

Время выполнения задания – 180 мин., язык - русский.

Решите задачи.

Разрешается пользоваться калькулятором любой сложности.

1. Сферическая планета, на которой отсутствует атмосфера, имеет радиус $R = 1000$ Км. В ней имеется пустая сферическая полость радиуса $R/2$, центр которой расположен на расстоянии $R/2$ от центра планеты в направлении северного полюса. Остальная часть планеты равномерно заполнена веществом с плотностью $\rho = 5$ г/см³. На северном полюсе имеется ведущее в полость отверстие, в которое проваливается космонавт. Найти время, за которое он достигнет центра планеты. Какова будет его скорость в этот момент?

2. В замкнутом сосуде объемом 10 литров при температуре 100 градусов Цельсия находится газовая смесь, включающая азот, кислород и водяной пар, давление которой равно $P = 1$ атм. При охлаждении смеси до 10 градусов Цельсия давление в сосуде упало вдвое. Найти количество воды, которая сконденсировалась при этом процессе. Примечание: давление насыщенных паров воды при 10 градусов Цельсия считать пренебрежимо малым.

3. Цилиндрический соленоид имеет радиус $r = 2$ см, длину $l = 40$ см и число витков $N = 5 \cdot 10^4$. Сопротивление соленоида на нулевой частоте равно $R = 5$ Ом. К соленоиду в момент времени $t = 0$ подключают постоянное напряжение $V = 500$ вольт. Найти мощность тепловых потерь внутри соленоида в момент времени $t = \tau$, где $\tau = 0,1$ с.

4. Закон дисперсии ротонов в сверхтекучем гелии-4 имеет вид

$$\omega = \omega_0 + \frac{(k - k_0)^2}{2\sigma},$$

где ω – частота, k – волновой вектор, $\omega_0 = 1,1 \cdot 10^{12}$ с⁻¹, $k_0 = 2 \cdot 10^{14}$ м⁻¹, $\sigma = 1,6 \cdot 10^7$ с/м². Сверхтекучий гелий при нулевой температуре течет по капилляру со скоростью $v = 0,2$ м/с. Найти $\omega_{\min} - \omega_0$, где ω_{\min} – минимальная частота ротонов, которая может быть зафиксирована выше по течению от их источника.

5. Электрон в полупроводнике может связываться с положительно заряженным примесным атомом. Найти эффективную массу электрона, если энергия связи электрона равна $1,36 \cdot 10^{-2}$ эВ., а относительная диэлектрическая проницаемость полупроводника равна $\epsilon = 20$.