

подвешено на тонкой нити, перпендикулярной к плоскости чертежа. Движущийся газ давит на поршень *B* и закручивает нить. По закручиванию нити можно вычислить давление света на молекулы газа.

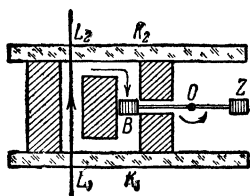


Рис. 156. Схема прибора Лебедева для измерения давления света на газы.

Лебедев установил, что свет оказывает заметное давление только на газы, поглощающие свет (невидимые части спектра), — бутан, углекислоту, ацетилен и т. д. Давление света оказалось для углекислоты равным примерно 10^{-6} дин на 1 см^2 , что превосходно совпадает со значением, рассчитанным на основании электромагнитной теории.

Эти опыты были исключительно трудны. Лебедев пишет: «Позволю себе заметить, что и настоящая работа заняла более трех лет времени, в течение которых было построено и исследовано более 20 поршневых приборов разных типов».

Значение опытов Лебедева очень велико и не исчерпывается просто подтверждением электромагнитной теории света. Установленное в этих опытах наличие механического импульса света существенно для решения вопроса об инертной массе света и для решения более общей проблемы пропорциональности массы и энергии (§ 78).

§ 42. Дисперсия. Опыты Ньютона

Примерно в 1666 г. Ньютон произвел следующий простой, но чрезвычайно важный опыт (рис. 157): «Я взял продолговатый кусок толстой черной бумаги с параллельными сторонами *DHIE* и разделил его на две равные половины линией *FG*. Одну часть я окрасил красной краской, другую — синей. Бумага была очень черной, краски были интенсивными и наносились толстым слоем для того, чтобы явление могло быть более отчетливым. Эту бумагу я рассматривал сквозь призму *ABC abc* из массивного стекла, стороны которой были плоскими и хорошо полированными.

Рассматривая бумагу, я держал ее и призму перед окном *MN*... Стена комнаты за призмой, под окном, была покрыта черной материей, находившейся в темноте; таким образом, от нее не мог отражаться свет, который, проходя мимо краев бумаги в глаз, смешивался бы со светом от бумаги и затемнял бы явление. Установив предметы таким образом, я нашел, что в том случае, когда преломляющий угол призмы *BAC* повернут кверху, так что бумага кажется вследствие преломления приподнятой (изображение *dgfe*), то синяя сторона *dg* поднимается преломлением выше, чем красная *fe*. Если же преломляющий угол призмы повернут вниз и бумага кажется опустившейся вследствие преломления (изображение *δyφe*), то синяя часть *δy* окажется несколько ниже, чем красная *φe*.

Таким образом, в обоих случаях свет, приходящий от синей половины бумаги через призму к глазу, испытывает при одинаковых обстоятельствах большее преломление, чем свет, исходящий от красной половины».

С современной точки зрения это явление объясняется тем, что показатель преломления стекла, из которого сделана призма, зависит от длины волны проходящего света. Лучи с различной длиной волны призма преломляет различным образом. У стекла показатель преломления для синих лучей больше, чем для красных, т. е. показатель преломления убывает с возрастанием длины волны.

Ньютон описывает и второй, не менее важный опыт в этой же области. В совершенно темной комнате он проделал небольшое отверстие в ставне окна, через которое проходил белый солнечный луч (рис. 158). Пройдя через призму, этот луч давал на стене целый окрашенный спектр. Тем самым было доказано, что белый свет представляет собой смесь цветов и что эту смесь можно разложить на составные цвета, пользуясь различием в преломлении для лучей разного цвета.

Не следует, однако, думать, что Ньютону принадлежит само открытие призматических цветов. С. И. Вавилов, один из наиболее тонких знатоков Ньютона, писал: «Ньютон вовсе не открывал призматических цветов, как это нередко пишут и особенно говорят: они были известны задолго до него, о них знали Леонардо да Винчи, Галилей и многие другие; стеклянные призмы продавались в XVII в. именно из-за призматических цветов». Заслуга Ньютона состоит в проведении четких и тонких опытов, выяснивших зависимость показателя преломления от цвета лучей (см., например, первый опыт).

Зависимость показателя преломления от длины волны проходящего света называется *дисперсией*¹⁾ света. На рис. 159 изображены дисперсионные кривые для ряда кристаллов.

Практически дисперсию характеризуют заданием ряда значений показателя преломления для нескольких длин волн, соответствующих темным фраунгоферовым линиям в солнечном спектре.

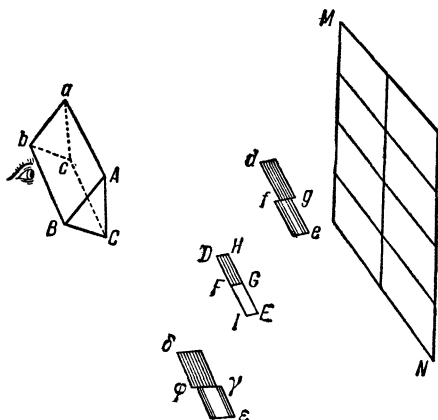


Рис. 157. Схема опыта Ньютона, доказывающего существование дисперсии.

¹⁾ От лат. *dispargere* — рассеивать.

На советских оптических заводах обычно пользуются четырьмя значениями показателя преломления стекла: n_C — показатель преломления для красного света с длиной волны 656,3 миллимикрона ($m\mu$); n_D — для желтого света с длиной волны 589,3 $m\mu$; n_F —

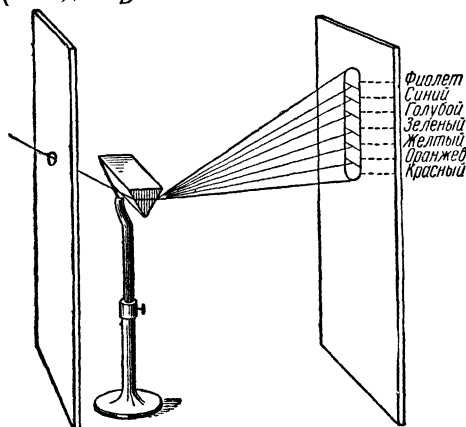


Рис. 158. Дисперсионный спектр белого света.

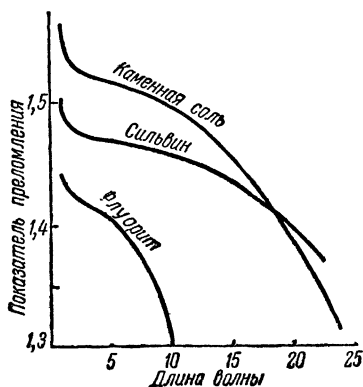


Рис. 159. Дисперсионные кривые различных веществ.

для синего света с длиной волны 486,1 $m\mu$ и n_G — для синего света с длиной волны 434,1 $m\mu$.

Стекла с малым удельным весом — *кроны* — обладают меньшей дисперсией, тяжелые стекла — *флинты* — большей дисперсией.

В таблице приведены численные данные о дисперсии советских оптических стекол и некоторых жидких и кристаллических тел.

Название вещества	n_D	$n_F - n_C$	$n_F - n_D$	$n_G - n_F$
Легкий крон С-20 . .	1,5100	0,00805	0,00565	0,00451
Легкий флинт С-16 .	1,5783	0,01387	0,00988	0,00829
Тяжелый крон С-24	1,6126	0,01046	0,00737	0,00593
Тяжелый флинт С-18	1,7550	0,02743	0,01975	0,01730
Флуорит	1,43385	0,00454	0,00320	0,00253
Вода	1,33295	0,00601	0,00417	0,00326
Альфа-бром-нафталин	1,65820	0,03247	0,02375	0,02215

Из цифр, приведенных в таблице, вытекает ряд интересных следствий. Остановимся на некоторых из них. Дисперсия сказывается в самом крайнем случае только в изменении второго знака после запятой в величине показателя преломления. Вместе с тем, как мы увидим дальше, дисперсия играет колоссальную роль в работе оптических инструментов. Далее, хотя большая дисперсия, как

правило, соответствует большему значению показателя преломления, но наблюдается и обратное соотношение (ср. легкий флинт С-16 с тяжелым кроном С-24 или воду с флуоритом).

Обращают на себя внимание чрезвычайно малая дисперсия у твердого тела — флуорита — и чрезвычайно высокая дисперсия у жидкого тела — альфа-бром-нафталина ($C_{10}H_7Br_2$). Обычно дисперсия у жидких тел меньше, чем у твердых.

Наконец, таблица показывает, что у всех приведенных тел дисперсия больше в синем конце спектра, разности $n_G - n_F$, несмотря на малое различие в длинах волн (52 мкм), близки к $n_F - n_D$, соответствующим гораздо большей разнице в длинах волн (108,2 мкм).

Поэтому в синей части и задают два значения показателя преломления n_F и n_G . Стандартной характеристикой преломляющей способности вещества является показатель преломления n_D , измеряемый в желтом свете светящихся паров натрия. Дисперсию же удобно характеризовать разностью $n_F - n_C$, соответствующей почти краям видимого спектра.

§ 43. Молекулярная теория дисперсии

Таким образом, из опыта следует, что показатель преломления не является постоянной величиной, характеризующей вещество, а зависит от длины волны падающего света. Вместе с тем в § 40 мы указали, что показатель преломления n равен корню квадратному из диэлектрической постоянной. Получается на первый взгляд противоречие: одна и та же величина является переменной, и в то же время она остается равной определенной постоянной $\sqrt{\epsilon}$ [формула (2)]. Кроме того, численное значение для n , полученное извлечением квадратного корня из ϵ , резко расходится с экспериментальными данными для твердых тел и совпадает лишь для газов. Например, для воды $n = 1,33$, а не 9, как следовало бы из (2), так как $\epsilon = 80$.

Все эти противоречия разрешаются очень легко, если мы вдумаемся в то, что мы называем диэлектрической постоянной. Формула (2) получена из рассмотрения световой волны как электромагнитного колебания, скорость распространения которого в среде зависит от электрических свойств этой среды. Обычная диэлектрическая постоянная ϵ характеризует свойства среды в условиях постоянного электрического поля. Для ее определения в условиях постоянного поля измеряют, например, емкость конденсатора. Когда сквозь среду проходит свет, то дело обстоит иначе. Среда попадает в быстропеременное поле световой волны. Частота перемен достигает колоссальной величины, равной примерно 10^{15} раз в секунду. Очевидно, что значение ϵ , измеренное в условиях постоянного поля, не будет годиться для случая электрических полей такой частоты. В электростатике мы указали на связь, существующую между диэлектрической постоянной и электрическими свойствами отдельной молекулы