

Условие

Задание 11-1. Оцените!

(Оценивается по порядку величины)

1.1. Оцените силу давления воздуха на поверхность вашего тела в погожий летний день. Используйте любые известные вам характеристики веществ и физические постоянные.

1.2. Видимость на дороге составляет 100 м. Считая, что диаметр капельки тумана равен 1 мкм, оцените концентрацию капелек тумана в воздухе.

1.3. При температуре 10°C показатель преломления воздуха примерно равен $n_0 = 1,0003$. Оцените изменение показателя преломления воздуха $\delta n = n - n_0$ при возрастании температуры до 20°C при неизменном давлении.

Решение

Задание 11-1. Оцените!

1.1. Сила давления воздуха есть сила Архимеда! Следовательно, она описывается формулой $F = \rho_{\text{воздуха}} g V$ (где V - объем тела человека). Так как средняя плотность человека примерно равна плотности воды, то $V = \frac{m}{\rho_{\text{воды}}}$. Поэтому

$$F = \frac{\rho_{\text{воздуха}}}{\rho_{\text{воды}}} mg \approx \frac{1,2}{1000} 100 \cdot 10 \approx 1 \text{ Н} \quad (1)$$

1.2 Если на пути фотона попадет капля воды, то фотон будет рассеян или поглощен. Для оценки средней длины «пролета» фотона можно провести следующее рассуждение: в цилиндре диаметра, равном диаметру капельки и длины равной длине свободного пролета в среднем должна находиться одна капля, т.е.

$$l \frac{\pi d^2}{4} n \approx 1 \quad \Rightarrow \quad n \approx \frac{4}{\pi d^2 l} = \frac{4}{\pi (10^{-6})^2 100} \approx 10^{10} \text{ м}^{-3}. \quad (1)$$

1.3 Разумно предположить (а это так и есть на самом деле), что отклонение показателя преломления от 1 пропорционально концентрации молекул воздуха (обозначим γ , чтобы не путать с показателем преломления n), т.е.

$$n = 1 + \alpha \gamma. \quad (1)$$

Концентрацию можно выразить через абсолютную температуру с помощью уравнения состояния $p = \gamma k T$, поэтому зависимость показателя преломления от температуры имеет вид

$$n = 1 + \frac{\beta}{T}, \quad (2)$$

Где β - постоянная величина (при постоянном давлении).

Так изменение температуры не велико, то для изменения показателя преломления можно записать

$$\delta n \approx -\frac{\beta}{T_0} \frac{\Delta t}{T_0} = -(n_0 - 1) \frac{\Delta t}{T_0} \approx -3 \cdot 10^{-4} \frac{10}{300} \approx -10^{-5}. \quad (3)$$