



$$(ab)c = a(bc)$$

$$E = mc^2$$



ШИФР

3 7 2 5 8

Класс 11 Вариант 1 Дата Олимпиады 03.02.19

Площадка написания МГТУ им. Н.Э. Баумана

Задача	1	2	3	4	5	6	Σ		Подпись
							Цифрой	Прописью	
Оценка	5	5	5	4	5	5	29	двадцать девять	

Задача №5 + (5)

Стр 1



Второй закон Ньютона, для электронов:

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m \vec{a}; \quad (1) \vec{F} = m \vec{a}, \text{ где } m - \text{масса электронов}$$

$\vec{F} = BIL$ - сила, которая вызывает центростремительное ускорение.

$\vec{a}$ - сила центростремительное ускорение.
 B - магнитное поле

$I = \frac{dq}{dt}$, где q - заряд, t - время.
 $I = \frac{e}{T}$, где e - заряд электронов, T - период обращения.
 $\omega = \frac{2\pi}{T}$, где ω - угловая частота.

Значит $BIL = m a$ - уравнение (1) в проекции на ОУ.

$$2\pi \cdot B \frac{e}{T} \cdot R = m \omega^2 R$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow 2\pi B \frac{e}{T} = m \frac{4\pi^2}{T^2}$$

найдем период. Перепишем:

$$\frac{T}{e} = \frac{m}{B} \Rightarrow \frac{T}{e} = \frac{m}{B} \Rightarrow T = \frac{2\pi m}{B e}$$

$$n = \frac{10^{-12} \cdot 0.5 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}}{2\pi \cdot 0.1 \cdot 10^{-31}} = 0.014. \quad (\text{не считаем значение периода обращения})$$

Ответ: $n = 0.014$

ШИФР

3 7 2 5 8

СТР 2

Задача 5

$$m = 20 \text{ г}$$

$$W = 4 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}$$

$$T = 1 \text{ с}$$

A = ?

$$W = \frac{mv^2}{2}$$

+ (5)
- формула кинетической энергии.
Значит, что кин. энергия будет
максимальна, когда v (скорость) будет
максимальна.

$$x = A \cos(\omega t)$$

~~x = A \sin(\omega t)~~ - уравнение координаты гармон.
колебаний

$$v = \dot{x} = (A \cos(\omega t))' = -A \omega \sin(\omega t)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ - угловая частота}$$

$$v = -A \omega \sin(\omega t) = -A \frac{2\pi}{T} \sin(\omega t) \text{ - скорость}$$

подставим v в W:

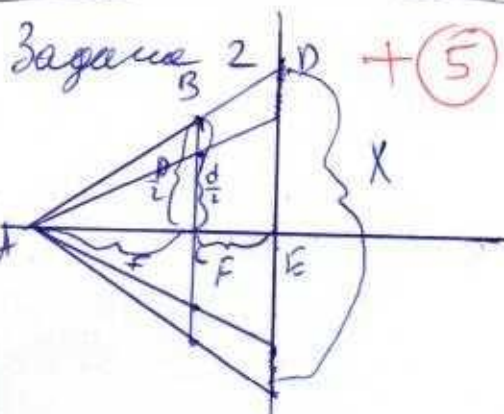
$$W = \frac{m}{2} \left(-A \frac{2\pi}{T} \sin(\omega t) \right)^2 \text{ - максимум будет при } \sin(\omega t) = 1$$

$$\text{Тогда } W = \frac{m}{2} \left(-A \frac{2\pi}{T} \right)^2 \Rightarrow \frac{2W}{m} = \frac{A^2 \cdot 4\pi^2}{T^2}$$

$$\sqrt{\frac{2WT^2}{4m\pi^2}} = A = \sqrt{\frac{W}{2m} \cdot \frac{T^2}{\pi^2}}$$

$$A = \sqrt{\frac{W}{2m} \cdot \frac{T^2}{\pi^2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 20 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{1}{\pi^2}} \approx 0,032 \text{ м}$$

Ответ: $A \approx 0,032 \text{ м}$



Задача 2

+ (5)

x - наибольший диаметр тела.

$$\text{Тогда } \frac{\frac{D}{2}}{\frac{x}{2}} = \frac{f}{f+f} \Rightarrow \frac{D(f+f)}{f} = x$$

(из подобия треугольников ABC и ADE)

$$\text{Ответ: } x = \frac{D(f+f)}{f}$$



$$(ab)c = a(bc)$$

$$E = mc^2$$



Использовать только эту сторону листа,
обратная сторона не проверяется!

ШИФР

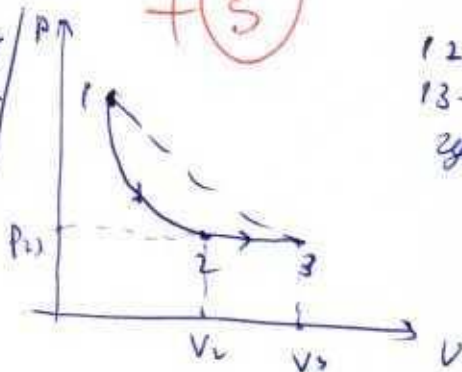
3 7 2 5 8

СТР 3

Задача N1

$$A_{12} = 4,5 \text{ кДж}$$

$$A_{123} = ?$$



12 - адиабата

13 - изотерма (т.к. $T_1 = T_3$ по условию, цвет - температура)

$$A_{123} = A_{12} + A_{23}$$

т.к. 23 - изобарный процесс, то

$$A_{23} = P_3 \cdot (V_3 - V_2), \text{ где } P_3 - \text{давление на участке 23; } V_3 - V_2 - \text{разность объёмов}$$

ме уч-ке 23. Тогда $A_{23} = P_3 V_3 - P_3 V_2$
Уравнение Менделеева-Клапейрона: $PV = \nu RT$, где P - давление, V - объём, ν - кол-во в-ва, T - температура.

$$\text{Тогда } P_3 V_3 = \nu R T_3$$

$$P_3 V_2 = \nu R T_2 \Rightarrow P_3 V_3 - P_3 V_2 = \nu R (T_3 - T_2)$$

$$\text{Значит } A_{23} = \nu R (T_3 - T_2)$$

т.к. A_{12} - адиабата, то первый 3-й. Термодинамика будет выглядеть так: $Q_1 = \Delta U + A$, где Q_1 - количество теплоты, ΔU - изменение внутр. энергии, A - работа газа.

$$\left(\Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T \right), \text{ где } i - \text{кол-во степеней свободы; } \Delta T - \text{изм. темп.}$$

$$0 = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1) + A_{12}, \text{ тогда } A_{12} = -\frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$A_{12} = \frac{i}{2} \nu R (T_1 - T_2)$$

$$\text{Т.к. 13 - изотермный, то } T_1 = T_3, \text{ тогда } A_{12} = \frac{i}{2} \nu R (T_3 - T_2) \Rightarrow (T_3 - T_2) \nu R = \frac{2 A_{12}}{i}$$

$$\text{Тогда } A_{23} = \nu R T_3 - T_2 = \frac{2}{i} A_{12}$$

$$A_{123} = A_{12} + A_{23} = \left(\frac{2}{i} A_{12} + A_{12} \right) = A_{12} \left(\frac{2}{i} + 1 \right). \text{ т.к. газ гелий (одноатомный) то } i=3. \text{ Тогда } A_{123} = A_{12} \left(\frac{2}{3} + 1 \right) = \frac{5}{3} A_{12} = \frac{5}{3} \cdot 4,5 \text{ кДж} = 7,5 \text{ кДж}$$

$$\text{Ответ: } A_{123} = 7,5 \text{ кДж}$$



$$(ab)c = a(bc)$$

$$E = mc^2$$



Использовать только эту сторону листа,
обратная сторона не проверяется!

ШИФР

3 7 2 5 8

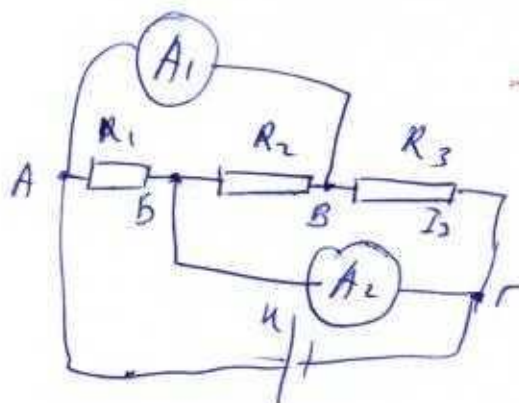
Задача №3.

$$I_3 = 1 \text{ mA}$$

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = 3 \text{ k}\Omega$$

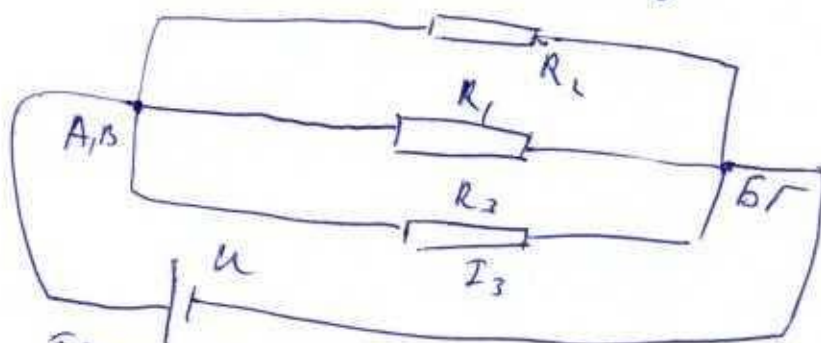
$U = ?$



+ (5)

Стр 4

Амперметр имеет очень малое сопротивление, с учетом того, что сопротивления R_1 и R_3 достаточно большие, сопротивление ~~вольт~~ амперметров вообще можно считать нулевым. Тогда точки А и В; В и Г будут иметь одинаковые потенциалы. Перерисуем эквивалентную схему.



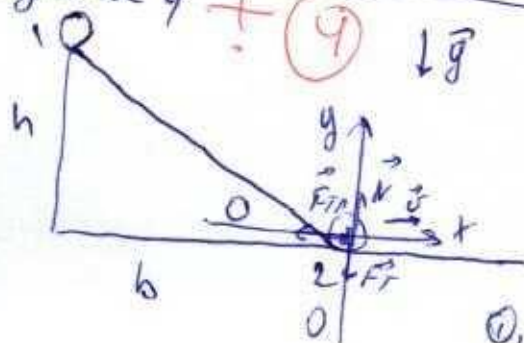
Теперь видно, что $U = I_3 R_3 = 1 \text{ mA} \cdot 3 \text{ k}\Omega = 3 \text{ V}$

Ответ: $U = 3 \text{ V}$

Примечание: решение пригодно, только когда R_1 и R_3 такие большие. Если бы они были сравнимы с сопротивлением амперметров, пришлось бы решать задачу иначе. (Если амперметры идеальны, считаем большой и это не задано бы. (то решение верно))

Задача 4

+ (4)



Т.к. поверхность гладкая, то применим закон сохранения энергии для момента старта бруска и врезда его на призму. $E_1 = E_2$, где $E_1 = mgh$ - энергия бруска в точке 1, которая состоит только из потенциальной, м. м. стр →

ШИФР

3	7	2	5	8
---	---	---	---	---

СТР 5

продолжение задачи 4:

E_2 - энергия тела в точке (2), которая состоит только из кинетической: $\frac{mv_2^2}{2}$, где v_2 - скорость тела в т.2.

Значит $mgh = \frac{mv_c^2}{2} \Rightarrow \sqrt{2gh} = v_c$

С другой стороны магнитное поле $\vec{B}$ создает $\vec{E}$ (индукция) $\vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt}$ (скалярное произведение вектора магнитного поля на вектор скорости)

$P = (\vec{F}, \vec{J})$ — каноническое произведение, где $\vec{F}$ — сила, которая действует на тело, $\vec{J}$ — его скорость в момент

Второй закон Ньютона для ~~тела в момент~~ ~~созда~~
по не горизонтальной оси: $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m\vec{a}$

$$\vec{F}_{Tp} + \vec{F}_O + \vec{N} = m\vec{a}, \text{ где } \vec{F}_{Tp} - \text{сила тяжести}$$

$$\vec{F}_T - \text{сила трения}$$

$\vec{N}$ - нормальная сила реакции опоры

$F_{\text{тр}} = \mu N$, тогда в прокатке на ось Oy , получим:

$$N - F_T = 0$$

$$F_T = mg$$

$$N = m g$$

$F_{\tau p} = \gamma m v_y$ (в проекции на ось Ox)

Тогда $P = +\mu mg \cos(180^\circ) \sigma_2 = -\mu mg \sigma_2$ - для момента
по $\sigma_2 = \sqrt{2gh}$ заезда на горку.
пиковость

Тогда $\rho = \mu \sqrt{2gh} \Rightarrow m = \frac{\rho}{\mu \sqrt{2gh}}$

Orbit: $m = \frac{-P}{\mu \gamma \sqrt{2gh}}$