкую фазу и сразу в газообразное состояние переходят

2) Условия парообразование

$$Q = m \cdot \frac{\Delta H}{L}$$

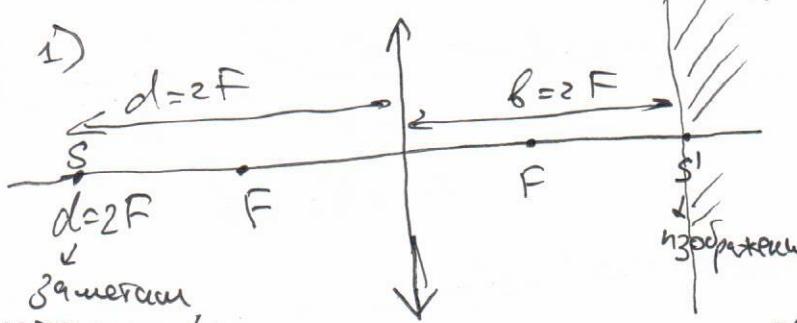
парообразование, измеренное в  $\frac{\text{Дж}}{\text{Кг}}$  и означает такое тепло, которое надо  $1 \text{ кг}$ , чтобы этот  $1 \text{ кг}$  вещества перешел в газообразное состояние

$$pV = \text{const}, p = \text{const}$$

4.10.2 Задача

Решение:

дано:  
 $F = 15\text{ см}$   
 $d = 30\text{ см}$   
 $L = 8\text{ см}$   
 $h = ?$



запись  
изображение  
находится в  
затенении  
образуется  
множе

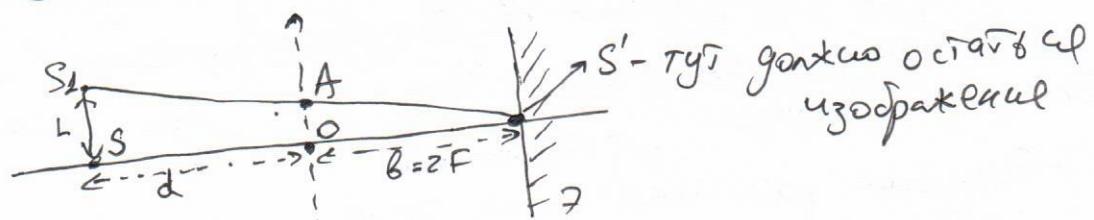
но оправдание  
лишь

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{b} \rightarrow b - \text{расстояние  
от линзы  
до изображения}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{d-F}{Fd} \Rightarrow b = \frac{F \cdot d}{d-F} = \frac{15 \cdot 30}{15} \text{ см} = 30 \text{ см} = d = 2F$$

• т.к. изображение на экране яркое, то он находится  
на расстоянии  $b$  от линзы тоже.

2) теперь у нас есть один источник на  
теперь  $S_1$  - новый  
источник и  $S$  -  
старый источник



лиша  
сдвиг  
Думай  
изображение

• Соединим точки  $S_1$  (когда уже построил) и  $S'$ .  
Как известно из построения хода лучей в линзах

$S, S'$  проходят через оптический центр линзы,

а т.к. мы линзу будем сдвигать вверх/вниз,  
(если влево/вправо, то изображение тоже сдвинется)

тогда точка А - оптический центр сдвинутой  
линзы, а точка О - центр старой линзы  $\Rightarrow$  тогда

из подобных треугольников  $S_1 S' S$  и  $A O S'$  (по двум углам:  $\angle S, S' O = \angle A O S' = 90^\circ$ )  $\Rightarrow$  из подобия этих треугольников

$$\frac{S'S}{OS'} = \frac{S_1S}{AO} \Rightarrow AO = \cancel{S'S} \cdot OS' \cancel{S_1S}$$

Справочник 4

$$\frac{SS}{OS'} = \frac{S_1S}{AO} \Rightarrow AO = \frac{OS' \cdot S_1S}{S'S} = \frac{b \cdot l}{d+b} = \frac{30 \cdot 8}{802} \text{ см} = \\ OS' + SO = d + b = 4 \text{ см}$$

- Если изогник сдвигнут вниз то и линзу надо сдвигнуть в то же направление на 4 см в таком же направлении, в котором сдвигнут изогник

Ответ: линзу надо сдвигнуть на 4 см в таком же направлении, в котором сдвигнут изогник

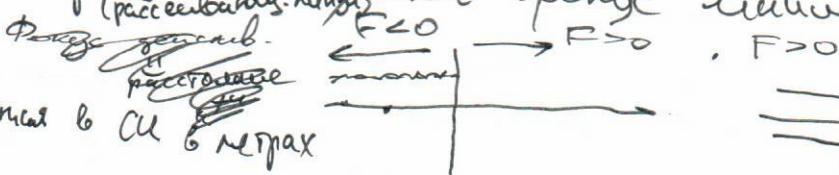
Вопросы:

1) Тонкий изогник имеет те же при использовании свойства, что и тонкая линза, но в котором изображение не выходит за пределы ~~расстояния~~ ~~изображения~~ ~~изогнико~~ ~~изогника~~.

2) Фокусное расстояние - это характеристика линзы. ~~второго~~ ~~содержащего~~ ~~второе~~ ~~содержащее~~ Все лучи из линзы через фокус проходят

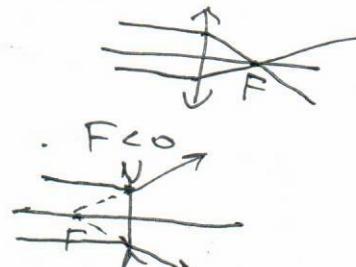
2). Фокусное расстояние  $(F)$  обозначение от линзы, в котором находится фокус (то есть точка через которую проходит все лучи - если он действительный или ~~продолжение~~ ~~последний~~ луч - если фокус мнимый).

- тогда фокус действительный (здесь содержатся лучи), или действительный (рассеивающая линза) если фокус мнимый.



Изменяется в ~~ли~~ ~~6~~ метрах

Через фокус проходят лучи параллельные ~~уравнение~~ оптической оси.

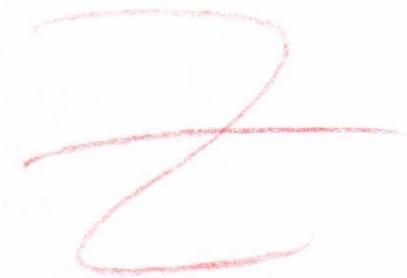
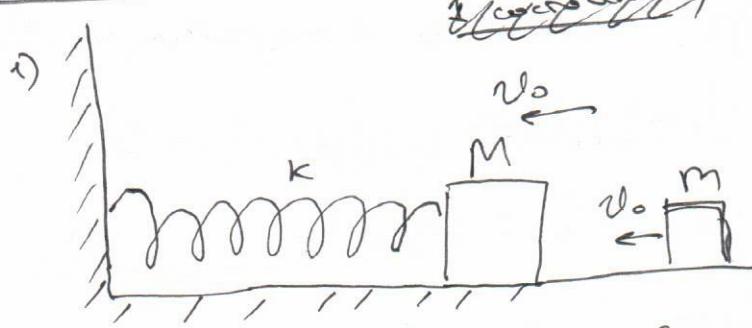


- Отрицательная сила тяжести ( $D$ ) — измеряется в си в деонтрех (дмтр) и рабочая  $D = \frac{1}{F}$ , где  $F$  — проекция расстояния.
- Если лиза содержит изгиб  $\Rightarrow D > 0$ , если  $D < 0$ .
- Тогда величина показывает силу тяжести  $D \rightarrow 0$ , значит  $F$  очень большое.

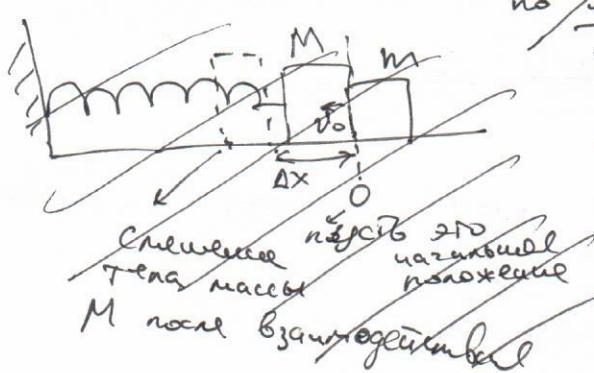


### Задача 1.1.2

Решение:



2) Взаимодействие (столкновение)



~~no ЗСУ:~~

$$m v_0 = M v_1 + m v_2$$

после взаимодействия

~~автоматическое сближение~~  
~~после взаимодействия~~  
~~—  $Kx = M \cdot a$~~   
~~—  $F_{возд} = M \cdot a$~~   
~~следование~~  
~~при взаимодействии~~  
~~(воздействующее сила)~~

~~$M a + K x = 0$~~

~~$M \ddot{x} + K x = 0$~~

~~$\ddot{x} + \frac{K}{M} x = 0 \Rightarrow x = \sqrt{\frac{K}{M}} t + C$~~

ур-е гармонического колебания

$$\Rightarrow x = A \sin\left(\sqrt{\frac{K}{M}} t + \varphi\right)$$

↑

$$x = A \sin\left(\sqrt{\frac{K}{M}} t\right) =$$

Был мигновенным  
(иначе не  
стеснится)  
 $\Delta x = 0$

страница 63) по ЗСУ:

$$m\ddot{v}_0 = -m\ddot{v}_2 + M\ddot{v}_1 \quad \begin{array}{l} \text{знак отриц т.к. движ в против. стороны} \\ v_0, v_2, v_1 > 0 \end{array}$$

$$\therefore \text{но ЗСУ: } \frac{m\dot{v}_0^2}{2} = \frac{m\dot{v}_2^2}{2} + \frac{M\dot{v}_1^2}{2} \quad \begin{array}{l} \text{знак перед } v_1 \text{ т.к. его направление} \\ \text{согласовано с } v_0 \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} v_2 = m\dot{v}_0 - M\dot{v}_1 \quad \begin{array}{l} \text{было небольшое} \\ \text{сдвиг } \Rightarrow \frac{kx^2}{2} = 0 \end{array} \\ \frac{m\dot{v}_0^2}{2} = n^2 v_1^2 - v_0^2, \text{ где } n = \frac{M}{m} \end{array} \right.$$

$$\frac{m\dot{v}_0^2}{2} = \frac{(n^2 v_1^2 - v_0^2)m}{2} + \frac{M\dot{v}_1^2}{2}$$

решение  $\Rightarrow$   ~~$v_1 = \sqrt{\frac{m\dot{v}_0^2 - M\dot{v}_1^2}{n^2}}$~~

$$m\dot{v}_0^2 = m(n^2 v_1^2 - v_0^2) + M\dot{v}_1^2$$

$$\dot{v}_0^2 = (n^2 v_1^2 - v_0^2) + n^2 v_1^2 = n^2 v_1^2 - 2n^2 v_1 v_0 + v_0^2 + n^2 v_1^2$$

$$\Rightarrow 0 = (n^2 + n)v_1^2 - 2n^2 v_1 v_0 \quad (\text{вычитаем } n^2)$$

$$0 = n(n+1)v_1 - 2n^2 v_1 v_0 \Rightarrow 0 = (n+1)v_1 - 2v_0$$

$$\Rightarrow v_1 = \frac{2}{n+1}v_0 \Rightarrow v_2 = n^2 v_1 - v_0 = \frac{2n}{n+1}v_0 - v_0 =$$

$$= v_0 \left( \frac{2n}{n+1} - 1 \right) = v_0 \left( \frac{2n-n-1}{n+1} \right) = v_0 \left( \frac{n-1}{n+1} \right) +$$

4) Теперь мы можем найти А - Amplitude, т.к.  
но ЗСУ

~~$$\text{const} = \frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2} \quad \text{это уравнение для засечки}$$~~

$$\text{const} = \frac{kx^2}{2} + \frac{Mv^2}{2} = \frac{Mv_1^2}{2} \quad \text{это скорость полета}$$

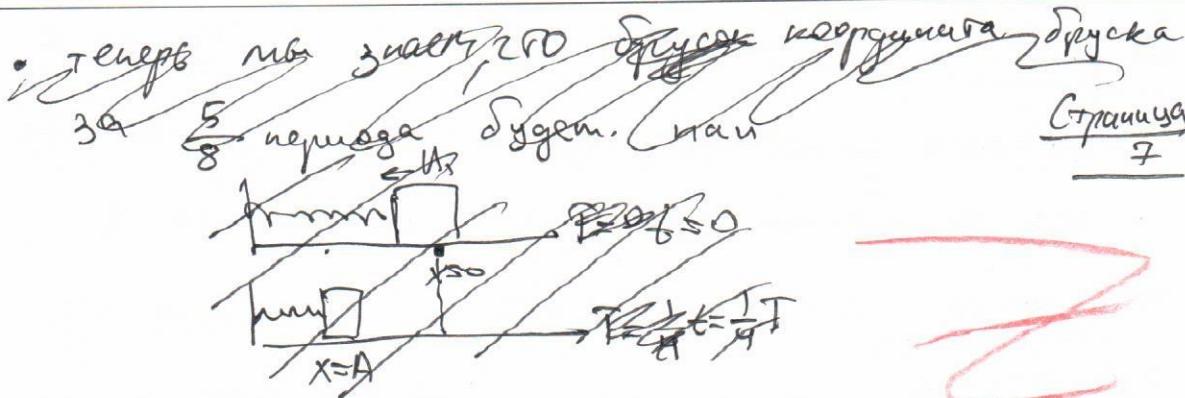
третье  
общая  
коинцидент  
системы

$$v=0, \text{ чтобы найти } x_{\max} = A$$

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{Mv_1^2}{2} \Rightarrow kx^2 = Mv_1^2 \Rightarrow x = A = \sqrt{\frac{Mv_1^2}{k}} = \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot v_1 =$$

$$= \sqrt{\frac{m}{K}} \cdot \frac{2}{n+1}v_0 \Rightarrow \text{Пружина движется по закону}$$

$$x = A \sin \omega t = \sqrt{\frac{M}{K}} \cdot \frac{2}{n+1}v_0 \sin(\sqrt{\frac{k}{m}} t)$$



5) мы знаем, что через  $t = \frac{5}{8}T$  тело ~~встретится~~ встече с ~~все координата зовется~~  
 $\Rightarrow$  все координата зовется бруска массы  $M$  совпада с расстоянием, пройденным телом массы  $m$  за  $t = \frac{5}{8}T$

$$\text{т.к. } T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{M}}} = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}} \Rightarrow t = \frac{5}{8}T = \frac{5}{8}\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$= \frac{5}{8} \cdot 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{5}{4}\pi\sqrt{\frac{M}{k}} \Rightarrow \text{получаем, что через}$$

$t = \frac{5}{8}T$  координата бруска <sup>массы  $M$</sup>  будет будем равна по модулю

$$|X| = \left| \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \frac{2}{n+1} V_0 \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M}} \cdot \frac{5}{4}\pi \cdot \sqrt{\frac{M}{k}}\right) \right| =$$

$$= \left| \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \frac{2}{n+1} V_0 \sin\left(\frac{5}{4}\pi\right) \right| = \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \frac{2}{n+1} V_0 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\pi}{5}\sqrt{\frac{2M}{k}} \cdot \frac{V_0}{n+1}$$

$$= \frac{2\pi\sqrt{2M}}{K} \cdot \frac{1}{n+1} V_0$$

• замечаем, что за  $t = \frac{5}{8}T$  наше тело массы  ~~$m$~~

$$\text{проехал тоже } |X| = t \cdot V_2 = \frac{5}{8}T \cdot V_2 = \frac{5}{4}\pi\sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \frac{V_0(n-1)}{n+1}$$

теперь приравняем оба расстояния  
(расстояния бруска массы  $M$   
и расстояние, пройденное телом массы  $m$ )

$$\sqrt{\frac{2M}{K}} \cdot \frac{1}{n+1} V_0 = \frac{5}{4}\pi\sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \frac{V_0(n-1)}{n+1}$$

$$\frac{4}{5} \cdot \sqrt{2} = n-1 \Rightarrow n = \frac{4}{5}\sqrt{2} + 1$$

14

Ответ:  $n = \frac{4}{5}\sqrt{2} + 1$

Вопросы:Страница 8

1) Какие колебания называются гармоническими?

- это колебание, которое вспомогаются

из <sup>закону</sup> <sup>Напишем</sup>  $x = A \sin(\omega t + \varphi)$  или  $x = A \cos(\omega t + \varphi)$

<sup>зап</sup>  $\omega = \sqrt{\frac{K}{M}}$ , то есть начальные условия состоят

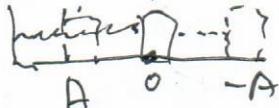
из пружины и тела массы  $M$

•  $x = A \sin(\omega t + \varphi)$ , где  $A$  - амплитуда,  $\omega$  - цикл. частота,  $\varphi$  - фаза.

2)

- Амплитуда - это максимальное отклонение ?

тела <sup>при гармонических</sup> ~~о гармонических~~ колебаниях



пример при гармонических колебаниях

$$x = A \sin(\omega t + \varphi)$$

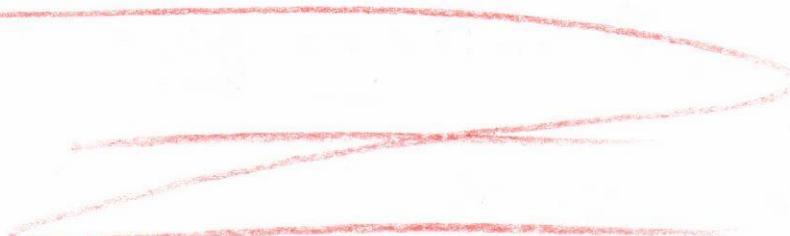
это наим. Амплитуда,  
когда max знач sin $\varphi$  или  
cos $\varphi$  равно 1.

- Фаза - это такое значение, которое характеризует положение тела в начальный момент времени, или в  $t = 2\pi/n$  в момент времени, когда  $t = 2\pi/n$ , не  $\pi$ .

Получаем если  $x = A \sin(\omega t + \varphi)$ , то

фаза показывает такое значение  $X$ , когда  $t = 2\pi/n$ ,  
то если  $x = A \sin(\varphi)$ , или  $x = A \cos(\varphi)$ .

Задача №3.7.2 выполнена на  
два листах



Задача №3.7.2СправочнаяРешениеДано:  $N=100$ ;  $q=10^{-7}$  кН;  $M=10\text{мГ}$ ;  $h=8$ Решение:~~1 по 2 закону Ньютона~~

$$\bullet \cancel{F_A = m \frac{v^2}{R}} \Rightarrow v = \cancel{\frac{qRB}{m}} \frac{qRB}{m}$$

$$\bullet F_A = 0, \text{ т.к. } \vec{B} = 0$$

~~•  $2\pi R$  - длина дуги  $\Rightarrow \frac{2\pi R}{N} = l$  - расстояние между соседними бусинами~~

$$\bullet S = v \cdot t \Rightarrow t = \frac{S}{v} = \frac{l}{v} = \frac{2\pi R \cdot m}{N \cdot qRB} - \text{это время,}$$

за которое бусина проходит расстояние  $l$  - пересчитав

$$n = \frac{1}{t} - \text{коэффициент}$$

 $\Downarrow$ 

$$n = \frac{1 \cdot N q B}{2\pi \cdot m} \Rightarrow B = \frac{n \cdot 2 \cdot \pi \cdot m}{N \cdot q} = B_0 =$$

$$\approx \frac{8 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \text{ кН}}{100 \cdot 10^{-7} \text{ кН}} = \frac{8 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 10^{-5}}{10^{-5}} \text{ Т} = 16 \cdot 3,14 \text{ Т} = 50,24 \text{ Т}$$

 $1 \text{ мГ} = 10^{-3} \text{ Г} = 10^{-6} \text{ кН}$ 

$$(8) = 50,24 \text{ Т} \quad (\text{если брать } \pi \text{ за } 3,14)$$

~~Ответ:  $B_0 \approx 50,24 \text{ Т}$  - при этом значение колебалось~~~~будет оставаться неизменным~~Вопросы:

Закон электромагнитной индукции, если

~~закон электромагнитной индукции~~  $E = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

у нас возникает напряжение  
у нас изменяется поток, то

создается такое же ~~такое же~~  $E_{инд}$ , чтобы не было напряжения.

? У нас изменяется ~~поток~~ поток, то возникает  $E_{инд}$   
против ~~изменения потока~~ изменения потока.

Полученное напряжение потоком создается электрическим током.

Подтверждение:  $B = \Phi / S \Rightarrow$  если  $\Phi$  изменяется то  $B$  изменяется  $\Rightarrow$  получаем  $E_{инд}$ .

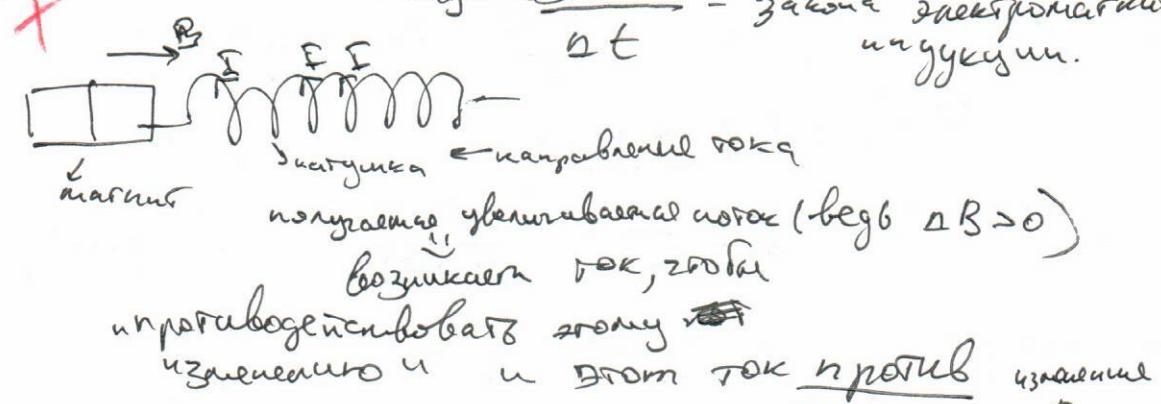
• Правило Ленца -

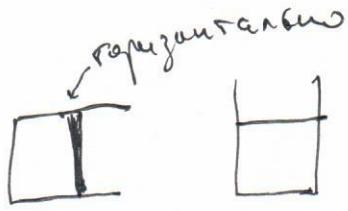
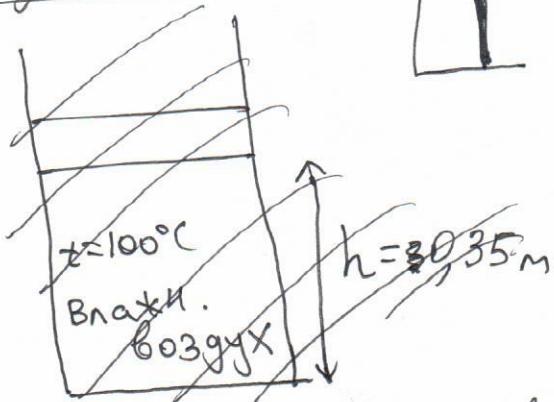
Справочник

Если у нас магнитное поле (то есть неизменное магнитное поле или  $S$ ), то против изменения возникает электрический ток, а значит появляется  $E_{\text{нущ}}$ . Правило Ленца как раз объясняет, почему если " $-$ " знак в орбитальне

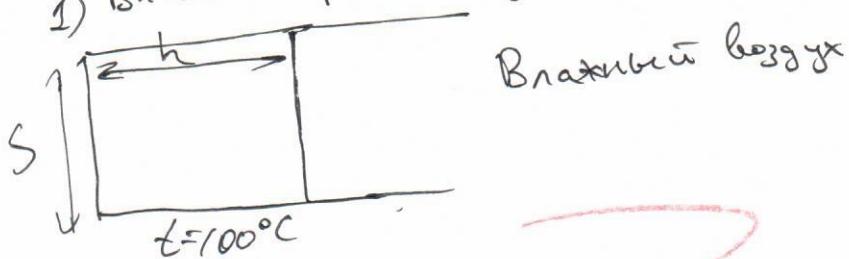
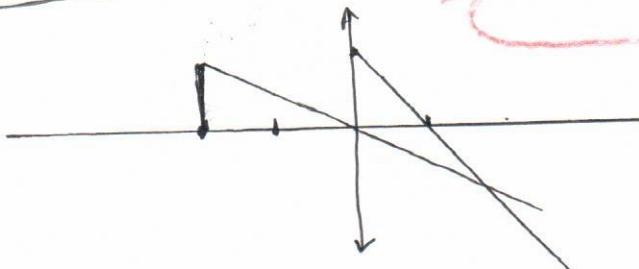
$$E_{\text{нущ}} = \frac{\Theta}{Bt}$$

- закона электромагнитной индукции.



ЧерновикЗадача 2.4.2

1) Влажный пар не учитывается - установившееся состояние

Задача 4.10.2

1 м  
0,1 м - 1 см  
 $10^{-2} \text{ м} = \text{см}$

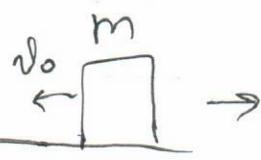
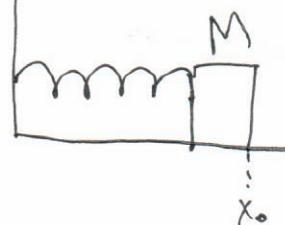
$$0^{-3} \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 373 \\ \times 83 \\ \hline 11119 \\ 2984 \\ \hline 30959 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 314 \\ \times 16 \\ \hline 1884 \\ 314 \\ \hline 5024 \end{array}$$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Черновик



$$\frac{m v_0^2}{2} +$$

