

## УВЛЕЧЕНИЕ СВЕТА ВЕЩЕСТВОМ

Л.В. Горячев, В.Л. Горячев

*С позиций корпускулярных представлений о квантах света объясняется уменьшение скорости света в веществе.*

*Предполагается наличие у квантов света свойства в процессе распространения в веществе вступать во взаимодействие с атомами этого вещества. В результате каждого акта взаимодействия квант света «задерживается» в составе атома и через некоторый промежуток времени «переизлучается». В оптически изотропной среде направление движения переизлученного кванта совпадает с первоначальным.*

*Предлагаемый механизм позволяет просто и наглядно объяснить явления увлечения света в опыте Физо с движущейся жидкостью и в астрономическом опыте Эйри по звездной аберрации.*

### Введение.

В процессе познания законов природы наряду с фундаментальными теориями успешно используются и феноменологические, то есть теории, в основе которых лежат не достоверные факты, а лишь кажущиеся и ассоциирующиеся в человеческом сознании с уже известными ему действительными явлениями природы. Так, например, в волновой оптике вводится понятие световых волн, распространяющихся подобно сферическим волнам возмущения в упругой среде. Несмотря на сомнительность существования таких волн развитая на основе этого предположения теория довольно успешно объясняет большое количество оптических явлений, связанных с распространением света. Однако целый ряд явлений, касающихся взаимодействия света с веществом, в рамках волновой оптики объяснить не удается.

Такова же судьба и других теорий, после создания которых появляются новые экспериментальные данные, не укладывающиеся в их рамки. Для их объяснения начинаются разработки новых теорий, обобщаются предыдущие экспериментальные данные, делаются попытки объяснить их с точки зрения новой единой теории. Но, поскольку предыдущие теории построены не на вполне обоснованных допущениях, то они зачастую противоречат друг другу, что не позволяет объединить их в единую теорию. Поэтому возникают ситуации, когда для объяснения явлений даже в одной и той же области физики приходится использовать различные, иногда и противоречащие друг другу теории. Одним из примеров подобного развития событий является история возникновения корпускулярно-волнового дуализма. Первоначальным источником противоречий в этой истории, на наш взгляд, явилась абсолютизация принципа Гюйгенса, введенного в свое время лишь как вспомогательный прием при построениях методами геометрической оптики.

Сегодня нет оснований сомневаться в существовании отдельных квантов света. Общеизвестно, что лишь после возврата к корпускулярным представлениям о свете Планку удалось в 1900 году объяснить закономерности излучения черного тела, приняв положение о том, что излучение является статистическим процессом, имеющим квантовый характер. Гипотеза квантов была подхвачена Эйнштейном, распространившим ее и на элементарные процессы. По Эйнштейну и распространение света в пространстве происходит отдельными порциями - квантами света.

Казалось бы, начиная с этого момента, а также с каждым новым подтверждением квантовых законов, должна была появиться и расти уверенность в том, что все без

исключения оптические явления могут быть объяснены в рамках чисто корпускулярных представлений, как имеющих фундаментальный характер. Однако даже сегодня мы пока не в состоянии отказаться от тех устоявшихся представлений, согласно которым такие явления, как прямолинейное распространение, интерференция и дифракция света, могут объясняться лишь в рамках волновой теории.

Критически настроенный читатель, возможно, возразит, что сегодня имеется квантовая теория, которая, объединив достоинства корпускулярной и волновой теорий, позволяет объяснить все без исключения известные экспериментальные факты. К сожалению, пока еще приходится констатировать следующее: квантовая теория не столько объясняет физику явлений, сколько занимается лишь описанием и предсказанием результатов экспериментов. К тому же и она не лишена противоречий. Уместно вспомнить тот период в истории физики, когда, несмотря на очевидные успехи, достигнутые квантовой теорией в начале двадцатого столетия, Эйнштейн, один из ее основоположников, отказался принять ее такой, каковой она остается и сегодня из-за ее только описательности без объяснения причинных механизмов происходящих процессов.

В данной работе авторы предлагают объяснение механизма уменьшения скорости света в оптически плотных средах на основании лишь корпускулярных представлений о свете. Дальнейшее их развитие позволяет перейти к объяснению и интерференционных и дифракционных явлений.

Правдоподобность предлагаемого механизма подтверждается простым и наглядным объяснением механизма увлечения света в опытах Физо и Эйри, а также некоторых других опытных фактов.

При написании данной работы мы пользовались общеизвестными данными. Более подробную информацию можно найти в работах [1-11], которые были использованы нами при сопоставлениях и анализе интересовавших их фактов.

## **1. Распространение света в покоящемся веществе.**

В данной работе в отличие от принятого сегодня рассмотрения волны электромагнитного поля при распространении света делается предположение о том, что отдельный квант света в изотропной среде распространяется прямолинейно со скоростью  $c/n$ . Здесь  $c$  - скорость света в вакууме,  $n$  - показатель преломления вещества. Поскольку этот момент не противоречит эксперименту, то он может быть постулирован. Оптически плотная среда рассматривается как вакуум с распределенными в нем атомами вещества.

Поскольку в вакууме скорость света имеет строго определенное значение, то также постулируется, что уменьшение его до значения  $c/n$  происходит за счет взаимодействия квантов света с атомами вещества. Предполагается, что в каждом акте взаимодействия отдельный квант света "поглощается" атомом вещества и через некоторый конечный промежуток времени  $\Delta t$  "переизлучается" атомом в первоначальном направлении. Естественно, что здесь под "поглощением" и "переизлучением" понимается не то, что принято обозначать в общепринятых теориях.

Постулируемые моменты находятся в полном соответствии с положением Эйнштейна о том, что как поглощение с излучением, так и распространение света в пространстве происходят конечными порциями.

Выразим скорость распространения света в изотропном веществе через параметры среды и света.

Пусть  $N$  - концентрация атомов вещества;

$\sigma$  - сечение взаимодействия кванта света с атомом вещества, сопровождающегося «поглощением» и «переизлучением» кванта;

$\Delta t$  - время между моментами «поглощения» и «переизлучения» кванта света.

На пути длиной  $L$  в покоящемся веществе в составе атомов вещества квант света будет находиться некоторое время  $\tau(L)$

$$\tau(L) = N\sigma L \Delta t \quad (1.1)$$

Суммарное время  $t(L)$ , за которое квант света в веществе пройдет расстояние  $L$ , составит величину

$$t(L) = \tau(L) + L/c = N\sigma L \Delta t + L/c = (L/c)(N\sigma \Delta t c + 1), \quad (1.2)$$

где  $L/c$  - время прохождения светом пути длиной  $L$  в вакууме.

Время  $t(L)$  может быть выражено и через показатель преломления  $n$

$$t(L) = \frac{L}{c/n} = \frac{nL}{c} \quad (1.3)$$

Сравнивая (1.2) и (1.3), получаем

$$n - 1 = N\sigma \Delta t c \quad (1.4)$$

Если учесть, что сечение взаимодействия  $\sigma$  кванта света с атомом вещества и время  $\Delta t$  могут быть зависимыми от энергии кванта (или частоты света  $\omega$ ), то можно записать следующую дисперсионную формулу

$$n(\omega) = N\sigma(\omega)\Delta t(\omega)c + 1 \quad (1.5)$$

Обращает на себя внимание ясный физический смысл полученной формулы. Из нее очевидно, например, что с уменьшением числа атомов  $N$  в единице объема среды (что равносильно уменьшению давления для газов) показатель преломления уменьшается, в пределе стремясь к единице.

Формула (1.4) демонстрирует линейную зависимость разности  $(n - 1)$  от концентрации атомов вещества.

Перенеся в (1.5) единицу в левую часть и разделив обе части на  $N$ , мы приходим к равенству

$$[n(\omega) - 1]/N = \sigma(\omega)\Delta t(\omega)c, \quad (1.6)$$

которое аналогично формуле для удельной рефракции, полученной на основе представлений классической физики. Смысл ее заключается в том, что удельная рефракция вещества не изменяется при изменении ее плотности. Экспериментальные данные хорошо подтверждают постоянство удельной рефракции газов для широкого диапазона давлений, и это совпадение многими авторами признается удивительным, поскольку общепризнанные дисперсионные формулы были выведены для условий лишь низких давлений. Из формулы же (1.6) видно, что это постоянство является прямым следствием предлагаемых в данной работе положений и сохраняется до тех пор, пока

постоянны  $\sigma(\omega)$  и  $\Delta t(\omega)$ , что, в свою очередь, должно зависеть от свойств конкретного вещества.

Еще более наглядное объяснение получают поведения молекулярной рефракции и рефракции веществ со сложным составом, которые также могут быть интерпретированы формулой, аналогичной (1.4):

$$(n - 1)_{\Sigma} = \sum_{i=1}^k N_i \sigma_i \Delta t_i c = \sum_{i=1}^k (n - 1)_i, \quad (1.7)$$

где  $(n - 1)_{\Sigma} = \sum_{i=1}^k (n - 1)_i$  - превышение показателя преломления над единицей для газовой смеси или молекулярного газа с  $k$  разнородными атомами в составе молекулы;  $N_i$  - концентрация отдельных компонентов в газовой смеси или атомов в молекулярном соединении.

Таким образом, согласно нашим предположениям физический смысл формулы молекулярной рефракции заключается в том, что уменьшение скорости света является результатом суперпозиции влияний всех составляющих среды за счет задержки ими квантов света.

Не менее наглядно можно объяснить и оптическую анизотропию веществ по направлениям. Для этого в формуле (1.4) надо предположить угловую зависимость сечения взаимодействия  $\sigma(\omega)$  квантов света с атомами вещества относительно оптических осей кристалла этого вещества.

## 2. Распространение света в движущемся веществе.

В случае достоверности постулируемых положений они должны найти подтверждение в соответствующих опытах с движущимися средами.

2.1. Рассмотрим процесс распространения кванта света вдоль оси кюветы в направлении движущейся в ней жидкости с показателем преломления  $n$ .

Пусть  $L$  - длина кюветы;  $t$  - время, за которое квант света пройдет путь от левого конца кюветы до правого;  $c$  - скорость света в вакууме;  $c(v)$  - искомая скорость распространения света относительно кюветы;  $\Delta t$  - время пребывания кванта света в составе атома за один акт взаимодействия («поглощение»- «излучение»);  $\sigma$  - сечение взаимодействия кванта с атомами движущегося вещества.

Очевидно, что искомая скорость  $c(v)$  может быть выражена как  $c(v) = L/t$ . Для этого выразим время  $t$  через перечисленные выше параметры. За время  $t$  столб жидкости в кювете сместится вправо на величину  $\Delta L = vt$ . Поэтому квант света за время  $t$  пройдет толщину жидкости  $L - vt$ , хотя общий путь в кювете останется  $L$ . Число атомов, в составе которых квант света перемещается со скоростью  $v$  относительно кюветы, равно  $N\sigma(L - vt)$ . Время пребывания  $t'$  в составе этих атомов находим как

$$t' = N \sigma (L - v t) \Delta t. \quad (2.1)$$

Суммарный путь  $L'$  кванта в составе атомов жидкости составляет

$$L' = t' v = N \sigma (L - v t) \Delta t v. \quad (2.2)$$

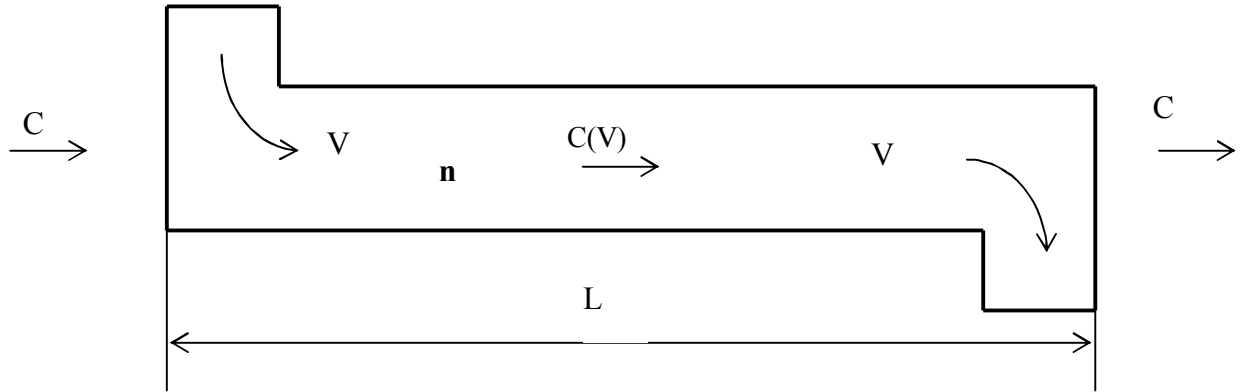


Рис. 1. К распространению света в движущемся веществе.  $L$  - длина кюветы;  $v$  - скорость течения жидкости с показателем преломления  $n$ . Свет распространяется в направлении движения жидкости относительно кюветы со скоростью  $C(v)$ .

Другую часть пути длиной

$$L'' = L - L' = L - N \sigma (L - v t) \Delta t v \quad (2.3)$$

квант света проходит в вакууме со скоростью  $c$ . Поэтому время  $t''$  прохождения этой части пути равно

$$t'' = \frac{L''}{c} = \frac{L}{c} - \frac{(L - v t)}{c} N \sigma \Delta t v. \quad (2.4)$$

Искомое время  $t$  составит величину

$$t = t' + t'' = N \sigma (L - v t) \Delta t + \frac{L}{c} - \frac{(L - v t)}{c} N \sigma \Delta t v. \quad (2.5)$$

Приведем последнее выражение к виду

$$t + N \sigma \Delta t (L - v t) (v/c - 1) = L/c, \quad (2.6)$$

от которого, раскрыв скобки  $(L - v t)$ , приходим к соотношению

$$t [ 1 - v (v/c - 1) N \sigma \Delta t ] = L [ 1/c - (v/c - 1) N \sigma \Delta t ]. \quad (2.7)$$

После этого можем написать выражение для искомой скорости

$$c(v) = L/t = \frac{1 + v(1 - v/c)N\sigma\Delta t}{1/c + (1 - v/c)N\sigma\Delta t}. \quad (2.8)$$

Вспоминая, что  $N \sigma \Delta t = (n - 1)/c$  (см.1.5), последнее выражение можно переписать в виде

$$c(v) = \frac{c + v(1 - v/c)(n - 1)}{1 + (1 - v/c)(n - 1)}, \quad (2.9)$$

или

$$c(v) = \frac{c+vn-v-v^2n/c+v^2/c}{n-vn/c+v/c} = \frac{c^2+vcn-vc-v^2n+v^2}{cn-vn+v} . \quad (2.10)$$

Производя деление многочлена на многочлен в 2.10, приходим к окончательному выражению для искомой скорости  $c(v)$ .

$$c(v) = c/n + v(1 - 1/n^2) - v^2/n^2c + v^2/n^3c - v^3/n^2c^2 + 2v^3/n^3c^2 - \dots \quad (2.11)$$

Анализируя последнее выражение, замечаем, что первые два члена в 2.11 есть не что иное, как известное выражение для скорости света в движущейся среде, впервые найденное Физо в его классическом опыте. Остальные члены в 2.11, начиная с третьего, при условии  $v \ll c$  являются членами высших порядков малости по сравнению с предыдущими. Поэтому можно считать, что с высокой степенью точности справедливо равенство

$$c(v) = c/n + v(1 - 1/n^2) . \quad (2.12)$$

## 2.2. Астрономический опыт Эйри.

При наблюдении за звёздами происходит периодическое смещение их изображения в телескопе вследствие периодического движения Земли вокруг Солнца с линейной скоростью  $V$ . Это явление получило название звездной аберрации.

Для лучшего понимания природы этого смещения на рисунке 2 изображен частный случай, когда ось телескопа совпадает с направлением на звезду  $S'$ . За время прохождения светом отрезка  $OA$  телескоп смещается на расстояние  $AA'$ . В результате кажущееся изображение звезды  $S'$  получается на угловом расстоянии  $\alpha$  от изображения  $S$ , которое имело бы место в случае  $V = 0$ . Наблюдаемый угол рефракции при этом равен

$$\alpha_0 = \frac{AA'}{OA} = \frac{V}{c} , \quad (2.13)$$

где  $c$  - скорость света в воздухе (здесь ее можно принять равной скорости света в вакууме).

При заполнении трубы телескопа веществом с показателем преломления  $n$  в выражении 2.13 скорость света в вакууме заменяется на  $c/n$  и угол рефракции равен

$$\alpha(n) = \frac{Vn}{c} . \quad (2.14)$$

Однако опыт, проведенный Эйри, показал, что угол аберрации и в веществе оказался прежним, т.е.

$$\alpha = \alpha(n) = \alpha_0 = V/c.$$

Рассчитаем величину угла аберрации  $\alpha(n)$  с учетом предложенного свойства квантов, принятого выше при рассмотрении опыта Физо.

Пусть  $OA = L$ , где  $L$  - длина трубы телескопа. Квант света в вакууме проходит этот путь за время  $t = L/c$ . При заполнении трубы преломляющим веществом это время увеличивается на величину

$$t' = \frac{Ln}{c} - \frac{L}{c} = \frac{L}{c}(n-1) . \quad (2.15)$$

Как мы предполагали выше, это увеличение происходит за счет пребывания квантов света в составе атомов вещества. Следовательно, вместе с атомами вещества кванты света за время  $t'$  смещаются вправо на величину

$$t'V = \frac{L}{c} (n - 1) V . \quad (2.16)$$

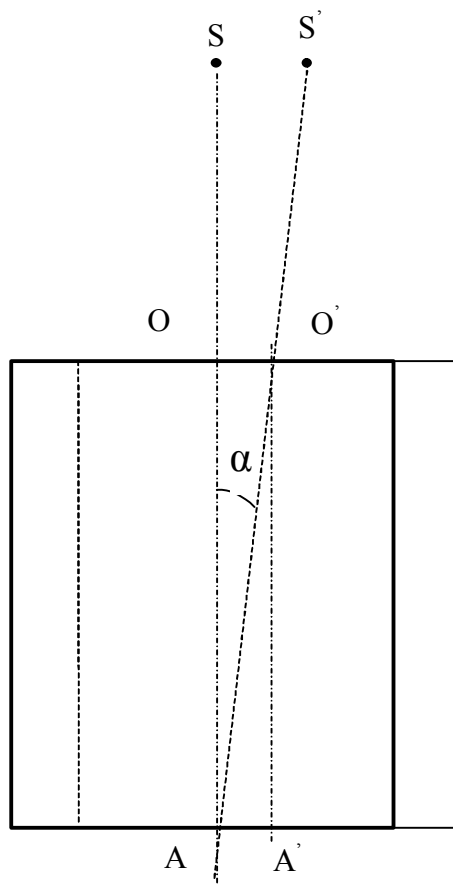


Рис.2 К звездной aberrации. SOA - путь луча света от звезды S; S'O'A- кажущийся путь луча; S' - кажущееся положение звезды; α - угол aberrации.

Поэтому результирующее поперечное смещение света составит величину

$$\Delta = \frac{V L n}{c} - \frac{L}{c} (n - 1) V = \frac{V L}{c}, \quad (2.17)$$

а угол  $\alpha(n)$  в преломляющем веществе трубы телескопа будет равен

$$\alpha(n) = \Delta/L = VL/cL = V/c, \quad \text{т.е. } \alpha(n) = \alpha_0,$$

что находится в согласии с результатом опыта Эйри.

### **Обсуждение результатов. Заключение.**

Несложные расчеты, представленные выше, приводят нас к вполне определенному выводу о том, что предлагаемый механизм распространения света как в покоящихся, так и в движущихся средах не противоречит имеющимся экспериментальным данным.

Более того, столь загадочное явление, как увлечение света движущимся веществом, как бы само собой разумеющееся следует из предложенного механизма. При этом необходимо обратить внимание на тот момент, что результирующая скорость света в движущемся веществе получается как средняя скорость последовательного перемещения квантов со скоростью света  $c$  в вакууме и со скоростью  $V$  движущегося вещества в составе его атомов. Поэтому при объяснении результатов опытов Физо и Эйри отпадает необходимость пользоваться лорентцовским сложением скоростей, которое пока считается единственным удовлетворительным способом объяснения результатов этих опытов.

Не исключено, что предполагаемое свойство квантов действительно имеет место. Тогда мы имеем дело со свойством квантов света, не привлечшим до сих пор должного внимания со стороны исследователей. Последовательное же и тщательное развитие теории с учетом объективно существующего и ранее неучитываемого свойства квантов должно привести к предсказанию новых явлений или же к новому непротиворечивому объяснению совокупности известных явлений. В частности, очень интересным получается объяснение дифракционных явлений. Из него следует, что не исключается возможность устранения дифракции на краях экранов и диафрагм [12].

### **Литература.**

1. А.Эйнштейн. Собрание научных трудов. М., 1965.
2. Н. Бор. Избранные научные труды. М., 1971.



3. С.И. Вавилов. Экспериментальные основания теории относительности. М., 1928.
4. М. Борн. Эйнштейновская теория относительности. М., 1964.
5. М. Льюиси. История физики. М., 1970.
6. Э. Вихман. Квантовая физика. М., 1974.
7. Эйнштейновский сборник под ред. И.Е. Тамма и Б.Г. Кузнецова. М., 1966.
8. Г.С. Ландсберг. Оптика. М., 1976.
9. Д.В. Сивухин. Общий курс физики, т.4. М., 1985.
10. Б. Клайн. В поисках. М., 1971.
11. Философские проблемы современной физики. Сб. ст. под ред. И.В. Кузнецова и М.Э. Омеляновского. М., 1959.
12. Л.В. Горячев. О принципиальной возможности устранения дифракционных явлений в оптических инструментах. Отчет СарФТИ, 1998, № государств. регистрации У83071 от 09.02.99.