

10-1. Воспользуемся законом Ома в дифференциальной форме и запишем плотность тока у поверхности шарика

$$j = \frac{E}{\rho}, \quad (1)$$

где $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$ — напряженность электрического поля у поверхности шарика, q — его заряд, R — радиус.

Сила тока, стекающего с шарика,

$$I = j \cdot S = \frac{q}{\epsilon_0 \rho},$$

где $S = 4\pi R^2$ — площадь поверхности шарика.

Сила тока — есть скорость изменения заряда шарика $\frac{\Delta q}{\Delta t}$. Как

следует из (2), сила тока не является постоянной, а зависит от заряда шарика. Однако, для получения оценки времени исчезновения

заряда, можно положить ее постоянной и равной $I_0 = \frac{q_0}{\epsilon_0 \rho}$, где q_0 —

начальный заряд шарика. Тогда время разряда оценивается по формуле

$$\tau = \frac{q_0}{I_0} = \epsilon_0 \rho.$$

Отметим, что эта оценка впервые получена Дж.К.Максвеллом и носит название максвелловское время релаксации. Можно показать, что за это время заряд уменьшается в $e = 2.71828...$ раз.

10-2. При движении вагона внутри туннеля сила тяжести вагона будет изменяться при изменении расстояния до центра Земли. Найдем ускорение свободного падения g в точке, находящейся на расстоянии r до центра Земли. Слои, находящиеся на большем расстоянии от центра не будут вносить вклад в величину силы тяжести. Поэтому по закону всемирного тяготения

$$mg = G \frac{m}{r^2} \frac{4}{3} \pi r^3 \rho = \frac{4\pi}{3} G m r \rho, \quad (1)$$

где ρ — средняя плотность Земли, G — гравитационная постоянная. Учитывая, что на поверхности Земли ускорение свободного падения равно $g_0 = 9,8 \text{ м/с}^2$, из (1) можно записать