

При достаточно малых скоростях находим для электрона, обращающегося с угловой скоростью ω по окружности радиуса R , исходную формулу Бора

$$m_0 \omega R^2 = \frac{n\hbar}{2\pi}.$$

Если скорость движения электрона на своей траектории непостоянна, то при малом β по-прежнему остается справедливой формула Бора—Эйнштейна. Если же β велико, то ситуация становится более сложной и потребует специального дополнительного изучения.

Продолжая исследования в том же направлении, мы пришли к важным результатам, которые вскоре будут опубликованы. В настоящее время мы уже можем, учитывая кванты света, объяснить дифракционные и интерференционные явления.

КВАНТЫ СВЕТА, ДИФРАКЦИЯ И ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ *)

Л. де Бройль

I. В предыдущем сообщении **) мы показали, что для описания перемещения со скоростью βc ($\beta < 1$) тела наблюдатель должен его связать с нематериальной синусоидальной волной, распространяющейся в том же направлении со скоростью $c/\beta = c^2/v$. Частота этой волны равна отношению полной энергии относительно наблюдателя рассматриваемого движущегося тела к постоянной Планка \hbar . Можно считать скорости βc «скоростью группы» волн, распространяющихся со скоростями c/β и обладающих частотами $\frac{m_0 c^2}{\hbar \sqrt{1-\beta^2}}$, соответствующими значениям β , мало отличающимся друг от друга. Не рассматривая физического смысла такой волны (эта трудная задача должна решаться в рамках расширенной теории электромагнетизма), напомним, что фаза движущегося тела совпадает с фазой участка волны, находящейся в том же месте. Мы будем называть эту волну «волной фазы».

Как показывают дифракционные явления, атомы света, существование которых мы постулируем, распространяются не только по прямой. Таким образом, представляется неизбежным видоизменить принцип инерции. Мы предлагаем положить в основу динамики свободной материальной точки следующий постулат: «В каждой точке своей траектории свободно движущееся тело равномерно перемещается вдоль направления распространения своей волны фазы, т. е. (в изотропной среде) по нормали к поверхностям равной фазы. В общем случае движущееся тело будет следовать вдоль прямолинейной траектории, задаваемой принципом Ферма для волны фазы; этот принцип здесь легко спутать с принципом наименьшего действия, примененным в форме принципа Мопертюи к движущемуся телу. Но если движущееся тело должно пройти через отверстие, размеры которого малы по сравнению с длиной волны, приписываемой волне фазы, то в общем случае траектория тела искривится как лучевая траектория дифрагировавшей волны. Это спасает закон со-

*) Louis de Broglie, *Quanta de lumière, diffraction et interférences*, *Compt. Rend.* 177, 548 (1923). Перевод Н. А. Райской.

**) *Compt. Rend.* 177, 507 (1923). В этом сообщении я ввел ненужное ограничение: условия Бора остаются справедливыми даже в случае очень больших непостоянных скоростей.

хранения энергии, но не закон сохранения количества движения, если только не оказывается давление на атомы вещества, образующие край отверстия.

Новый принцип, положенный в основу динамики, объясняет дифракцию атомов света, как бы мало ни было их число. Кроме того, некоторые движущиеся тела смогут в известных случаях испытывать дифракцию. Дифракционные явления обнаружатся и в потоке электронов, проходящих сквозь достаточно малое отверстие. Быть может, экспериментальное подтверждение наших идей следует искать именно в этом направлении.

Итак, мы представляем себе волну фазы как волну, пилотирующую перемещение энергии; это сможет позволить осуществить синтез волнового движения и квантов. Теория волн шла слишком далеко, отрицая дискретную структуру лучистой энергии, и недостаточно далеко, отказываясь от вмешательства в область динамики. Новая динамика свободной материальной точки относится к прежней динамике (включая динамику Эйнштейна) так же, как волновая оптика относится к геометрической. Размышления покажут, что предлагаемый синтез представляется логическим венцом совместного развития динамики и оптики со времени XVII века.

II. Обратимся теперь к объяснению интерференционных полос. Примем, что атом вещества имеет некоторую вероятность поглотить или излучить атом света, определяемую результирующей одного из векторов волн фазы, проходящих через этот атом; естественно, что излучение возможно только тогда, когда атом вещества возбужден, а поглощение — когда поблизости находится атом света.

Подобная гипотеза, по существу, вполне аналогична гипотезе, принимаемой в электромагнитной теории, которая связывает интенсивность облучаемого света (т. е. света, способного оказывать фотоэлектрическое воздействие на глаз, на фотографическую пластинку, на болометр) с интенсивностью, соответствующей результирующему электрическому вектору.

Если какая-либо причина вызвала излучение кванта света в «точечном источнике», то волна фазы кванта, проходя через соседние атомы, вызовет другие акты излучения квантов, причем мы будем считать, что внутренние колебания находятся в фазе с самой волной. Таким образом, все излученные световые кванты будут иметь ту же волну фазы, что и первый атом. Мы будем говорить, что они связаны *), образуя волну.

Рассмотрим опыты Юнга: несколько атомов света проходят сквозь отверстия и дифрагируют в направлении луча, соответствующего тому участку волны фазы, который окружает эти отверстия. В пространстве за экраном их способность оказывать фотоэлектрическое воздействие изменяется в каждой точке в зависимости от картины интерференции волн фазы, дифрагировавших при прохождении сквозь два отверстия. Таким образом, как бы ни была мала интенсивность падающего света, появляются светлые и темные полосы, предсказываемые волновыми теориями.

Такой способ объяснения, который, вводя кванты, заимствует существенную часть волновой теории, должен допускать обобщения на все случаи появления интерференционных и дифракционных полос.

*) Быть может, участие таких связанных атомов определяет формулу для флуктуаций излучения черного тела. См. Compt. Rend. 175, 811 (1922).