

Лекция №6: «ПОГЛОЩЕНИЕ И РАССЕЯНИЕ СВЕТА»

1. Поглощение света

2. Рассеяние света



Кафедра медицинской и биологической физики

ЛИТЕРАТУРА

1. Ремизов А.Н., Максина А.Г., Потапенко А.Я. Медицинская и биологическая физика. М., «Дрофа», 2008, §§ 24.1, 24.2.
2. Ремизов А.Н., Потапенко А.Я. Курс физики. М., «Дрофа», 2004, §§ 25.2, 25.3.

1. Поглощение света

Поглощением света называется ослабление интенсивности световой волны при прохождении через вещество вследствие превращения световой энергии в другие виды энергии.

Пусть световая волна интенсивностью I_0 проходит через слой вещества толщиной d . Тогда интенсивность световой волны, прошедшей через вещество дается выражением:

$$I_d = I_0 e^{-\alpha d},$$

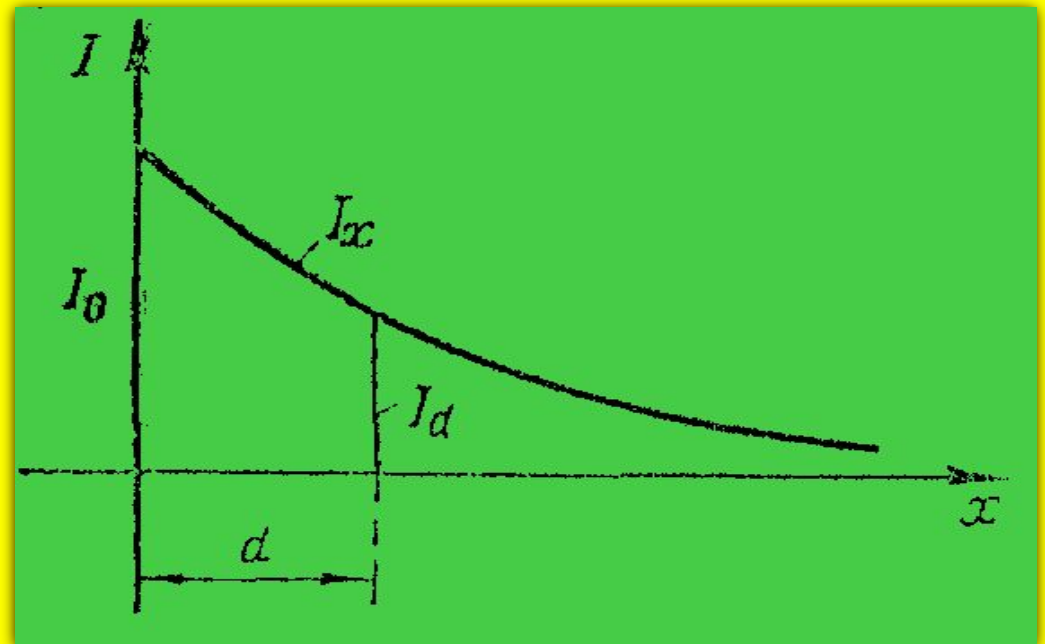
(1)

где α - показатель поглощения, характеризующий поглощательную способность вещества.

Он зависит от природы и состояния вещества, а также от частоты (длины волны) света. Формула (1) выражает **закон поглощения света Бугера**.

График зависимости интенсивности света от толщины слоя среды имеет вид (рис.1):

Рис.1

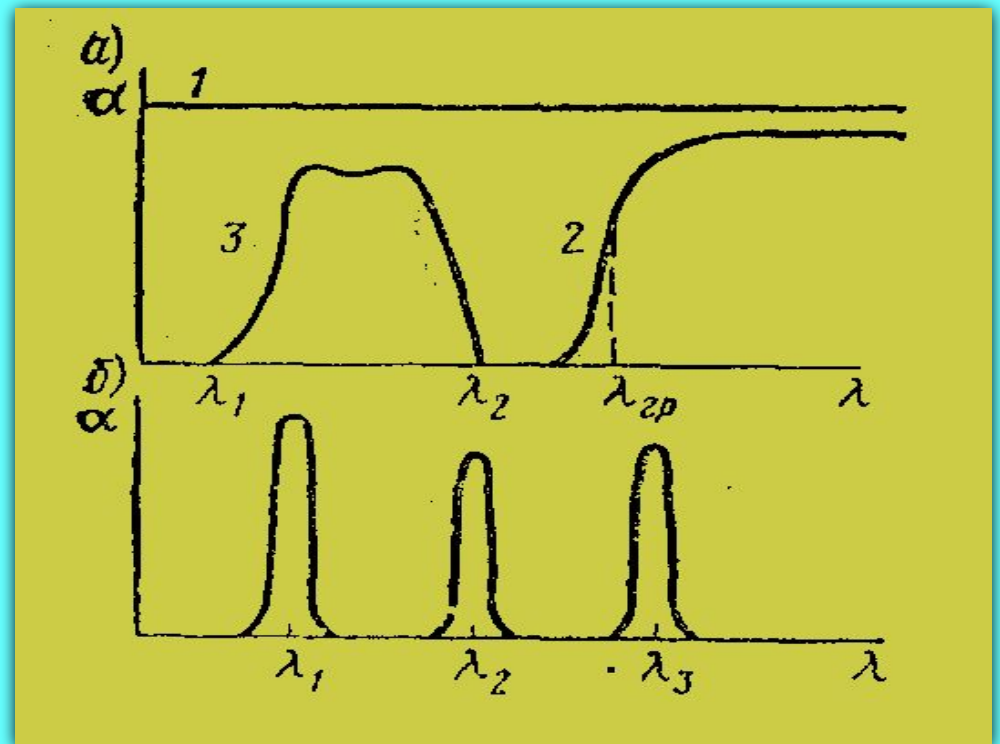


Показатель поглощения достаточно высок у **металлов** ($\alpha = 10^3 - 10^4 \text{ см}^{-1}$).

Это объясняется наличием в металлах **свободных электронов**, вынужденные колебания которых легко возбуждаются и имеют значительную амплитуду. Падающая на поверхность металла световая волна быстро расходует свою энергию и поэтому проникает на малую глубину. У **диэлектриков** показатель поглощения невелик ($\alpha = 10^{-3} - 10^{-5} \text{ см}^{-1}$), но у них наблюдается **селективное поглощение света в определенных интервалах длин волны**, в которых показатель поглощения резко возрастает. Это связано с тем, что в диэлектриках нет свободных электронов и значительное поглощение света происходит только при **резонансных колебаниях**, т. е. при частотах световой волны, близких к собственным (или кратным им) частотам колебаний электронов диэлектрика.

Примерный характер зависимости показателя поглощения α от длины волны λ показан на рис 2:

Рис.2



1-график для тел, равномерно поглощающих свет любой длины волны (черные и серые тела).

2-для тел, поглощающих свет любых длин волн, начиная с некоторой граничной $\lambda_{гр}$;

3-для тел, имеющих широкую полосу поглощения в пределах длин волн от λ_1 до λ_2 ;

На рис.2,б-график для тел с селективным (резонансным) поглощением при определенных длинах волн $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$.

Поглощение монохроматического света растворами окрашенных веществ (при условии, что растворитель не поглощает света данной длины волны и раствор имеет невысокую концентрацию) подчиняется закону **Бугера-Бера**:

$$I_d = I_0 \cdot e^{-\epsilon C d}, \quad (2)$$

где ϵ -показатель поглощения для раствора единичной концентрации, C -концентрация вещества в растворе.

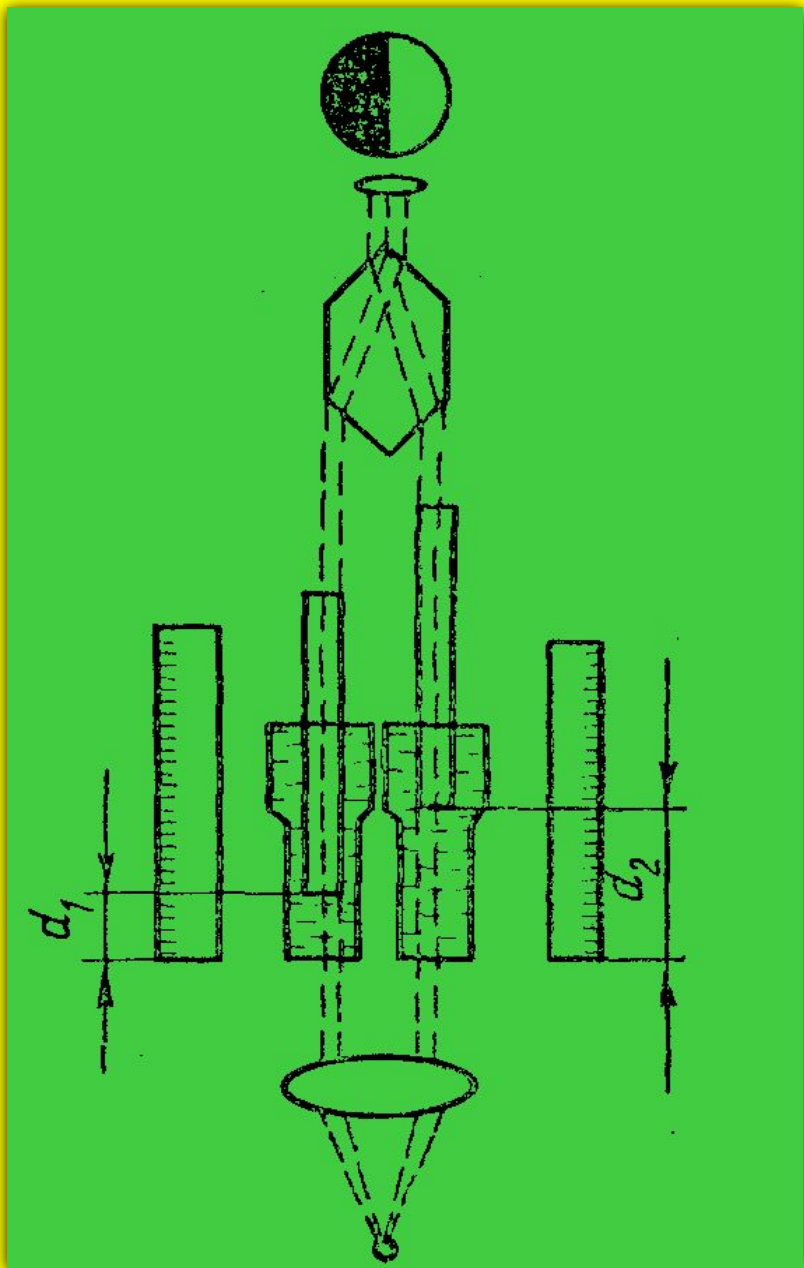
В системе десятичных логарифмов формула (2) примет вид

$$I_d = I_0 \cdot 10^{-\alpha' Cd} \quad , \quad (3)$$

где $\alpha' = \alpha/2,3$.

Отношение $I_d/I_0 = T$ называется *коэффициентом пропускания* или *прозрачностью* раствора, а величина $D = \lg(I_0/I_d) = -\lg T$ — *оптической плотностью*. В соответствии с приведенной выше формулой, оптическая плотность раствора $D = \alpha' Cd$.

На законе Бугера-Бера основан метод измерения концентрации растворов окрашенных веществ (*концентрационная*



Сравниваются толщины d_1 и d_2 слоев двух растворов одного и того же вещества: исследуемого с концентрацией C_1 и стандартного C_2 , в которых имеет место одинаковое поглощение света. В приборе, называемом **концентрационным колориметром**, свет от одного и того же источника проходит через слои d_1 и d_2 растворов; изменением толщины слоев уравнивается яркость двух половин поля зрения, освещенного светом, прошедшим через эти растворы (рис. 3).

Рис.3

При этом уравниваются и оптические плотности растворов: $D_1 = D_2$, или $C_1 d_1 = C_2 d_2$, откуда $C_1/C_2 = d_2/d_1$, т. е. концентрации C_1 и C_2 обратно пропорциональны толщинам слоев d_1 и d_2 .

Аналогичный метод определения концентрации вещества в коллоидном растворе называется **нефелометрией**. При этом сравниваются интенсивности света, рассеянного частицами в стандартном и исследуемом растворах: при относительно невысоких концентрациях они пропорциональны концентрации взвешенных частиц и высоте столба раствора. Растворы освещаются боковым светом.

2. Рассеяние света

Рассеянием света называют явление, при котором распространяющийся в среде световой пучок отклоняется по всевозможным направлениям.

Необходимым условием для возникновения рассеяния света является наличие **оптических неоднородностей**- областей с иным, чем основная среда, показателем преломления.

Различают два основных вида таких неоднородностей:

- мелкие инородные частицы в однородном прозрачном веществе. Такие среды являются мутными: дым (твердые частицы в газе), туман (капельки жидкости в газе), взвеси, эмульсии и т.п.

Рассеяние в мутных средах происходит **потенциально**

• оптические неоднородности, возникающие в чистом веществе из-за статистического отклонения молекул от равномерного распределения (*флуктуации плотности*). Рассеяние света на таких неоднородностях называют **молекулярным** (например, рассеяние света в атмосфере).

Уменьшение интенсивности света вследствие рассеяния, как и при поглощении, описывают показательной функцией

$$I = I_0 e^{-ml}, \quad (4)$$

где m — показатель рассеяния (натуральный).

При совместном действии поглощения и рассеяния света ослабление интенсивности также является показательной функцией

$$I = I_0 e^{-\mu l}, \quad (5)$$

где $\mu = m + \alpha$ - показатель ослабления.

Рассеяние света в мутной среде на неоднородностях, приблизительно меньших $0,2 \lambda$ (λ - длина волны света), а также молекулярное рассеяние подчиняется **закону Рэлея**: *интенсивность рассеянного света обратно пропорциональна четвертой степени длины волны:*

$$I \sim 1 / \lambda^4, \quad (6)$$

Это означает, что из белого света веществом, например в точке **Д** (рис.4), будут преимущественно рассеиваться голубые и фиолетовые лучи (направление **А**), а красные — проходить в направлении **Б** падающего

Аналогичное явление наблюдается и в природе: голубой цвет неба — рассеянный свет, красный цвет заходящего Солнца — изменение спектра белого света из-за значительного рассеяния голубых и фиолетовых лучей в толще атмосферы при наклонном падении.

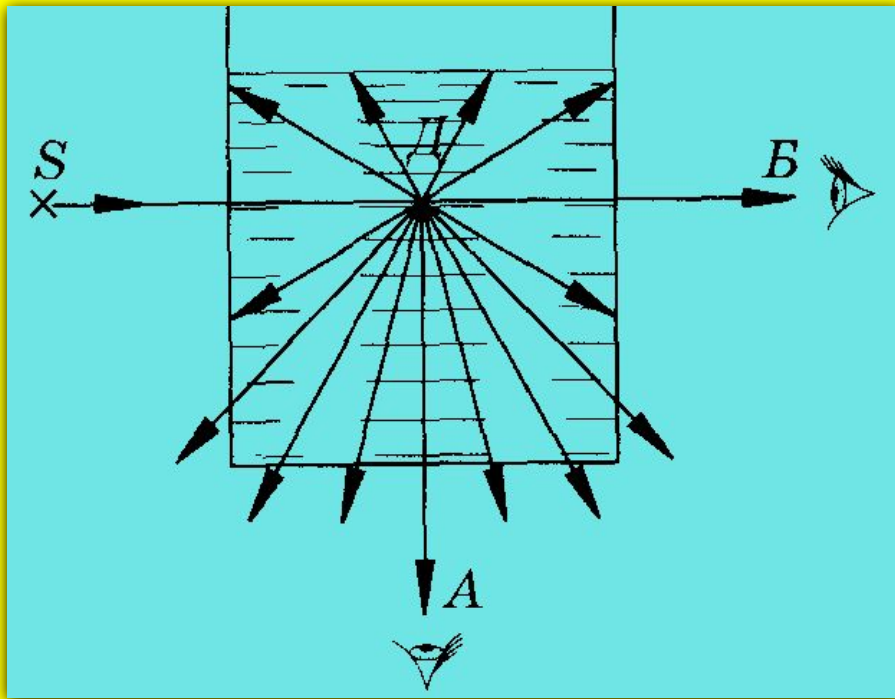


Рис.4

Меньшее рассеяние красных лучей используют в сигнализации: опознавательные огни на аэродромах, наиболее ответственный свет светофора-красный, и т. п. Инфракрасные лучи рассеиваются еще

При рассеянии света в однородных жидкостях и кристаллах в рассеянном свете кроме падающей волны частотой ω_0 появляются волны с частотой ω_M , отличающейся от нее на определенную величину $\Delta\omega$, характерную для молекулярной структуры данного вещества: $\omega_M = \omega_0 \pm \Delta\omega$.

Этот вид молекулярного рассеяния называется **комбинационным рассеянием света** и имеет значение для изучения структуры вещества.

С помощью метода комбинационного рассеяния определяются собственные частоты колебаний молекулы; он позволяет также судить о характере симметрии молекулы. Спектры комбинационного рассеяния настолько характерны для молекул, что с их помощью осуществляется анализ сложных молекулярных смесей.

Спектроскопия комбинационного рассеяния дает информацию, аналогичную получаемой инфракрасной спектроскопией, но имеет то **преимущество, что позволяет работать с водными растворами молекул, используя видимый свет, для которого растворитель прозрачен.**

В заключение отметим, что **при рассеянии света энергия сохраняет свою электромагнитную природу. При поглощении света она переходит в другие виды внутренней энергии**, при этом в веществе могут происходить различные явления: **повышение интенсивности теплового движения (тепловой эффект), возбуждение и ионизация атомов и молекул, активация молекул (фотохимический эффект) и т. п.**

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- .Запишите формулу закона Бугера.
- .От чего зависит коэффициент (показатель) поглощения?
- .Запишите формулу закона Бугера-Бера в системе натуральных и десятичных логарифмов.
- .Какое явление называется рассеянием света?
- .Что такое оптические неоднородности и какие их виды различают?
- .Опишите виды рассеяния света. Приведите примеры.
- .Сформулируйте закон Рэлея. Как с помощью этого закона объясняются некоторые атмосферные явления?
- .Сохраняет ли энергия при рассеянии и поглощении света свою электромагнитную природу?