

1.3 Рассеяние электроном поляризованного излучения

Информация о структуре связана с анализом интенсивностей рефлексов, поскольку их расположение определяется лишь размерами элементарной ячейки. Интенсивности зависят от расположения атомов и угла дифракции. Для начала попробуем проанализировать связь интенсивности рассеянного электроном рентгеновского луча, т.е. потока энергии на единицу площади в единицу времени, с углом дифракции. Для этого нужно понять как меняется амплитудное значение напряженности электрического поля (E) рассеянной рентгеновской волны, так как её интенсивность $I = c/4\pi\hbar E^2$, где c - скорость света.

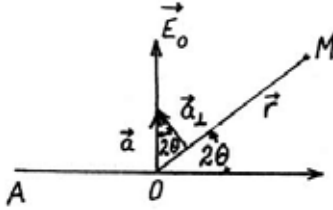


Рис. 3. Рассеяние электроном плоско поляризованного рентгеновского луча

Пусть АО (**Рис.3**) направление распространения первичного поляризованного рентгеновского луча, у которого напряженность электрического поля до соударения с электроном, находящимся в точке О, равна E_0 .

При попадании в поле рентгеновского луча. электрон начнет осциллировать параллельно вектору напряженности электрического поля, т.е. получает ускорение a вдоль направления E_0 , излучая вторичную волну, интенсивность которой будет максимальна вдоль продолжения направления АО, уменьшаясь с увеличением угла рассеяния. Зададимся вопросом как связана интенсивность рассеянной волны с интенсивностью первичной волны в точке М, удаленной от электрона на расстояние r и лежащей в плоскости дифракции (плоскость АОЕ₀). Известно, что заряд e , движущийся с ускорением a и в данный момент находящийся в точке О, испускает электромагнитное излучение, напряженность электрического поля которого в точке М (**Рис.3**), находящейся на расстоянии r от точки О, равна

$$E(r,t) = e/c^2\hbar [a^\perp (t - |r|/c)] / |r| \quad (4),$$

где a^\perp - компонента вектора a , перпендикулярная вектору r и лежащая в плоскости, проходящей через векторы r и a .

В выражении (4) параметр времени в круглых скобках над дробной чертой выбран так, чтобы значение ускорения соответствовало моменту времени, с которого волна начинает следовать из точки О в точку М(r). Множитель $e/c^2\hbar a^\perp / |r|$ в этом выражении не зависит от времени и соответствует амплитуде рассеянной волны. Понятно положение $|r|$ в знаменателе этого выражения, так как с удаленностью от рассеивателя (электрона в точке О) амплитуда волны будет уменьшаться. Поскольку сила, действующая на заряд в поле равна произведению заряда на напряженность поля, то легко записать уравнение движения электрона и составляющую его ускорения перпендикулярную направлению r : $ma = eE_0$; $a = a^\perp / \cos 2\theta$, откуда $a^\perp = (eE_0/m)\hbar \cos 2\theta$.

Подставив найденное выражение для a^\perp в (4) и исключив параметр времени, получим амплитудное значение напряженности поля, создаваемого в точке М колеблющимся электроном:

$$E_s(r) = (e^2/mc^2) |E_0| \hbar \cos 2\theta / |r| \quad (5)$$

Интенсивность излучения I_s в точке М, создаваемого электроном, колеблющимся в поле электромагнитной волны, пропорционально квадрату амплитуды рассеянной волны E_0 и определяется соотношением:

$$I_s = cE_s^2 / 4\pi = c/4\pi \hbar [e^2/mc^2 \hbar |E_0| \hbar \cos 2\theta / |r|]^2.$$

Учитывая, что $|E_0|^2 = 4\pi/c \hbar I_0$, получаем

$$I_s(r) = I_0 (e/mc^2)^2 \hbar \cos^2 2\theta / |r|^2 \quad (6)$$

где I_0 обозначает интенсивность излучения плоской волны, действующей на электрон. Здесь $e/mc^2 = 0.28178 \cdot 10^{-12}$ см = r_e является классическим радиусом электрона. С этим обозначением уравнение (6) примет вид:

$$I_s(r) = I_0 \hbar (r_e^2 / |r|^2) \hbar \cos^2 2\theta \quad (7)$$

При выводе уравнения (7) рассматривалась плоская электромагнитная волна с фиксированным направлением вектора E , то есть плоско поляризованная волна. Несколько другая картина должна наблюдаться при хаотическом распределении направлений вектора E вокруг направления распространения плоской волны, т.е. в случае неполяризованного излучения.

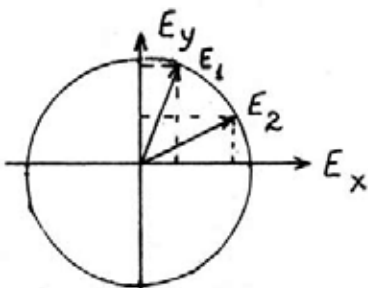


Рис. 4. Представление компонент напряженности электрического поля E через его компоненты E_x и E_y на примере двух векторов, выбранных в неполяризованном луче