МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Конвисар Семен Максимович**

Класс: 11

Технический балл: **93**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9580530

	1	2	3	4	∑
Задача	*15*	*15*	*15*	*15*	***93***
Вопрос	*8*	*8*	*9*	*8*	

9580530

Чистовик Лист №1

№1.3.1.

Вопросы:

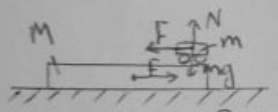
Какой пред. импульс системы материален. точек?

Импульс системы мат. т. — векторная сумма импульсов всех материальных точек системы.

Закон сохранения импульса:

Если на систему не действуют внешние силы или их действие скомпенсировано, то импульс системы остается постоянным, неизменным (как по величине так и направлению)

Решение:



Не возможно скатить колёс у автомобиля, так как он во воздухе и все в одном положении, то можно всю машинку как одно крутящееся колесо.

Так как колёса проскальзывают, то сила трения разгоняющая машинку и брусок — сила трения скольжения и равна $F=\mu N$; $N=mg$; т.к. по верт. движ. нет; $F=\mu mg$; $m=\frac{M}{n} \Rightarrow F=\frac{\mu Mg}{n}$. Сила трения действует в крестности точки касания, пока колеса проскальзывают сила трения постоянна; если колесо за некоторое время dt провернулось на угол $d\alpha$, то колесо проскользило $d\alpha R$ — где R — радиус колеса $\Rightarrow$ работа силы трения: $d\alpha R \cdot F$; мощность: $\frac{d\alpha RF}{dt}$; эта мощность часть мощность двигателя, т.е. $N=\frac{d\alpha RF}{dt}$; когда колёса перестанут проскальзывать скорость проскальзывания $\frac{d\alpha R}{dt}$ сравняется со скоростью машинки относит. бруска и станет равной $\frac{N}{F}=\frac{nN}{\mu Mg}$; т.е. нужно найти расстояние которое автомобиль пройдет до достиж. этой скорости

Ускорение автомобиля: $a_a=\frac{F}{m}$ $(ma=F)$, бруска: $a_б=\frac{F}{M}$; ускорение автомобиля относительно бруска: $a=a_a+a_б=\frac{F}{M}+\frac{F}{m}=\frac{F(n+1)}{M}$; начальная скорость авт. относит. бруска равна нулю, можем найти путь:

$$x=\frac{v_к^2-v_н^2}{2a}=\frac{\left(\frac{nN}{\mu Mg}\right)^2}{2\cdot\frac{F(n+1)}{M}}=\frac{n^2N^2M}{2\mu^2M^2g^2F(n+1)}=\frac{n^2N^2M}{2\mu^2M^2g^2\cdot\frac{\mu Mg}{n}(n+1)}=\frac{n^3N^2}{2\mu^3M^2g^2(n+1)}$$

$$[x]=\frac{Вт^2}{кг^2\cdot\frac{м^3}{с^6}\cdot ед}=\frac{\frac{кг^2\cdot м^4}{с^6}\cdot с^6}{кг^2\cdot м^3}=\frac{кг^2\cdot м^4\cdot с^6}{кг^2\cdot м^3\cdot с^6}=м$$

$$x=\frac{3^3\cdot 2^4}{2\cdot 0{,}5^2\cdot 1^2\cdot 10^2(3+1)}=\frac{2}{4}=0{,}5\,(м)$$

Ответ: $x=0{,}5$ м

9580530

№2.2.1

Чистовик Лист №2

Вопросы:

Влажность воздуха — давление физическая величина равная давлению паров (водяных обычно) в воздухе.

Относительная влажность — физическая величина равная отношению влажности воздуха к влажности воздуха с насыщенным паром; т.е. отношению плотности пара в воздухе к плотности насыщенного пара.

Решение:

В начальный момент времени водяной пар насыщен при $t=100°C$

Известно, что при нормальных условиях т.е. $p_0=100кПа$ при $t=100°C$ вода кипит, т.е. пар насыщен; значит давление насыщенного пара при $t=100°C$ — $p_0=100кПа$; т.е. начальное давление и пара и воздуха — p_0;

Когда цилиндр повернули пар оказался снизу, поршень сжал пар и давление должно было вырасти, но пар и так насыщен, поэтому ему пришлось сконденсироваться; давление не изменилось. Но вот объем воздуха стал $V+xS=V'$

$T=const \Rightarrow pV=const \Rightarrow pV=p'V' \Rightarrow p'=\frac{pV}{V'}=\frac{pV}{V+xS}$

$\Delta p=p_0-p'=p_0-\frac{p_0V}{V+xS}=\frac{p_0xS}{V+xS}$; сила дей. на поршень за счет разн. давлений:

$F=\Delta pS=\frac{p_0xS^2}{V+xS}$ компенсирует силу тяжести, т.е.: $\frac{p_0xS^2}{V+xS}=mg \Rightarrow p_0xS^2=mgV+mgxS$

$x(p_0S^2-mgS)=mgV \Rightarrow x=\frac{mgV}{p_0S^2-mgS}$; $[x]=\frac{кг\cdot\frac{м}{с^2}\cdot м^3}{Па\,м^4-кг\cdot\frac{м}{с^2}\cdot м}=\frac{кг\cdot Н\cdot м^3}{Н\cdot м^2}=м$

$\frac{Н}{м^2}$

$x=\frac{5\cdot10\cdot0{,}001}{10^5\cdot0{,}01^2-10\cdot5\cdot0{,}01}=\frac{0{,}05}{9{,}5}=\frac{1}{190}=0{,}005263\ldots\approx0{,}005(м)$

Ответ: $x\approx5мм$

9580530

Чистовик Лист №3

№3.5.1

Вопросы: Емкость это физическая величина равная отношению заряда проводника (или обкладки конд) к потенциалу (или разности потенц.) наводимому (мой) проводником на самого себя.

Формула электроемк. плоского конд: $C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$; где S - площ обклад. d - расст. между обклад; ε - диэл. проницаем. вещ. между обклад.

Решение:

Разница между двумя случаями в том, что в первом случае сила трения образуется за счет прижатия пластины лишь силой тяжести; но во втором случае сила трения уменьшается ведь пластины отталк. друг от друга из-за эл. сил: найдем эти силы:

Ситуация без заряд: сила тяжести пластину — mg, проекция на перп.: $mg\cos\alpha$ (очевидно с без рисунка); вдоль перп. движения нет =>

=> $mg\cos\alpha = N$; $F_{тр} = \mu N = \mu mg\cos\alpha$ - максимален. сила трения в этом случае

Ситуация с зарядами:

Поле создаваемое плитой перпенд. плите и однородно, его напряж $\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$; формула известная, но я вы не ее вывод; через конденс.: $U = \frac{q}{C}$; $C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$; $U = Ed$ =>

=> $\frac{qd}{\varepsilon_0 S} = Ed = E = \frac{q}{\varepsilon_0 S}$ - поле созд. двумя пластинами => одной — $E_п = \frac{q}{2\varepsilon_0 S}$; $\sigma = \frac{q}{S}$ =>

=> $E_п = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ - поле созданное плитой; на пластину действует сила $F = E_п q =$

$= \frac{\sigma q}{2\varepsilon_0}$; Считаем, что пластина прижата, тогда $N = mg\cos\alpha - \frac{\sigma q}{2\varepsilon_0}$; $F'_{тр} = \mu(mg\cos\alpha - \frac{\sigma q}{2\varepsilon_0})$ - макс. сила трения в этом случае. Уходя от случаев заметим, что сила трения действует лишь на часть, что уже на широков. плоскости; т.е. сила трения линейно зависит от того на сколько пластина „заехала" на широк. половину. Т.е график завис. силы трения от x (заезда) имеет вид

где точка перелома — момент полного заезда на половину, т.е. нужный нам момент. Пусть длина пластины L, то x будет L и работа силы трения как площ. под графиком будет $\frac{F_{тр} L}{2}$ (где $F_{тр}$ - максим. сила трения (мы их нашли))

При этом пластина опустится на L вдоль плиты и на $L\sin\alpha$ в верт. плоскости; т.е. потенц. энергия уменьш. на $E_п = mgL\sin\alpha$

Можем записать закон сохр. энергии: $mgL\sin\alpha = \frac{F_{тр}L}{2} + \frac{mv^2}{2}$ =>

=> $v^2 = \frac{2mgL\sin\alpha - F_{тр}L}{m} = \frac{L(2mg\sin\alpha - F_{тр})}{m}$; $v_1^2 = \frac{L(2mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha)}{m} = Lg(2\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$

$v_2^2 = \frac{L(2mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha + \frac{\mu\sigma q}{2\varepsilon_0})}{m} = \frac{L(4\varepsilon_0 mg\sin\alpha - 2\mu\varepsilon_0 mg\cos\alpha + \mu\sigma q)}{2m\varepsilon_0}$

№3.5.1 продолжение

Чистовик лист №4

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{v_2^2}{v_1^2}} = \sqrt{\frac{L(4\varepsilon_0 mg\sin\alpha - 2\mu\varepsilon_0 mg\cos\alpha + \mu\sigma g)}{2m\varepsilon_0 \cdot Lg(2\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}} = \cancel{\sqrt{1+\frac{\mu\sigma g}{2mg\varepsilon_0(2\sin\alpha-\mu\cos\alpha)}}}$$

Пластина покоится на шероховатой плоскости при $\alpha_{пр} \leq 30°$; т.е. при $\alpha_{пр} = 30°$; $F_{тр} = \mu mg\cos\alpha_{пр} = mg\sin\alpha_{пр}$ ($mg\sin\alpha_{пр}$ – сил. тяжести плиты)

$$\mu = \frac{\sin\alpha_{пр}}{\cos\alpha_{пр}} \left(= \cancel{\frac{\sin 30°}{\cos}} = tg\,\alpha_{пр} \left(= tg\,30° = \frac{1}{\sqrt{3}}\right)\right.$$

~~В формуле отношения есть угол наклона и я считаю, что от него избавиться нельзя (ведь эл. сила действует не чисто против силы тяжести) поэтому предположу, что в условии имеется в виду, что угол наклона $\alpha_{пр} = 30°$~~

тогда $$\left[\frac{v_2}{v_1}\right] = \sqrt{eg + \frac{\frac{Кл}{м^2}\cdot Кл}{Кл\cdot\frac{м}{с^2}\cdot\frac{Ф}{м}\cdot(eg - egeg)}} = \sqrt{\frac{Кл^2\cdot м\cdot с^2}{Кл\cdot м\cdot м^2\cdot \underbrace{Ф}_{\frac{Кл}{В}}}} = \sqrt{\frac{Кл^2\cdot В\cdot с^2}{Кл\cdot м^2\cdot Кл}} = \sqrt{\frac{Н\cdot м\cdot с^2\cdot Кл}{Кл\cdot м^2\cdot Кл}} = \sqrt{\frac{Н}{Н}} = eg$$

$$\cancel{\frac{v_2}{v_1}} \quad \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1+\frac{\mu\sigma g}{2mg\varepsilon_0(2\sin\alpha-\mu\cos\alpha)}}$$

В формуле есть угол наклона плиты, и я считаю, что от него избавиться нельзя, ведь электр. сила действует не чисто против силы тяжести, поэтому предположу, что по условию имеется в виду, что угол наклона $\alpha_{пр} = 30°$ ($\sin\alpha_{пр} - \mu\cos\alpha_{пр} = 0$)

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1+\frac{\mu\sigma g}{2mg\varepsilon_0\sin\alpha}} = \sqrt{1+\frac{\frac{1}{\sqrt{3}}\cdot 2\cdot 10^{-6}\cdot 2\cdot 10^{-6}}{2\cdot 9{,}1\cdot 10^{-9}\cdot 2\cdot 10^{-9}\cdot\frac{1}{2}}} = \sqrt{1+\frac{1}{\sqrt{3}}} = \sqrt{\frac{1+\sqrt{3}}{\sqrt{3}}} \approx \sqrt{\frac{1+1{,}73}{1{,}73}} = \sqrt{\frac{2{,}73}{1{,}73}}$$

$\sqrt{3} \approx 1{,}73$ ($1{,}73^2 = 2{,}9929$)

Ответ: $\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{1+\sqrt{3}}{\sqrt{3}}}$

№4.3.1 Чистовик лист №5

Вопросы:

Фокусное расстояние – это физ. величина равная (по модулю) расстоянию от оптического центра линзы до главного фокуса линзы.

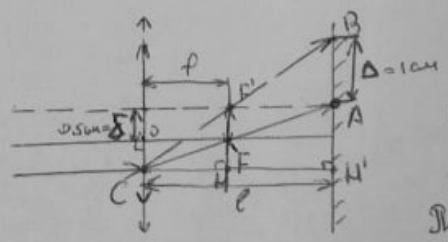
Думаю стоит определить главный фокус линзы: ГФ – точка на главной оптической оси в которой сходятся все лучи проходящие параллельно главной оптической оси вблизи линзы и преломленные линзой.

Оптическая сила линзы – физ. величина ~~равная~~ обратная фокусному расстоянию линзы.

(Замечание, сейчас считают по разному, будем считать, что у собирающей линзы ~~отриц.~~ фокусн. расст и сила положит; а у рассеив. фокусн. расст. и сила отриц.)

Решение:

(На картинке $f < l$, но на решение не влияет)



Так как пучек идет параллельно оптич. оси, то преломившись он всегда идет в фокус; т.е фокус поднялся на δ вместе с линзой; пятно на Δ; ~~из подобия треугольников~~

Отметим точки на рисунке:

Получаем из подобия CFF' и CBA: $\frac{FF'}{AB} = \frac{CF}{AC}$

Из CFH ~ CAH': $\frac{CF}{AC} = \frac{CH}{CH'} \Rightarrow \frac{CH}{CH'} = \frac{FF'}{AB}$; $CH = f$; $AB = \Delta$; $CH' = l$; $FF' = \delta$

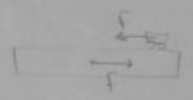
т.е. $\frac{f}{l} = \frac{\delta}{\Delta} \Rightarrow f = \frac{l\delta}{\Delta} = \frac{20см \cdot 0,5см}{1см} = 10см$

Ответ: $f = 10см$

Черновик. Черновик лист №6

Вопрос: Импульс системы матер точек - нужно векторно сложить импульсы всех матер точек системы

Закон сохр имп: Если на систему не действуют силы или их действие скомпенсировано, то суммарный импульс системы остается постоянным



$F = \mu N = \mu mg = \frac{\mu Mg}{3}$

$N = \frac{A}{dt}$ F

$v = \frac{dS}{dt}$ $Fv = \frac{FdS}{dt} = \frac{A}{dt} = N$

$v = \frac{F}{m} = \frac{3N}{\mu Mg}$

$v = v'$

$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$

$q = CU$

$C = \frac{q}{U}$ $C = \frac{q}{U}$

$U = \frac{q}{C} = Ed = \frac{qd}{\varepsilon S}$

$C = \frac{\varepsilon S}{d}$

$E = \frac{q}{\varepsilon_0 S}$

$E_n = \frac{q}{2\varepsilon_0 S} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

$1,75 \cdot 1,75 = 1225 + 175 + 875 = 3062,5$

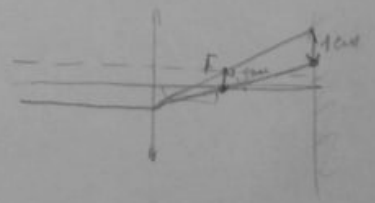
$1,74 \cdot 1,74 = 696 + 1218 + 174 = 3027,6$

$1,73 \cdot 1,73 = 519 + 1211 + 173 = 2989,19$

$1,75 \cdot 1,75$

$= U = \frac{q}{C}, \; C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$

q



$B = \frac{Dm}{r_n}$

$\frac{1}{173}$

$1,71 \cdot 1,71 = 171 + 1197 + 171 = 2924,1$

$1,72 \cdot 1,72 = 344 + 1204 + 172 = 2958,4$

$\frac{L(2\varepsilon_0 mg\sin\alpha - \mu\varepsilon_0 mg\cos\alpha + \mu\varepsilon_0 g)}{2m\varepsilon_0}$

$Lg(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$

$1,71 \cdot 1,71$

$3 \quad 1 + \sqrt{3} = 1 + \frac{2\sqrt{3}}{2}$

$\frac{1}{4} + \sqrt{3} + \frac{3}{4} = \left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2$

$\frac{\sqrt{3}}{2a} = \sqrt{1-a}$

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

$3 = 4a - 4a^2$

$4a^2 - 4a + 3 = 0$

$D = 4 - 4 \cdot 3 = 0$

9580530

№2.2.1. Черновик ~~Чистовик~~ Лист №7

Вопросы:

Влажность воздуха – физ. велич. равная объемная (ов) плотность (и) паров воды в воздухе

Относительная влажность воздуха – физ. вел. равная отношение (ю) ~~влажности воздуха~~ плотности паров к плотности насыщенных паров (действит. к насыщ.)

Решение:

Пусть начальное давление в ~~м~~ сосуде p – давление в обоих сосудах. Когда цилиндр повернули поршень опустился и его стали удерживать разность давлений: $mg = \Delta p S$, пусть сместился поршень на x;

$pV = const$; т.к. $T = const$; Рассм. пар: его объем стал $V_1 = V - xS$:

$pV = p_1 V_1 \Rightarrow p_1 = \frac{pV}{V_1} = \frac{pV}{V - xS}$; Рассм. воздух: его объем стал $V_2 = V + xS$

$pV = p_2 V_2 \Rightarrow p_2 = \frac{pV}{V_2} = \frac{pV}{V + xS}$; $\Delta p = p_1 - p_2 = \frac{pV}{V - xS} - \frac{pV}{V + xS} = \frac{2pVxS}{V^2 - x^2S^2} = \frac{mg}{S}$;

$2pVxS^2 = mgV^2 - mgx^2S^2$; $mgS^2x^2 + 2pVS^2x - mgV^2 = 0$; $D = 4p^2V^2S^4 + 4m^2g^2S^2V^2$

$x_{12} = \frac{-2pVS^2 \pm \sqrt{4p^2V^2S^4 + 4m^2g^2S^2V^2}}{2mgS^2} = \frac{-2pVS^2 \pm 2VS\sqrt{p^2S^2 + m^2g^2}}{2mgS^2} > 0 \Rightarrow x = \frac{V(\sqrt{p^2S^2 + m^2g^2} - pS)}{mgS}$

Пусть p; поршень опустился, снизу должно увел. дав, но не может; часть воды сконденсир.; и давление сохранилось:

$pV = p_в V_в = p_в (V + xS) \Rightarrow p_в = \frac{pV}{V + xS}$; $\Delta p = p - \frac{pV}{V + xS} = \frac{pxS}{V + xS} = \frac{mg}{S} \Rightarrow pxS^2 = mgV + mgxS$

$x(pS^2 - mgS) = mgV$; $x = \frac{mgV}{pS^2 - mgS} = \frac{mgV}{S(pS - mg)}$; $p = p_0$

29
18

$\frac{1}{190}$

$1200 : 190 = 0{,}005263$
-950
500
-380
1200
-1140
600
-570
300