

## 20. Фотон и его свойства. Двойственная природа света

Подведем некоторые итоги изложенных в главах 15 – 19 многочисленных опытов и наблюдений, и определим, что такое свет и электромагнитное излучение вообще.

- Наличие волновых свойств излучения проверено на огромном экспериментальном материале для доступной науке области – от длинноволнового до коротковолнового излучения.

- Наличие корпускулярных свойств излучения также проверено от самых жестких космических и  $\gamma$  - лучей до радиоизлучения.

Так что же такое излучение – корпускулы или волны? Как можно совместить эти понятия?

Развитие гипотезы М. Планка привело к созданию представлений о квантовых дискретных свойствах света. Носителями квантов энергии являются фотоны. Как частица, фотон обладает энергией, импульсом и массой. Для энергии и импульса при взаимодействии фотона с веществом выполняются законы сохранения. Энергия фотона определяется по формулам:

$$\varepsilon = h\nu \text{ и } \varepsilon = m_{\phi}c^2. \quad (20.1)$$

Импульс фотона равен:

$$p = m_{\phi}c \text{ и } p = \frac{\varepsilon}{c} = \frac{h\nu}{c}. \quad (20.2)$$

Фотон обладает массой, величина которой может быть определена следующим образом:

$$m_{\phi} = \frac{h\nu}{c^2}. \quad (20.3)$$

Являясь элементарной частицей электромагнитного поля, фотон движется со скоростью света – скоростью распространения электромагнитного излучения:

$$v_{\phi} = c. \quad (20.4)$$

Однако фотон отличается от обычной материальной частицы тем, что для него не существует системы отсчета, в которой бы он был неподвижен, то есть покоился. Следовательно, масса покоя фотона равна нулю:

$$m_0 = 0.$$

Это равенство означает, что фотон в состоянии покоя – понятие, лишенное физического смысла. Покоящихся фотонов не существует.

Таким образом, в начале XX века складывается представление о двойственной природе излучения:

- Свет – это поток фотонов, поток элементарных частиц. Такое утверждение находит свое подтверждение в корпускулярных явлениях: тепловое излучение, фотоэффект и др.;

- Свет – это электромагнитная волна. Такое утверждение экспериментально подтверждено в оптических явлениях: интерференция, дифракция, поляризация.

Удивительным является существование ряда физических явлений, допускающих корректное объяснение с любых позиций о природе света: либо как о потоке частиц, либо как об электромагнитной волне. К таким явлениям можно отнести эффект Доплера и давление света.

**Фотон** – частица, обладающая волновыми свойствами.

Свет обладает потенциальной возможностью проявлять и волновые, и корпускулярные свойства.

- Чем больше частота электромагнитного излучения, а, следовательно, больше энергия и импульс фотона, тем вероятнее проявление его свойств как частицы.

- Чем меньше частота электромагнитных колебаний, тем меньше величина энергии и импульса фотона, тем отчетливее проявляются его волновые свойства.

Такой корпускулярно-волновой дуализм присущ не только фотонам, но и любым другим микрочастицам: электронам, протонам и т. д.

Математический аппарат квантовой физики позволяет связать плотность вероятности пространственного распределения фотонов с плотностью энергии электромагнитного поля, вычисляемой на основе уравнений Максвелла. Тем самым он соединяет воедино способ описания частиц, обладающих волновыми свойствами, с физическими величинами, непосредственно измеряемыми на опыте.