

### 38. Фотоны. Опыт Боте. Корпускулярные и волновые характеристики фотонов, связь между ними. Давление света с точки зрения корпускулярной теории

*Фотон* - элементарная частица, квант электромагнитного излучения; безмассовая частица, способная существовать в вакууме только двигаясь со скоростью света. Электрический заряд фотона равен нулю (Википедия).

*Фотон* - материальная, электрически нейтральная частица, квант (порция) электромагнитного поля (переносчик электромагнитного взаимодействия).

Основные свойства фотона:

- Является частицей электромагнитного поля.
- Двигается со скоростью света.
- Существует только в движении.
- Масса покоя фотона равна нулю - остановить фотон нельзя, он либо движется со скоростью, равной скорости света, либо не существует.

Эйнштейн предположил, что свет и распространяется в виде дискретных частиц – *фотонов*

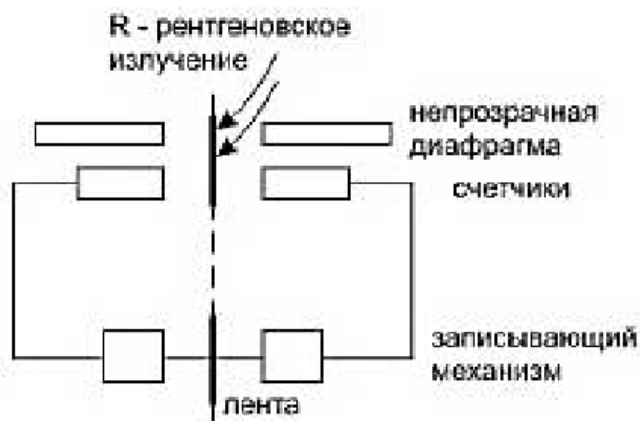
Так как фотон движется со скоростью света в любой ИСО, то он согласно принципам теории относительности не обладает массой покоя

$$E = \hbar\omega \quad \text{– энергия фотона}$$

$$p = E/c = \hbar\omega/c \quad \text{– импульс фотона}$$

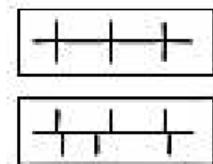
## Опыт Боте

Опыт, доказывающий дискретную природу света.



Тоненькая металлическая пленка, освещаемая сбоку рентгеновскими лучами  $R$ , становилась источником рентгеновских лучей (рентгеновская флуоресценция)

Если свет – электромагнитная волна, то записи на ленте будут строго симметричны. С позиции квантов – кванты летят хаотически и приходят на счетчики не одновременно.



Одним из экспериментов, подтверждающим квантование поглощения света, стал опыт Вальтера Боте, проведенный им в 1925 году. В этом опыте тонкая металлическая фольга облучалась рентгеновским излучением низкой интенсивности. При этом фольга сама становилась источником слабого вторичного излучения. Исходя из классических волновых представлений, это излучение должно распределяться в пространстве равномерно во всех направлениях. В этом случае два счётчика, находившиеся слева и справа от фольги, должны были фиксировать его одновременно. Однако результат опыта оказался прямо противоположным: излучение фиксировалось либо правым, либо левым счётчиком и никогда обоими одновременно. Следовательно, поглощение идёт отдельными квантами. Опыт, таким образом, подтвердил исходное положение фотонной теории излучения, и стал, тем самым, ещё одним экспериментальным доказательством квантовых свойств электромагнитного излучения (Википедия).

## Корпускулярно-волновой дуализм электромагнитного излучения

*Излучение черного тела, фотоэффект, эффект Комптона* – свидетельствуют о корпускулярных свойствах света, т.е. свет представляет собой поток световых частиц – фотонов.

Интерференция, дифракция и поляризация света, свидетельствуют о волновой природе света.

**Связь между корпускулярными (энергия и импульс фотона) и волновыми свойствами (частота и длина волны)**

$$\varepsilon_{\gamma} = \hbar\omega \quad p_{\gamma} = \varepsilon_{\gamma}/c = 2\pi\hbar/\lambda$$

Волновые свойства света проявляются в процессах, связанных с его распространением, а корпускулярные – в процессах взаимодействия света с веществом.

## Корпускулярно-волновой дуализм электромагнитного излучения

Чем больше длина волны, тем меньше энергия и импульс фотона и в меньшей степени проявляются квантовые свойства света. Наоборот, чем меньше длина волны, тем больше энергия и импульс фотона и в меньшей степени проявляются волновые свойства света.

Микрочастица является новым – квантовым объектом: при распространении она ведет себя как волна, при взаимодействии она проявляет себя как частица.

Вероятностная (статистическая) интерпретация волновой функции позволяет устранить противоречие между двумя – корпускулярным и волновым – способами описания излучения.

Квадрат светового вектора определяет вероятность попадания фотона в данную точку поверхности

$$dP \sim E^2 dS$$

## Давление света с точки зрения корпускулярной теории

Если рассматривать свет как поток фотонов, то, согласно принципам классической механики, частицы при ударе о тело должны передавать ему импульс, другими словами — оказывать давление.

## Давление света

Поскольку фотоны обладают импульсом, то свет, падающий на тело, оказывает на него давление.

Если в единицу времени на единицу площади перпендикулярно падает  $N$  фотонов, то при коэффициенте отражения  $\rho$  света от поверхности  $\rho N$  фотонов отразится, а  $(1-\rho)N$  – поглотится. Каждый поглощенный фотон передает поверхности импульс  $p = \hbar\omega/c$ , а каждый отраженный –  $p = 2\hbar\omega/c$ .

$$P = \frac{I}{c}(1 + \rho) = w(1 + \rho)$$

$I = N\hbar\omega$  – интенсивность падающего излучения

$w = I/c$  – объемная плотность энергии излучения