

ДАВЛЕНИЕ СВЕТА

- Рассмотренные нами явления интерференции, дифракции, поляризации объясняются с точки зрения волновой теории света. Тепловое излучение, фотоэффект, эффект Комптона можно объяснить только с позиций квантовых представлений о свете. Свет имеет как бы двойственную природу.
- Волновые и квантовые свойства света находятся в неразрывном единстве. Единство указанных свойств позволяет глубже понять и истолковать ряд наблюдаемых явлений взаимодействия излучения с веществом.

- Рассмотрим с обеих точек зрения механическое действие света – давление, оказываемое им на встречные тела.

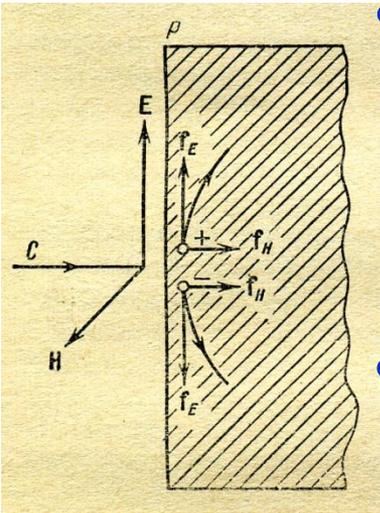


Рис. 1.

- Пусть на плоскую поверхность P падает перпендикулярно к ней электромагнитная волна.
- Векторы \vec{E} и \vec{H} лежат в плоскости P и действуют на электрические заряды, входящие в состав тела.
- Под действием силы $f_E = qE$ электрические заряды приходят в направленное движение вдоль поверхности, образуя поверхностный ток I .

- В металлах это ток проводимости, а в диэлектриках – поляризационный ток смещения.
- Магнитные силы \vec{f}_H , действующие на ток I , по закону Ампера будут всегда направлены перпендикулярно направлению тока и магнитного поля, т.е. внутрь тела.
- Заряды, расположенные на поверхности тела и связанные с его атомами, независимо от знака «вдавливаются» в тело.
- Ускорение и скорость v этих зарядов пропорциональны величине E . Магнитные же силы пропорциональны $\left[\vec{v} \times \vec{H} \right]$, т.е., в конечном счете, пропорциональны произведению $\left[\vec{E} \times \vec{H} \right]$.

- Однако последнее выражение пропорционально объемной плотности электромагнитной энергии ω падающей на поверхность тела волны. Точный расчет величины давления света по тенории Максвелла приводит к выражению:

$$p = (\omega_+ \rho) \quad (1)$$

где ρ – коэффициент отражения от данной поверхности.

- Аналогичная формула светового давления может быть получена и с точки зрения **фотонной теории света.**

• В этом случае световое давление следует рассматривать как результат передачи **импульса фотонов** поглощающей или отражающей поверхности.

• Поток монохроматического света частоты ν , падающий нормально на поверхность и приносящий за **1 с** на **1 м²** энергию равную **E** , содержит **N** фотонов, где **N** определяется из условия:

$$E = N h \nu \quad \Rightarrow \quad N = \frac{E}{h \nu}. \quad (2)$$

- Так как каждый фотон обладает импульсом $h\nu / \tilde{n}$ то он сообщает поглощающей поверхности импульс $h\nu / \tilde{n}$, а отражающей $2h\nu / \tilde{n}$.
- Импульс, сообщаемый 1 м^2 абсолютно поглощающей поверхности за 1 с , равен

$$N h \nu / \tilde{n} = E / \tilde{n}. \quad (3)$$

- Но импульс, сообщаемый единице поверхности тела в единицу времени – это и есть давление:

$$[\dot{\sigma}] = \frac{\hat{e} \tilde{a} \cdot \dot{i}}{\tilde{n}} \times \frac{1}{\dot{i}^2 \cdot \tilde{n}} = \frac{\dot{I}}{\dot{i}^2} = \ddot{I} \dot{a}. \quad (4)$$

• Итак, давление на поглощающую поверхность

$$p = E / \tilde{n} , \quad (5)$$

а на полностью отражающую –

$$p = 2E / \tilde{n} . \quad (6)$$

• В общем случае, когда коэффициент отражения равен ρ , из полного числа N фотонов, падающих на 1 м^2 за 1 с , поглощается $(1 - \rho)N$ и отражается ρN фотонов.

• Сообщаемый фотонами единице поверхности в единицу времени импульс равен:

$$(1 - \rho)N \frac{h\nu}{c} + \rho N 2 \frac{h\nu}{c} = N \frac{h\nu}{c} (1 + \rho) = (1 + \rho) \frac{E}{c} = (1 + \rho) \omega .$$

• Правая часть последнего выражения находится в согласии с формулой Максвелла и представляет формулу светового давления:

$$p = (1 + \rho) \omega . \quad (7)$$

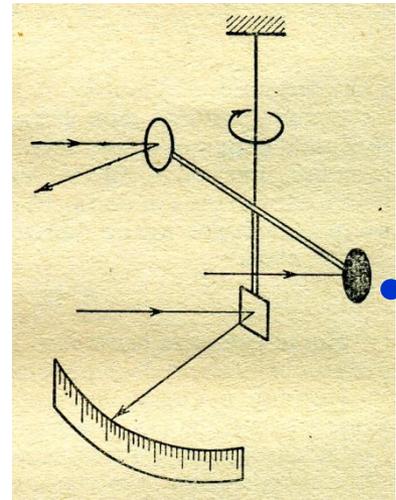


Рис. 2.

• Экспериментально давление света впервые было измерено П.Н.Лебедевым. О результатах он сообщил на конгрессе в Париже в 1900 г.

• Таким образом, исходя из результатов опыта и теоретических представлений о световом давлении можно утверждать, что свет обладает двойственной корпускулярно-волновой природой.

- Как, однако, соединить противоречивые свойства «волна и частица», принадлежащие одному материальному объекту – свету.
- Рассматривая различные явления, связанные с волновыми свойствами света, например, дифракцию света на дифракционной решетке, можно считать, что освещенность в различных точках экрана прямо пропорциональна вероятности попадания фотонов в эти точки.
- Однако, с другой стороны, освещенность пропорциональна интенсивности света, а интенсивность пропорциональна квадрату амплитуды светового вектора \vec{E} .

- Отсюда вывод: ***квадрат амплитуды световой волны, в какой либо точке есть мера вероятности попадания фотонов в эту точку.***



Рис. 3.

И.Кеплер. Начало XVII в.

Конец лекции
по данной теме