



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Петров Илья Григорьевич**

Класс: 11

Технический балл: **89**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9496875

	1	2	3	4	Σ
Задача	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>5</i>	89
Вопрос	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>9</i>	

Задача 1.3.1.; Чистовик

Вариант №2

①

Дано:

$M = 1 \text{ кг}$

$N = 2 \text{ Вт}$

$n = 3$

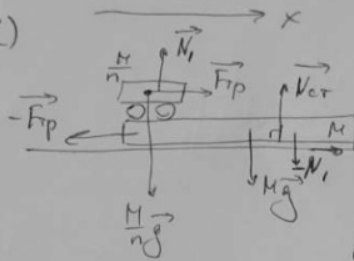
$\mu = 0,3$

$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Найти:
 $x = ?$

Решение:

1)



Мощность определяется как сила тяги, которую развивает двигатель, умноженную на скорость, с которой

двигается автомобиль при движении без проскальзывания. Скорость авт-ля при

движ. без пр-я равна скорости вращения его колёс, а сила тяги при этом равна силе трения, действующую на колёса и заставляющую его авт-ль двигаться. Тогда $N = F_{тр} \cdot v_{вр}$;

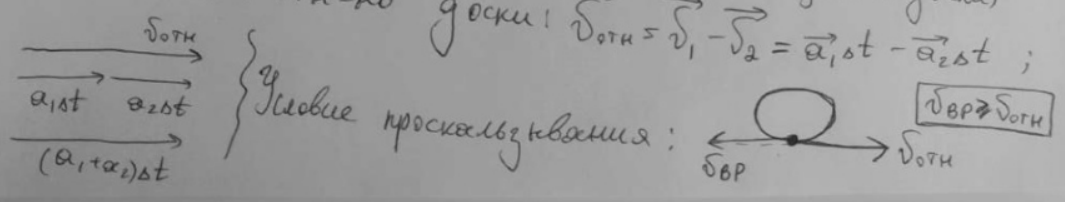
$v_{вр}$ - скорость вр-я колёс, $F_{тр}$ - формально эта сила трения покоя, но мы рассм-ем случай скольжения и прекращения этого скольжения. Тогда $F_{тр} = \mu \cdot N_1$;

$N_1 = \frac{M}{n} g$ (по вертикали автомобиль не дв-ся)

ох: $F_{тр} = \mu N_1 = \mu \frac{M}{n} g = \frac{M}{n} a_1 \Rightarrow a_1 = \mu g$ (уск-е автомобиля)

$-F_{тр} = -\frac{M}{n} g = -\mu \frac{M}{n} g = M a_{2x} \Rightarrow a_2 = \frac{\mu g}{n}$ (направлено влево, уск-е доски)

Скорость авт-ля отн-но доски: $\vec{v}_{отн} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2 = \vec{a}_1 t - \vec{a}_2 t$;



Истовик

②

Книжная точка колеса уа-ет в постр-ом
двигат-ии колеса, и вего вращ-ом движении.

Если $v_{вр} \geq v_{отк}$, то есть пр-е; при равенстве
прескальзывание прекращается (т.к. $v_{отк} \uparrow$).

Пусть в момент вре спустя время τ пр-е прекр-осъ
тогда: $v_{вр} = (a_1 + a_2) \tau$;

$$a_{отк} = a_1 + a_2 \text{ (отк- уск-е адм-ля отк-но гуски)}$$

$$X = \frac{a_{отк} \tau^2}{2} = \frac{(a_1 + a_2)}{2} \cdot \frac{v_{вр}^2}{(a_1 + a_2)^2} = \frac{v_{вр}^2}{2(a_1 + a_2)} = \frac{N^2}{\left(\frac{M}{n}g\right)^2 \cdot 2 \cdot \mu g \left(1 + \frac{1}{n}\right)}$$

$$X = \frac{N^2}{2 \mu g \frac{3M^2}{n^2} \left(1 + \frac{1}{n}\right)} = \frac{4 \text{ Вт}^2}{2 \cdot \frac{3^3 \cdot 10^3 \cdot \frac{4 \text{ м}^2}{\text{с}^2}}{9} \cdot \left(1 + \frac{1}{3}\right)} = \underline{\underline{0,5 \text{ м}}}$$

Ответ: $X = 0,5 \text{ м}$.

Задача 2.2.1

Дано:

$$m = 5 \text{ т}$$

$$V = 1 \text{ л}$$

$$t = 100^\circ \text{C}$$

$$S = 0,01 \text{ м}^2$$

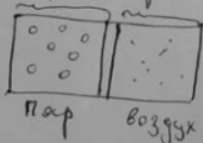
$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$p_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$X = ?$$

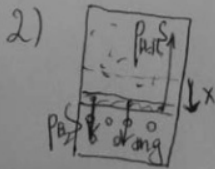
Решение:

1) Касты, пар при $t = 100^\circ \text{C}$ (Темп. кипения воды)
имеет давление, равное атм-дау, т.е. $p_{к.п.} = p_0$.

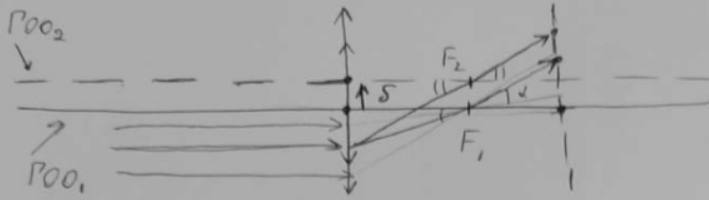


при гор-ой ориентации сосуда
давления пара и воздуха равны:

$$p_{в.} = p_{к.п.} = p_0; \text{ Морг.-ки.-ок: } p_{в.} V = \nu R T;$$



Т.к. пар снизу, он сжимается \Rightarrow т.к.
 $T = \text{const}$, $V \sim \nu_{\text{пар}}$ (пар конденсируется),



Поскольку $\delta \neq 0$,
 лучок не пройдет
 совпадая с R_{00} ,
 и P_{001} .

1) Оптическая сист. имеет \bar{z} или п. каждого тела, вх-ных в сист. луч

3 $C = \frac{1}{F}$

Фокус-се расст-е - расст-е от центра до фокуса линзы
 Опт. сила линзы - обратная F $D = \frac{1}{F}$ одна диоптрия - опт. сила линзы
 $C F = 1 \text{ м}$.

3) абс. вла-ть - плотность водяных паров (ρ) при
 данной температуре. ($\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$)

относ-ть $\phi = \frac{\rho}{\rho_s}$ парц-е давление водяных паров к давлению
 насыщ-го пара при данной T , выраж-е
 в %

4)

Черновик

(11)

для системы: $\vec{F}_{\text{внешн}} \Delta t = \Delta \vec{p}_{\text{сист}};$
 $\left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{\text{внешн}} \leftarrow \text{сумма внешних сил, действующих на систему.} \\ \text{(векторная)} \end{array} \right.$

Полная Зонен сохр-я или-ся имеет; если равнодействующая всех сил, приложенных к телу, равна нулю (Тело свободно), то ~~измеряется то импульс~~

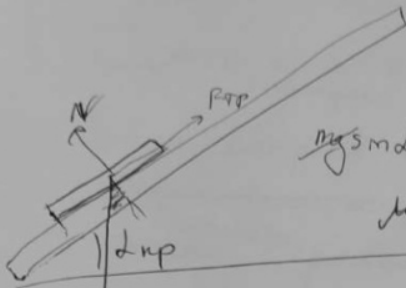
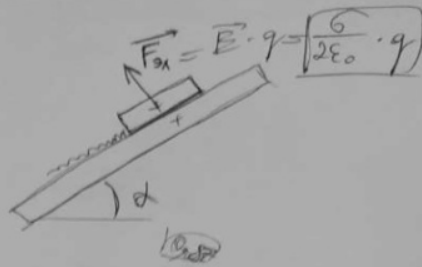
Черновик

(12)

Черновик

(13)

$F_{TP}(x)$



$$mg \sin \alpha \cdot \mu = \mu mg \cos \alpha$$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\mu = \tan \alpha = \tan(30^\circ) = \frac{1}{\sqrt{3}}$$



$$\sigma = \frac{m}{l}$$

$$v^2 = \mu l g \cos \alpha + 2 g l \sin \alpha = l g \sin \alpha + 2 g l \sin \alpha = 3 g l \sin \alpha$$

$$F_{TP}(x) = \mu \sigma x g \cos \alpha$$

$$v_{max} = \sqrt{3 g l \sin \alpha}$$

$$m g l \sin \alpha$$

$$-\frac{1}{2} \cdot l \cdot \mu M g \cos \alpha = \frac{1}{2} m v^2 + 0 - m g l \sin \alpha$$

$$l + B = 0$$

$$v_{max} = l \cdot \sqrt{\frac{\mu g \cos \alpha}{l}}$$

$$l g \sin \alpha - \mu \sigma x g \cos \alpha = \max \quad v = v$$

$$l g \sin \alpha = \mu \sigma x g \cos \alpha + m \ddot{x}$$

$$x(0) = 0$$

$$v(t) = l \sin(\omega t) \cdot \omega$$

$$v_{max} = A \omega$$

$$B = -l$$

$$l \omega$$

$$g \sin \alpha = \mu \frac{x}{l} g \cos \alpha + \ddot{x}$$

$$x(t) = l + A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t)$$

$$\mu \frac{x}{l} g \cos \alpha - g \sin \alpha = \ddot{y} \quad \ddot{y} = \mu \frac{g \cos \alpha}{l} x$$

$$l - l \cos(\omega t) + A \sin(\omega t)$$

$$y(t) = A \sin \omega t + B \cos \omega t$$

$$y + \frac{\mu g \cos \alpha}{l} x = 0$$

$$x(t) = \frac{l \sin \alpha}{\mu \cos \alpha} + (A \sin \omega t + B \cos \omega t) \frac{\mu g \cos \alpha}{l} \cdot \left(x - \frac{l \sin \alpha}{\mu \cos \alpha} \right) = 0$$

$$\frac{\mu g \cos \alpha}{l} y + \ddot{y} = 0$$

$$A = 0$$

Чистовик

(3)

при этом он остаётся на высоте h т.е. $p_{\text{поверх}} = p_{\text{ниж}} = p_0$; т.к. поршень в равновесии:

$$p_{B_2} S + mg = p_{\text{ниж}} S \Rightarrow p_{B_2} + \frac{mg}{S} = p_0;$$

$$p_{B_2} \cdot V' = p_0 V; \Rightarrow \frac{p_0 V}{V'} + \frac{mg}{S} = p_0;$$

$$V' = V + \underbrace{X \cdot S}_{\Delta V}; \quad \frac{p_0 V}{V + XS} = p_0 - \frac{mg}{S} \Rightarrow V + XS = \frac{p_0 V}{p_0 - \frac{mg}{S}};$$

$$XS = \frac{p_0 V}{p_0 - \frac{mg}{S}} - V = V \cdot \left(\frac{p_0 - p_0 + \frac{mg}{S}}{p_0 - \frac{mg}{S}} \right) = \frac{V \cdot \frac{mg}{S}}{p_0 - \frac{mg}{S}};$$

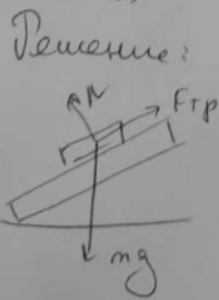
$$X = \frac{mg \cdot V}{S \cdot (p_0 S - mg)}; \quad X = \frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3}}{0,01 \cdot (10^5 \cdot 0,01 - 5 \cdot 10^{-2})} = \frac{1}{190} \text{ м} \approx 5,3 \text{ мм}$$

Ответ: $X \approx 5,3 \text{ мм}$.

P.S.: Даю, что это мало, но сравнимо с высотой той части, где находится пар (0,1 м), т.е. пар весом скажем не может, т.к. объём воды в этом случае мал и поршень должен сдвинуться на куда большее расстояние, ~~где~~ ($X \approx 5,3 \text{ мм}$).

Задача 3.5.1.

Дано:
 $m = 0,1 \text{ кг}$
 $\alpha_{\text{пр}} = 30^\circ$
 $\sigma = +3,4 \text{ мкКл/м}^2$
 $q = +3,4 \text{ мкКл}$
 $\epsilon_0 = 9 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

 $\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = ?$


Решение: 1) Известно, что $\mu = \text{tg} \alpha_{\text{пр}}$:

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha; \quad \text{при } \alpha_{\text{пр}}: mg \sin \alpha = F_{\text{тр}}$$

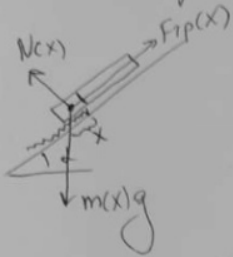
$$mg \sin \alpha_{\text{пр}} = \mu mg \cos \alpha_{\text{пр}}$$

$$\mu = \text{tg} \alpha_{\text{пр}}$$

Чистовик

(4)

2) Рассмотрим движение пластины в том случае:



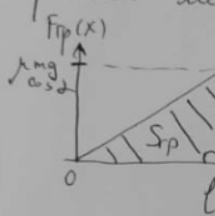
Пусть на шероховатой части оказался кусок пл-ки длиной x , тогда:

$$F_{\text{тр}}(x) = \mu N(x); \quad N(x) = m(x)g \cos \alpha;$$

$$F_{\text{тр}}(x) = \mu m(x)g \cos \alpha; \quad m(x) = m \cdot \frac{x}{l},$$

l - длина всей пластины; \uparrow т.к. однородна.

$F_{\text{тр}}(x) = \mu g \cos \alpha \cdot m \frac{x}{l} = \mu mg \cos \alpha \cdot \frac{x}{l}$; видно, что сила трения линейно зависит от x , тогда $A_{\text{тр}} = -S_{\text{тр}}$:



$$S_{\text{тр}} = \frac{1}{2} \mu mg \cos \alpha \cdot l \quad (A_{\text{тр}} = -S_{\text{тр}}, \text{ т.к. } A_{\text{тр}} < 0, \text{ а } S_{\text{тр}} > 0)$$

$$A_{\text{тр}} = -\frac{1}{2} \mu mg l \cos \alpha;$$

$$A_{\text{тр}} = E_2 - E_1 = \frac{m \delta_1^2}{2} + 0 - (0 + \underbrace{mg l \sin \alpha}_{\substack{\text{пот-ая} \\ \text{ЭН-я}}})$$



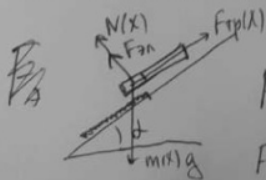
Тогда: $\frac{m}{2} \delta_1^2 = mg l \sin \alpha - \frac{1}{2} \mu mg l \cos \alpha;$

$$\boxed{\delta_1^2 = 2gl \sin \alpha - \mu gl \cos \alpha;}$$

($E_n = 0$ прикинано в ц.м. пластины при её штикем пол-ки)

3) Если пластина и нить заряжены, то на пл-ку со стороны нити действует $F_{\text{эл}}$ (как от бесконечно заряженной плоскости);

$F_{\text{эл}} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot q(x)$ направ-на перпенд-но плоскости нити и пластине. Значит $\vec{F}_{\text{эл}} \perp \vec{v} \Rightarrow F_{\text{эл}}$ не сов-ет работу.



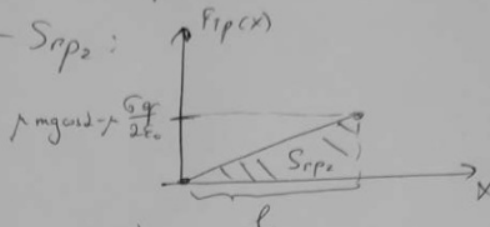
$$F_{\text{тр}}(x) = \mu N(x); \quad N(x) + F_{\text{эл}} = m(x)g \cos \alpha;$$

$$F_{\text{тр}}(x) = \mu m(x)g \cos \alpha - \mu F_{\text{эл}} = \mu mg \cos \alpha \frac{x}{l} - \mu \frac{\sigma}{2\epsilon_0} q(x);$$

Чистовик

5

$$F_{TP}(x) = \frac{x}{l} \cdot (\mu mg \cos \alpha - \mu \frac{\sigma q}{2\epsilon_0});$$

Аналогично, $A_{TP} = -S_{TP2}$:

$$A_{TP} = -\frac{1}{2} \cdot l \cdot (\mu mg \cos \alpha - \mu \frac{\sigma q}{2\epsilon_0}) = \frac{m \sigma_2^2}{2} - mgl \sin \alpha;$$

$$\frac{m}{2} \sigma_2^2 = mgl \sin \alpha - \frac{1}{2} \mu \sigma q \cos \alpha + \frac{1}{2} \mu l \frac{\sigma q}{2\epsilon_0};$$

$$\sigma_2^2 = 2gl \sin \alpha - \mu g \cos \alpha + \mu l \frac{\sigma q}{2\epsilon_0 m};$$

$$\left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1}\right)^2 = \frac{2gl \sin \alpha - g \cos \alpha + \mu l \frac{\sigma q}{2\epsilon_0 m}}{gl \sin \alpha} = 2 \cdot 1 + \frac{\mu \sigma q}{2\epsilon_0 mg \sin \alpha};$$

$$\left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1}\right)^2 = 1 + \frac{\sigma q}{2\epsilon_0 mg \cos \alpha}; \rightarrow \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1}\right)^2 = 1 + \frac{1}{\sqrt{3}} \rightarrow \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \sqrt{1 + \frac{1}{\sqrt{3}}};$$

Ответ: в $\sqrt{1 + \frac{1}{\sqrt{3}}}$ раз
 $\approx \sqrt{1,6} \approx 1,3$

Задача 4.3.1

дано:

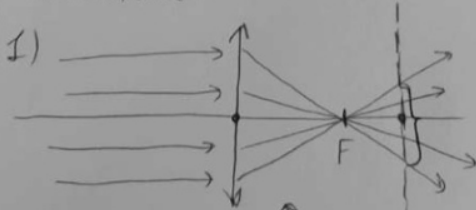
$$l = 20 \text{ см}$$

$$D = 0,5 \text{ см}$$

$$\Delta = 1 \text{ см}$$

$$f = ?$$

Решение:



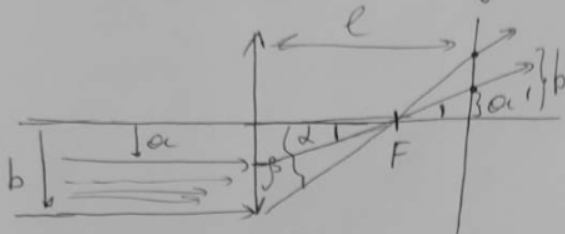
1) Т.к. лучи \parallel $POO \Rightarrow$
~~они~~ преломленные
 лучи собираются
 в фокусе линзы.

~~где~~
~~как~~ ~~бы~~ ~~ни~~ ~~расп-~~ ~~с~~ ~~а~~ ~~края~~, ~~в~~ ~~ситуации~~
 ⊕ центр линзы будет лежать на POO .

Чистовик

6

Пусть введём расстояния от $\Gamma O O$ до крайних лучей пучка: a и b .



Тогда на расст-ии l : $\frac{1}{F} \neq \frac{1}{l}$
 самый ближний к $\Gamma O O$ луч, останется самым ближним, самый дальний - аналогично

1) $\begin{cases} \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{F} = \frac{a'}{l-F} \\ \operatorname{tg} \beta = \frac{b}{F} = \frac{b'}{l-F} \end{cases} \Rightarrow x_{c1} = \frac{a'+b'}{2} = \frac{a+b}{2F} (l-F) \leftarrow \text{координата центра пятна в первом с-е.}$

2) Смещение линзы эквивалентно смещению пучка, т.е. $\begin{cases} a_2 = a + \delta \\ b_2 = b + \delta \end{cases} \Rightarrow x_{c2} = \frac{a_2'+b_2'}{2} = \frac{a+b+2\delta}{2F} (l-F)$; \leftarrow новая коорд-та центра.

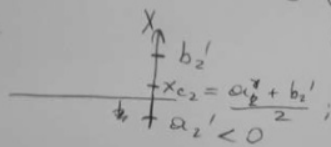
$x_{c2} = x_{c1} + \Delta: \frac{a+b}{2F} (l-F) + \frac{\delta}{F} (l-F) = \frac{a+b}{2F} (l-F) + \Delta$;

$\Rightarrow \frac{l-F}{F} = \frac{\Delta}{\delta} ; \frac{l}{F} - 1 = \frac{\Delta}{\delta} = 2 ; \frac{l}{F} = 3 \Rightarrow F = \frac{l}{3}$;

$F = \frac{20}{3} \text{ см} \approx 6,7 \text{ см}$. // Случай, когда линзу смещают вниз, аналогичен; $\begin{cases} a_2' = a - \delta \\ b_2' = b - \delta \end{cases}$

Даже если $a_2' < 0$, т.е. $a < \delta$, то $x_{c2} = x_{c1} - \Delta$ (То же самое)

$a_2' < 0$ и всё равно координата центра будет опр-на верно:



Смирнов И.А.

Чистовик }

8

для системы: $\vec{F}_{\text{внешн}} \cdot t = \Delta \vec{p}_{\text{сист}}$

$\{ \vec{F}_{\text{внешн}} \leftarrow$ вект-ая сумма внешних сил, действующих на систему.

Закон сохр-я импульса массы:

если сумма (вект-ая) ~~вект~~ сил, ~~на~~ действующих ^{внешних} на систему, равна нулю (система изолирована),

то импульс системы сохр-ся:

$$\vec{F}_{\text{внешн}} = \vec{0} \Rightarrow \Delta \vec{p}_{\text{сист}} = 0 \Rightarrow \boxed{\vec{p}_1 = \vec{p}_2} ; \text{ (аналогично для } \vec{r}_1 = \vec{r}_2 \text{) } \quad \text{май-точка}$$

Вопрос 2.2.1

• Абсолютная влажность воздуха — это та величина, равная плотности водяных паров при данной температуре. Обозначается ρ , ед. изм-я — обычно $[\frac{\text{г}}{\text{см}^3}]$.

• Относительная влажность воздуха φ — ^{физ.} величина, равная отношению парциального давления ~~водяных~~ водяных паров к давлению насыщенного пара при данной темп-ре; φ выражается в процентах: $\varphi = \frac{p}{p_{\text{н.п.}(T)}} \cdot 100\%$.

Чистовак

9

Вопрос 3.5.1

Потенциал проводника ϕ пропорционален заряду q , который ~~содержит~~ на данном проводнике. Коэф. пропор-ти и есть ёмкость (или просто ёмкость): ~~$C = \frac{q}{\phi}$~~ $C = \frac{q}{\phi}$;

Ёмкость зависит от св-в мат-ла проводника, а также от его формы и размеров. Поскольку плоский конденсатор состоит из ~~двух одинаковых~~ пластин, то можно записать:

Тогда: Для плоского конденсатора: $C = \frac{q}{\phi}$; $U = E_{\text{вн}} d$, $E_{\text{вн}} = \frac{q}{\epsilon_0 S}$

Тогда $C = \frac{q \epsilon_0 S}{q d} = \frac{\epsilon_0 S}{d}$, где S - площадь каждой из пластин конденсатора, d - расстояние между пластинами.

ϵ_0 - электрическая постоянная
 $\epsilon_0 \approx 9 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$

В зависимости от ~~качества~~ диэлектрика ^(находящегося в конденсаторе), ёмкость может меняться:

Если диэл. прониц-ость диэлектрика равна ϵ , то $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$.

Ёмкость в 1 Ф (Фарад) - единица измерения ёмкости - это ёмкость ^(вакуумного) плоского конденсатора с площадью в 1 м² и расстоянием между

плоскостями 1 м;

Чистовик

10

Вопрос 4.3.1.

Фокусное расстояние ^(F) - это расстояние от центра линзы до её фокуса,

Опт. сила тонкой линзы - величина, ~~равная~~ обратная фокусному расстоянию $D = \frac{1}{F}$; измеряется

в диоптриях. 1 диоптрия -

опт. сила линзы с фокусным расстоянием 1 м. Опт. сила положительна или

отрицательная: "+" - если линза собирающая, "-" - если рассеивающая.