

## Взаимодействие на светлината с веществата

Както вече казахме, според електронната теория на Лоренц, светлината преминавайки през някаква среда, възбужда трептения на електроните в атомите на веществото. Под влияние на падащата светлинна вълна електроните извършват принудени трептения с честота, съпадаща с честотата на падащата вълна. Знаем, че амплитудата на принудените колебания зависи от съотношението между собствената честота на трептене и честотата на принудителната сила (виж темата Принудени трептения). Честотата на трептене на светлинните вълни е сравнима с честотата на трептене на електроните в атомите, поради което взаимодействието на светлината с веществото зависи съществено от дължината на вълната на светлината, следователно диелектричната проницаемост на средата  $\epsilon$  зависи от дължината на вълната  $\lambda$ ,  $\epsilon(\lambda)$ .

Според Максвел (виж темата Развитие на учението за светлината) големината на скоростта на светлината в среда , , .

За всички прозрачни диелектрици магнитната проницаемост  $\mu$  практически е равна на единица. Следователно, за коефициента на пречупване на веществото

$n$   
получаваме

$n^2(\lambda) = \epsilon(\lambda)$ . Коефициентът на пречупване на веществото зависи от дължината на вълната.

### Дисперсия на светлината

Явлението, предизвикано от зависимостта на коефициента на пречупване на веществото  $n$  от дължината на светлинната вълна  $\lambda$ , наричаме дисперсия на светлината. За всички прозрачни вещества коефициентът на пречупване расте с намаляване на дължината на вълната

$n$   
, т.е. в прозрачните вещества виолетовите лъчи се пречупват по-силно от зелените, зелените – по-силно от червените и т.н.

Аналитично (приблизително): , където коефициентите  $A$  и  $B$  зависят от веществото.

Различното пречупване на светлинните лъчи с различна дължина на вълната дава възможност да разложим бялата (естествената) светлина на нейните монохроматични съставлящи. Такъв опит най-напред е бил извършен от Нютон в 1672 г. :

Лъч слънчева светлина преминава през малък отвор и след като се пречупи в стъклена призма пада върху бял лист хартия. Върху белия лист хартия получаваме цветна ивица. Най-слабо отклонен от първоначалната посока на светлинния лъч е червеният край на ивицата, което съответства на най-малък коефициент на пречупване (за най-голяма дължина на вълната), най-силно отклонен от първоначалната посока е виолетовият край на ивицата, което съответства на най-голям коефициент на пречупване (за най-малка дължина на вълната).

### Поглъщане на светлината

Преминавайки през каквото и да е вещество, светлината се поглъща от него до една или друга степен.

От гледна точка на вълновия характер на светлината поглъщането на светлината може да се обясни в общи черти от енергетична гледна точка, без да влизаме в детайли в механизма на взаимодействие на светлинните вълни с атомите и молекулите на поглъщащото вещество.

Поглъщането на светлината е изследвано от френският физик Пиер Бугер. Той извежда експериментално закон (1729 г.), който носи неговото име. Нека проследим процеса на поглъщане. Нека върху еднородно вещество пада плоска монохроматична вълна с интензитет ( виж темата Интензитет на вълна)  $I_0$ .

Да изберем оста  $X$  в направление на разпространение на вълната, насочена в посока на

разпространение на вълната и с начало, точката в която се проектира границата на веществото, върху която пада вълната.

При преминаване през средата светлинната вълна предава на средата енергия, което води до отслабване на интензитета  $I$ . Да означим с  $I(x)$  интензитета на вълната в точките от средата, които се проектират в точка

$x$ .  
Да вземем тънък слой от веществото, ограничен от паралелни повърхнини, перпендикулярни на посоката на разпространение на светлината, които се проектират в точките

$x$   
 $x + \Delta x$   
съответно.

След преминаване на слоя с дебелина  $\Delta x$  интензитетът на вълната се променя (което се установява експериментално) с

$$\Delta I = -k I(x) \Delta x, \quad (1)$$

където  $k$  е коефициент на пропорционалност, наречен коефициент на поглъщане на веществото. Ако в (1) преминем към граница ( $\Delta x \rightarrow 0$ ) ще получим уравнението на поглъщането в диференциална форма

$$dI = -k I(x) dx \quad (2)$$

Общото решение на диференциалното уравнение (2) е

$$I(x) = a e^{-kx},$$

където  $a$  е произволна константа, която можем да определим от началното условие

$$I(0) = I_0 \quad I = I_0 e^{-kx}. \quad (3)$$

Съгласно закона на Бугер (3) коефициентът на поглъщане  $k$  за монохроматични вълни не зависи от интензитета на вълната, а само от дължината на вълната

$k$   
=  
 $k$   
(  
□

) и за различните вещества зависи по сложен начин от дължината на вълната. След откриването на лазерите, които дават възможност да се получат изключително мощни светлинни импулси е наблюдавано намаляване на коефициента на поглъщане при свръхвисоки интензитети. Това отклонение е свързано с нарушаване на закона за суперпозицията и е предмет на изследване на така наречената нелинейна оптика.

Ако за видимата област на спектъра коефициентът на поглъщане  $k$  е малък, средата се нарича **прозрач**

**на**

Например,

**неоцветеното стъкло с дебелина 1 см поглъща 1% от преминаващите през него лъчи на видимия спектър**

, но силно поглъща ултравиолетовите и инфрачервените лъчи.

Цветните прозрачни тела са телата, които селективно поглъщат светлината от видимия спектър. Например стъклото, което наричаме **“червено” поглъща слабо червените лъчи**, но поглъща силно останалите. Ако върху такова стъкло пада естествена (бяла) светлина, която е смес от вълни с различна дължина на вълната, то през него ще преминат само вълните с по-голяма дължина на вълната, предизвикващи усещането за червен цвят, а по-късите ще бъдат погълнати.

### Разсейване на светлината

При преминаване през оптично еднородна среда, т.е. среда с показател на пречупване равен на константа, светлината се разпространява праволинейно. Среда, чийто показател на пречупване се мени от точка в точка, се нарича оптично нееднородна. В оптично нееднородна среда се наблюдава явлението разсейване на светлината, изразяващо се в отклонение на част от светлината от първоначалната посока на разпространение.

Пример за оптично нееднородни среди са така наречените мътни среди – матовите стъкла, аерозолите, емулсиите, мъглата, димът и т.н. Те съдържат частички с размери, по-малки от дължината на вълната на видимата светлина, които имат показател на пречупване, различен от показателя на пречупване на околната среда. Когато размерите на нееднородността на средата са не по-големи от  $0,1 \lambda$ , където  $\lambda$  е дължината на светлинната вълна и средното разстояние между тях е значително по-голямо от дължината на вълната, тези нееднородности (частици) играят ролята на независими източници на светлина, излъчващи некохерентно. Техните вълни се разпространяват самостоятелно във всички посоки, поради което мътната среда разсейва светлината. Може да се покаже, че

### **интензитетът на разсеяната вълна**

(еквивалентно

$I$

$\sim$

$\lambda^4$

4

, където

$\lambda$

е честотата на вълната). Тази зависимост е установена от британския физик Джон Релей (1842-1919 г.) и се нарича закон на Релей.

Можем да наблюдаваме качествено това явление, ако пропуснем сноп бяла светлина през стъклен съд с мътна течност.

Наблюдаваната отстрани следа на снопа светлина изглежда синкава, тъй като по-късите вълни (вълните с по-голяма честота  $\lambda$  – синкавият цвят) се разсейват по-силно от по-дългите (с по-малка честота

$\lambda$

– червеникавият цвят). Преминалият през течността сноп светлина образува на екрана

$E$

червеникаво-жълто петно, тъй като е обогатен с по-големи дължини на вълните, които

се разсейват по-слабо.

В резултат на разсейването на светлината интензитетът на вълната в посока на разпространението намалява по-бързо, отколкото при наличие само на поглъщане на светлината. Затова при преминаване през мътни среди във формулата за поглъщане на светлината (2), наред с коефициента на поглъщане  $k$ , трябва да стои и допълнителен коефициент  $k_{\text{р}}$ , характеризиращ разсейването:

$$I = I_0 e^{-(k + k_{\text{р}})x}.$$

Би трябвало да се очаква, че еднородните среди не би трябвало да разсейват светлината. В действителност обаче дори среди, които не съдържат никакви странични частици разсейват светлината в по-голяма или по-малка степен, тъй като причина за оптична нееднородност на средата могат също така флуктуации в плътността, предизвикани от хаотичното топлинно движение на молекулите. Тогава говорим за **молекулно разсейване**

. Флуктуациите на плътността нарастват с нарастване на температурата. По този признак молекулното разсейване се отличава от разсейването в мътни среди, което не зависи от температурата. Количествената теория на молекулното разсейване, разработена от Айнщайн (1910 г.) дава същата зависимост на интензитета на разсеяната вълна от дължината на вълната ( $\lambda$ ).

С молекулното разсейване на светлината се обяснява **синия цвят на небето**. Вследствие на хаотичното топлинно движение на молекулите в атмосферата непрекъснато възникват места на сгъстяване и на разреждане на въздуха, които разсейват слънчевата светлина. Според закона на Релей сините лъчи се разсейват по-силно, отколкото жълтите и червените. Флуктуациите на плътността нарастват с нарастване на температурата. Затова в ясен горещ летен ден небето е по-наситено синьо, отколкото в ясен студен зимен ден.

Когато Слънцето е ниско над хоризонта (при изгрев и залез) разпространяващите се от него лъчи изминават значително разстояние през долните по-плътни слоеве на атмосферата, където разсейването е по-силно, в резултат на което достигат до нас обогатени с по-големи дължини на вълните и небето изглежда **червено**.

