



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Шахбазьянц Даниил Константинович**

Класс: 11

Технический балл: **89**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9293925

	1	2	3	4	Σ
Задача	12	15	15	15	89
Вопрос	8	9	8	7	

Учебник. Вариант 2.

1

№ 1.

Теор. вопрос.

$$\vec{P}_{системы} = \sum_{i=1}^N m_i \vec{v}_i \quad \text{— для дискретной системы}$$

состоящей из N тел.

$$\vec{P}_{системы} = \int \vec{v} dm, \quad \text{если система не дискретная}$$

Закон сохранения импульса (З.С.И.)

• При отсутствии внешних (для системы тел) сил или при $\sum_{i=1}^N \vec{F}_{iвн} = 0$ (т.е. когда внешние силы скомпенсированы) импульс системы сохраняется.

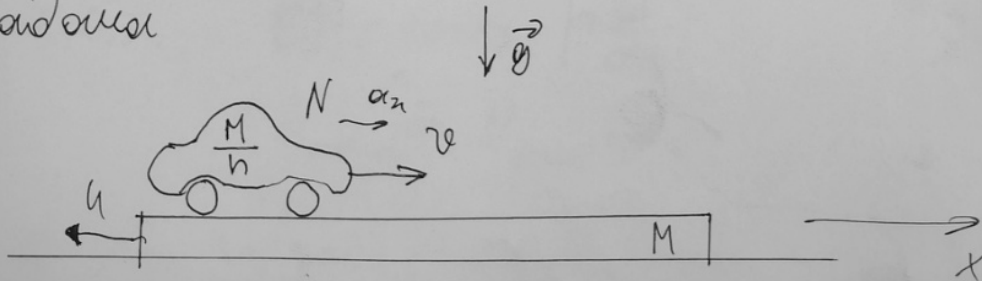
З.С.И. получается из ЭЗН, при его записи

в импульсной форме и $\vec{F}_{вн\Sigma} = 0$:

$$\frac{d\vec{P}_{системы}}{dt} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_{внi} = 0.$$

$$\left\{ \vec{P}_{системы} = \text{const} \right\}$$

Задача



Читованк

Читованк.

2

Решение:

1) В уст. режиме, т.к. $\vec{F}_{\text{вн.}} = \vec{0}$:

$\Rightarrow P_{\text{мотора}} = \text{const.}$

$$\frac{P}{n} v_{\text{уст}} - P u = 0.$$

$u = \frac{v_{\text{уст}}}{n}$; где $v_{\text{уст}}$ - скорость машины в ЛСО в уст. режиме.

2) Рассмотрим разгон.

~~Для~~ колеса прокатывается, значит.

$$F_{\text{тр}} \geq \mu \frac{M}{n} g.$$

Для машины: 2 3 11:

$$X: \frac{M}{n} a_n \geq \mu \frac{M}{n} g$$

$$\left[a_n = \mu g \right]$$

3) Т.к. внешняя сил нет то:

3.С.Э. $E = \text{const.} \int \cdot \frac{d}{dt}.$

$$N_{\text{мотора}} + N_{\text{двиг}} = 0.$$

$$N_{\text{двиг}} \geq -N_{\text{мотора}} = -N$$

микролин.

$$\frac{v_2}{v_1} \approx \sqrt{\frac{\frac{1}{2} + \frac{\sigma d}{4 \epsilon_0 g \cos \theta_{\text{пр}} m}}{\frac{1}{2}}} \approx \sqrt{1 + \frac{\sigma d}{2 \epsilon_0 g \cos \theta_{\text{пр}} m}}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^6}{2 \cdot 9 \cdot 10^{-12} \cdot 10 \cdot \sqrt{3}}} = \sqrt{1 + \frac{\sqrt{3}}{3}} \approx 1,3$$

$\approx 1,3$.

Ответ: в 1,3 раза.

Задача 4.

Теор. вопрос.

Фокусное расстояние - это расстояние на котором пересекаются ~~лучи~~ параллельные лучи падающие на линзу.

Для линзы у которой одна и вторая половина находится в одной среде фокусные расстояния с обеих сторон совпадают.

$$F = \frac{1}{\left(\frac{n_{\text{д.}}}{n_{\text{ср}}} - 1\right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}$$

- Ф-ла фокусного расстояния.

где $n_{\text{д.}}$ - показатель преломления

Умножить.

13

Легко видеть, что треугольники подобны т.к. $BC \parallel ED$

$$\Rightarrow \frac{BC}{h_{ABC}} = \frac{ED}{h_{ADE}}; \text{ где } h_{ABC} \text{ и } h_{ADE} - \text{высоты}$$

в соотв. Δ -мисст.

$$h_{ABC} = F; h_{ADE} = l.$$

$$BC = s; ED = d.$$

$$\left[F = \frac{s}{d} l = \frac{1}{2} l = 10 \text{ (см.)} \right]$$

$$\text{Ответ: } 10 \text{ (см.)}$$

Читалкин.

3

$$\frac{\mu Mg}{n} \cdot \left(-\frac{v}{n}\right) = -N.$$

$$\frac{\mu Mg v}{n^2} \approx N.$$

$$\left[v_{\text{уст}} \approx \frac{N n^2}{\mu Mg} \right]$$

где $\frac{\mu Mg}{n}$ — сила действующая на доску;
 $\frac{v}{n}$ — её установившаяся скорость.

4) Машина разгоняется равномерно:

$$X_{\text{отн}} = a_{\text{отн}} \cdot \frac{v_{\text{машина в со доски}}^2}{2 a_{\text{отн}}}; \quad \text{где } v_{\text{машина в со доски}} - \text{установивш. скорость машины в со доски.}$$

$$a_{\text{отн}} \approx \left(a_x + \frac{a_n}{n} \right) \approx a_x \frac{n+1}{n}.$$

$$v_{\text{машина в со доски}} \approx v_{\text{уст}} + \frac{v_{\text{уст}}}{n} \approx v_{\text{уст}} \frac{n+1}{n}.$$

$$x_{\text{отн}} \approx \frac{v_{\text{уст}}^2 \frac{n+1}{n}}{2 a_n} \approx \frac{N^2 n^4 \frac{n+1}{n}}{(\mu Mg)^2 \cdot 2 \mu g}$$

$$\approx \frac{N^2 n^3 (n+1)}{2 (\mu g)^2 M^2} = \left[\frac{N^2 n^3 (n+1)}{2 (\mu g)^2 M^2} \right]$$

числовые.

4

$$\chi_{\text{отн}} = \frac{2 \cdot 3^2 \cdot 3^3 (3+1)}{2 \left(0,3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right)^3 \cdot 1 \text{кг}^2} \approx \frac{54 \cdot 3^2}{8}$$

$$= 8 \text{ (м.)}$$

Ответ: 8 м.

Задача 2.

Теор. вопрос:

Относ. влажность воздуха - это отношение его давления к давлению макс. пара при данной температуре. $\varphi = \frac{p}{p_{\text{н.п.}}} \cdot 100\%$.

Давление пара не может превышать

$p_{\text{н.п.}}$ при данной температуре $\Rightarrow \varphi \leq 100\%$.

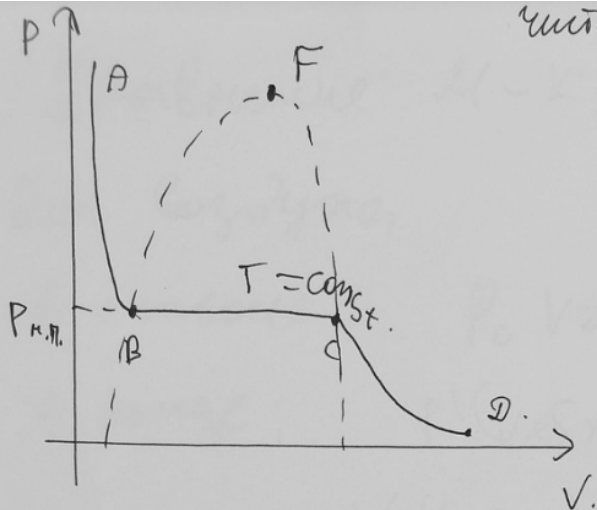
~~Относительная~~ влажность воздуха

показывает насколько пар близок от

насыщения. Абсолютная влажность - это масса паров. $\rho = \varphi \rho_{\text{н.п.}}$.

Рассмотрим график $p = p(V)$ для

• неидеального газа Ван-дер-Ваальса



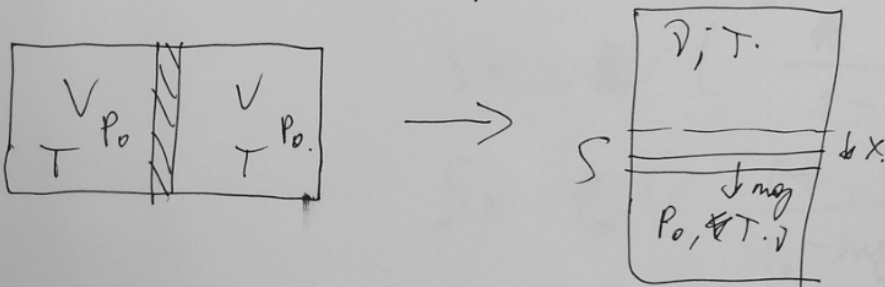
Условие.

На графике видно, что T при постоянной температуре на участке CD - пар не конденсируется ($P < P_{к.п.}$) на BC - конденсируется; а AB - пар конденсируется в жидкость.

При разном T точки B и C для каждой изотермы лежат на кривой спонтанности показанной пунктиром.

В (1) F - $T = T_{крит}$, когда пропадает различие между паром и жидкостью.

Задача:



Решение:

- 1) «Поме переформированы пар и вода конденсируются, т.к. T неизменна, но уменьшился объем $\Rightarrow P_{пар} = P_{к.п.} = P_0$.

Учебник.

6.

Уравнение М-К.:

Для воздуха

$$\text{в начале: } P_0 V = \rho R T$$

$$\text{в конце: } P'(V + Sx) = \rho R T$$

$$P'(V + Sx) = P_0 V.$$

Для тонкого слоя воздуха:

$$P_0 - P' = \frac{mg}{S}.$$

$$\Rightarrow P' V = \left(P_0 - \frac{mg}{S}\right) (V + Sx) = P_0 V.$$

$$V + Sx = \frac{P_0 V}{P_0 - \frac{mg}{S}}$$

$$Sx = V \left(\frac{1}{1 - \frac{mg}{SP_0}} - 1 \right)$$

$$Sx = V \frac{mg}{SP_0 - mg}$$

$$\left[x = \frac{V}{S} \cdot \frac{mg}{SP_0 - mg} \right]$$

Читаем.

$$x \approx \frac{\cancel{0,001} \cdot 5 \cdot 10}{0,01 \cdot (0,01 \cdot 10^5 - 5 \cdot 10)} =$$

7

$$z \frac{5 \cdot \cancel{10^0}}{950} = \frac{1}{190} \cancel{5 \cdot 10^3} \approx 5,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Ответ: ~~$5,2 \cdot 10^{-3}$~~ м. $5,2 \cdot 10^{-3}$ (м.)

Задача 3.

Теор. вопрос:

Электроемкость - коэфф. связывающий потенциал тела с ~~зарядом~~ зарядом.

Для конденсатора ϵ электроемкость связывает заряд на обкладке и разность потенциалов тех пластин:

$$C = \frac{Q}{\Delta \varphi} \approx \frac{Q}{\varphi}$$

где C - емкость, которая зависит только от геометрии, параметров диэлектрика.

Для плоского конденсатора.

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}; \text{ где } \epsilon - \text{диэлектрик, пронизывающий}$$

среду между обкладками.

S - их площадь; d - расстояние между ними.

Задача.

Школьник.

8

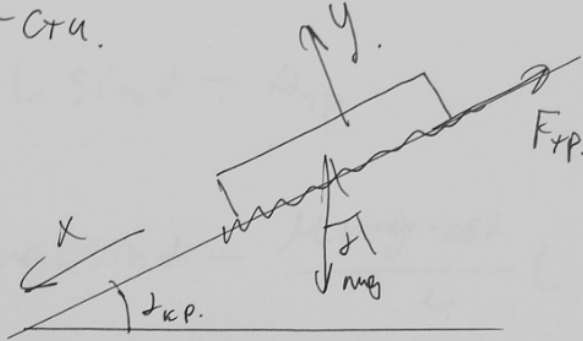
Решение:

- 1) Рассмотрим α силой когда доска размещена на шероховатой n -сте.

2311.1

$$x: \quad \alpha = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}}$$

$$y: \quad N = mg \cos \alpha.$$



$$\Rightarrow \quad mg \sin \alpha - \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$[\mu = \tan \alpha.]$$

- 2) Рассмотрим α силой, когда доска достигнет α_1 .

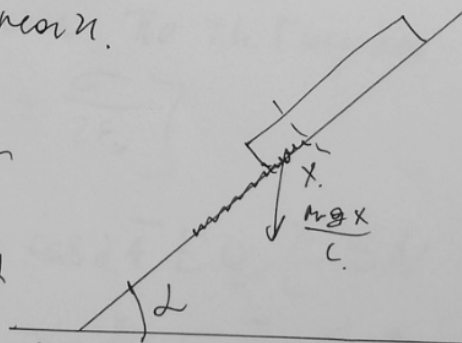
В промежуточный момент:

когда доска все еще не на шерохов. n -сте.

Пусть длина доски L

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu \frac{mg}{L} x \cos \alpha$$

$$(A_{\text{тр}}) = \int_0^L F_{\text{тр}} dx = \mu \frac{mg}{L} \cos \alpha \int_0^L x dx = \frac{\mu mg}{L} \cos \alpha \cdot \frac{L^2}{2}$$



интеграл.

9

$$|A_{\text{тр}}| = \frac{\mu mg \cos \alpha}{2} L$$

3.С.Д. $\Delta E = -A_{\text{тр}}$

$$\frac{mv_1^2}{2} = mgl \sin \alpha - A_{\text{тр}}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = mgl \sin \alpha - \frac{\mu mg \cos \alpha}{2} L$$

$$v_1^2 = 2gL \left(\sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} \right)$$

$$v_1 = \sqrt{2gL \left(\sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} \right)}$$

3) Рассмотрим 2-ю ситуацию.

Рассуждения аналогичны 1, только на плоскости проводим действующим образом вдоль оси x или y или z $= Eq$.

Для заряженной нити по т. Гаусса:

$$E \cdot 2S = \frac{QS}{\epsilon_0} \Rightarrow \left[E = \frac{Q}{2\epsilon_0} \right]$$

$$\Rightarrow \text{вдл. } y: \quad mg \frac{x}{L} \cos \alpha - Eq \frac{x}{L} = N$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \frac{x}{L} \cos \alpha - \mu Eq \frac{x}{L}$$

unabhängig

10

$$A_{TP} = \int_0^L F_{TP} dx = - \mu mg \frac{L^2}{2L} \cos \alpha + \mu E q \frac{L^2}{2L}$$

3. C. 7.: $\Delta E = A_{TP}$.

$$\frac{m v_2^2}{2} = \mu g L \sin \alpha - \mu g \frac{L}{2} \cos \alpha + \mu \frac{\sigma}{2 \epsilon_0} \cdot q \cdot \frac{L}{2}$$

$$v_2 = \sqrt{2 g L \left(\sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} + \frac{\mu \sigma \alpha}{4 \epsilon_0 g m} \right)}$$

$$\Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{2 g L \left(\sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} + \frac{\mu \sigma \alpha}{4 \epsilon_0 g m} \right)}{2 g L \left(\sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} \right)}}$$

$$\left[\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{\sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} + \frac{\mu \sigma \alpha}{4 \epsilon_0 g m}}{\sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2}}} \right]$$

hpu $\alpha = \alpha_{np}$; $\mu = \tan \alpha_{np}$.

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{\sin \alpha_{np} - \frac{\sin \alpha_{np}}{2} + \frac{\sin \alpha_{np} \cos \alpha_{np}}{\mu \epsilon_0 g \cos \alpha_{np} m}}{\sin \alpha_{np} - \frac{\sin \alpha_{np}}{2}}}$$