

Всероссийская олимпиада школьников по физике

11 класс, региональный этап, 2015/16 год

ЗАДАЧА 1. На изначально покоящийся на гладком горизонтальном столе брусок массы $m = 2$ кг начали действовать постоянной горизонтальной силой F . В результате была получена зависимость мощности N от перемещения s бруска. Некоторые измерения могли оказаться не очень точными.

В каких координатных осях экспериментальная зависимость мощности от перемещения линейна?

Определите мощность силы в точке с координатой $s_0 = 10$ см.

Найдите значение силы F .

$N, \text{Вт}$	0,28	0,40	0,57	0,75	1,02	1,10	1,23	1,26	1,50
$s, \text{см}$	1,0	2,0	4,0	7,0	13	15	19	20	30

Н 7 98 Вт; 2 0

ЗАДАЧА 2. Скопления звёзд образуют бесстолкновительные системы — галактики, в которых звёзды равномерно движутся по круговым орбитам вокруг оси симметрии системы. Галактика NGC 2885 состоит из скопления звёзд в виде шара (ядра радиусом $r_{\text{я}} = 4$ кпк) и тонкого кольца, внутренний радиус которого совпадает с радиусом ядра, а внешний равен $15r_{\text{я}}$. Кольцо состоит из звёзд с пренебрежимо малой по сравнению с ядром массой. В ядре звёзды распределены равномерно.



Было установлено, что линейная скорость движения звёзд в кольце не зависит от расстояния до центра галактики: от внешнего края кольца вплоть до края ядра скорость звёзд $v_0 = 240$ км/с. Такое явление может быть объяснено наличием несветящейся массы («тёмной материи»), распределённой сферически симметрично относительно центра галактики вне её ядра.

- 1) Определите массу $M_{\text{я}}$ ядра галактики.
- 2) Определите среднюю плотность $\rho_{\text{я}}$ вещества ядра галактики.
- 3) Найдите зависимость плотности «тёмной материи» $\rho_{\text{т}}(r)$ от расстояния до центра галактики.
- 4) Вычислите отношение массы «тёмной материи», влияющей на движение звёзд в диске, к массе ядра.

Примечание: 1 кпк = 1 килопарсек = $3,086 \cdot 10^{19}$ м, гравитационная постоянная $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н · м² · кг⁻².

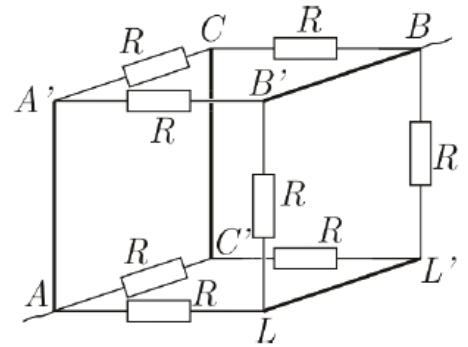
$$\gamma = \frac{GM}{r^2} \quad \left(\frac{GM}{r^2} = \frac{GM}{(15r_{\text{я}})^2} = \frac{GM}{225r_{\text{я}}^2} = \frac{GM}{225 \cdot (4 \text{ кпк})^2} = \frac{GM}{225 \cdot 16 \cdot (3,086 \cdot 10^{19} \text{ м})^2} = \frac{GM}{11700 \cdot 10^{38} \text{ м}^2} = \frac{GM}{1,17 \cdot 10^{42} \text{ м}^2} \right)$$

ЗАДАЧА 3. Куб собран из одинаковых резисторов, имеющих сопротивления R . Четыре резистора заменены на идеальные переключки, как указано на рисунке.

1) Найдите общее сопротивление получившейся системы между контактами A и B .

2) Через какие резисторы сила текущего тока максимальна, а через какие — минимальна? Найдите эти значения силы тока, если сила тока, входящего в узел A , равна $I_0 = 1,2$ А.

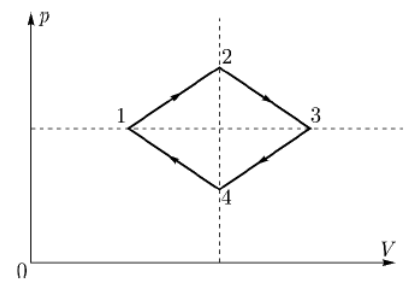
3) Какова сила тока, текущего через идеальную переключку AA' ?



$$R_{0B} = 5R/12; I_{max} = I_0/2; I_{min} = I_0/4; I_{AA'} = I_0/2$$

ЗАДАЧА 4. Циклический процесс, совершаемый над идеальным газом, на (p, V) -плоскости представляет собой ромб (см. качественный рисунок). Вершины (1) и (3) лежат на одной изобаре, а вершины (2) и (4) — на одной изохоре. За цикл газ совершил работу A .

Насколько отличается количество теплоты Q_{12} , подведённое к газу на участке 1–2, от количества теплоты $|Q_{34}|$, отведённой от газа на участке 3–4?

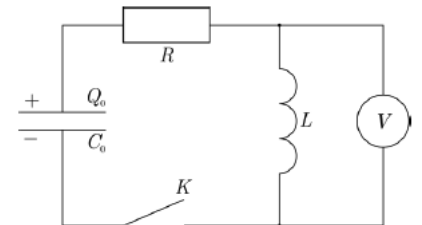


$$2A/3$$

ЗАДАЧА 5. В электрической цепи (см. рисунок), состоящей из резистора сопротивлением R , катушки индуктивностью L , на конденсаторе ёмкостью C_0 находится заряд Q_0 . В некоторый момент времени замыкают ключ K и одновременно начинают изменять ёмкость конденсатора так, что идеальный вольтметр показывает постоянное напряжение.

1) Как зависит от времени ёмкость конденсатора $C(t)$ при изменении t от 0 до $t_1 = \sqrt{C_0 L}$?

2) Какую работу за время t_1 совершили внешние силы? Считайте, что $t_1 = L/R = \sqrt{C_0 L}$.



Подсказка. Количество теплоты, выделившейся на резисторе за время t_1 , равно

$$W_R = \int_0^{t_1} I^2(t) R dt = \frac{Q_0^2}{3C_0}$$

$$C(t) = C_0 \left(\frac{t}{\sqrt{C_0 L}} + 1 \right)^2$$