

Условие

11-3. Докажите, что свободный электрон не может поглотить фотон.

Решение

11-3. Рассмотрим взаимодействие фотона и свободного электрона в системе отсчета, в которой электрон до взаимодействия покоился. Обозначим импульс фотона до взаимодействия p_0 . Допустим, электрон поглотил фотон, тогда импульс электрона после взаимодействия также равен p_0 (закон сохранения импульса). Запишем уравнение закона сохранения энергии: до взаимодействия $E = m_0c^2 + p_0c$ (здесь m_0 – масса покоя электрона, p_0c – энергия фотона); после взаимодействия $E = \sqrt{m_0^2c^4 + p_0^2c^2}$. Таким образом:

$$m_0c^2 + p_0c = \sqrt{m_0^2c^4 + p_0^2c^2}. \quad (1)$$

Это уравнение справедливо только при $p_0 = 0$, что равносильно отсутствию фотона. Итак, мы пришли к противоречию, которое доказывает, что фотон не может быть поглощен свободным электроном.

Интересно отметить, что сделанный вывод является следствием отсутствия внутренних степеней свободы у электрона. В классической физике невозможен абсолютный неупругий удар, при котором никакая часть энергии не переходит в тепловую (опять же отсутствуют внутренние степени свободы). Пусть частица массы m_1 , движущаяся со скоростью v , сталкивается с покоящейся частицей массы m_2 . Пусть после удара скорости частиц равны U . Запишем уравнения законов сохранения импульса и энергии

$$\begin{cases} m_1v_1 = (m_1 + m_2)U, \\ \frac{m_1v_1^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2)U^2}{2} + Q, \end{cases} \quad (2)$$

где Q – количество выделившейся при ударе теплоты. Если положить $Q = 0$, то система (2) имеет решения: первое – $v_1 = U = 0$, второе – $v_1 = U \neq 0$ при $m_2 = 0$. Ни одно из этих решений не описывает абсолютно неупругий удар. Следовательно, невозможен такой неупругий удар при котором $Q = 0$.