

11- дәріс. Жарықтың дисперсиясы. Қалыпты және аномаль дисперсия

Жоспар: Жарық дисперсиясын бақылау әдістері. Аномальды дисперсия. Жарықтың фазалық және топтық жылдамдықтары. Дисперсияның электрондық теориясы.

Заттың сыну көрсеткішінің жарық толқынының ұзындығына немесе жиілігіне тәуелділігі *жарықтың дисперсиясы* деп аталады. Дисперсия құбылысын зертеуге арналған тәжірибені алғаш рет айқастырылған призмалар әдісі бойынша Ньютон (1672 ж) жасады.

Ақ жарық вертикаль саңылау және сындырушы қырлары өзара перпендикуляр екі призмадан өтіп линза арқылы экранда жинақталады. Бір призма болған жағдайда горизонталь тұтас спектр пайда болады (*ав* штрихы). Екінші призманы қойғаннан кейін әр сәуле сындыру көрсеткіші неғұрлым үлкен болса соғұрлым төмен қарай ауытқиды. *ав* спектрі төмен қарай ауытқып *ab* күйіне келеді. Қызыл спектр *a* ең аз, ал күлгін спектр *b* ең көп ауытқиды.

Мөлдір заттарда сыну көрсеткіші жарықтың толқын ұзындығы кеміген сайын артады. Бұл құбылысты *қалыпты дисперсия* деп атайды. Зерттеулер нәтижесінде қалыпты дисперсияға кері жағдайдың да болатындығын, яғни толқын ұзындығының өсуімен сыну көрсеткішінің артқандығын бақылаған. Бұл жағдай *аномальды дисперсия* деп аталады.

Дисперсияның электрондық теориясы

Дисперсияның классикалық теориясын жарық өрісінің атомдағы байланысқан электрондарға әсері негізінде Г.А. Лоренц жасаған. Дисперсияның электрондық теориясы бойынша диэлектрик жарық сәулесінің әсерінен еріксіз тербеліс жасайтын осцилляторлар жиынтығы деп қарастырылады. Қарапайым жағдайда атом меншікті циклдік жиілігі ω_0 болатын гармоникалық осциллятор ретінде қарастырылады.

$$m\vec{r} = -q\vec{r} \quad (1)$$

$$r = r_0 e^{i\alpha x} \quad (2)$$

Енді мөлдір изотропты затқа жарық толқынының электромагниттік өрісінің әсерін қарастырамыз. Заттың бірлік көлеміндегі атомдар саны N_1 болсын. Ортаның жарық өрісі әсерінен поляризациялануын, яғни бірлік көлемдегі электр моментін есептейік. Әр атомның электр моменті параллель бағытталады, сол себепті моментердің векторлық қосындысын скаляр шамамен алмастырамыз.

$$P = N_1 p = N_1 e r = N_1 a E \quad (3)$$

$$D = \varepsilon E = E + 4\pi P$$

$$P = N_1 a E$$

$$\varepsilon E = E + 4\pi N_1 a E \quad (4)$$

$$\varepsilon = 1 + 4\pi N_1 a \quad (5)$$

$$n^2 = \varepsilon$$

Газдар үшін $n \sim 1$

$$n = 1 + 2\pi N_1 a$$

Сонымен сыну көрсеткіші атомның оптикалық поляризациялануы арқылы анықталатындықтан, осы шаманың толқын ұзындығына тәуелділігін анықтауымыз керек. Поляризациялану электронның ауытқу шамасы r -ге байланысты болғандықтан, дисперсияны анықтау үшін электронның қозғалыс теңдеуінен r -ді табуымыз керек.

Электронға әсер ететін күштерді қарастырайық. Біріншіден электронға квазисерпімді қайтарушы күш әсер етеді.

$$F_1 = -qr \quad (6)$$

Энергия шығынына байланысты электронның тербелісі толық гармоникалық сипатта болмайды. Яғни тербелістің өшуін ескеру керек. Атом әр тербелісте жинақталған энергиясының біраз бөлігін жоғалтатындықтан, тежеуші күш электронның жылдамдығына пропорционал болады.

$$F_2 = -\gamma r \quad (7)$$

Атом жарық ағынының өрісінде болғандықтан оған әсер ететін үшінші күш

$$F_3 = eE \quad (8)$$

Жарық ағынның өрісі гармоникалық заң бойынша өзгереді деп есептейміз.

$$E = E_0 e^{i\omega t} \quad (9)$$

$$m\vec{r} = -q\vec{r} - \gamma\vec{r} + e\vec{E}$$

$$\vec{r} + \gamma\vec{r} + \omega_0^2 r = \frac{e}{m} \vec{E}$$

$$\vec{r} = \vec{r}_0 e^{i\omega t}$$

(11) -ді (10) -ға қойғанда

$$\vec{r} = \frac{e/m}{\omega_0^2 - \omega^2 + i\gamma\omega} \vec{E} \quad (10)$$

$$m\vec{r} = -q\vec{r} - g\vec{r} + e\vec{E}$$

$$\vec{r} + \gamma\vec{r} + \omega_0^2 r = \frac{e}{m} \vec{E} \quad (12)$$

$$\vec{r} = \vec{r}_0 e^{i\omega t}$$

(11) -ді (10) -ға қойғанда

$$\vec{r} = \frac{e/m}{\omega_0^2 - \omega^2 + i\gamma\omega} \vec{E} \quad (13)$$

$$n^2 = 1 + 4\pi N_1 \frac{e^2}{m} \frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2 + i\gamma\omega} \vec{E} \quad (14)$$

(14) теңдеуді талдау арқылы жарық дисперсиясының эксперимент нәтижелерін түсіндіруге болады. Бұл теңдеудегі сыну көрсеткіші комплексті шама $\gamma\omega \ll (\omega_0^2 - \omega^2)$ болғанда (14) теңдеу былай жазылады.

$$n^2 = 1 + 4\pi N_1 \frac{e^2}{m} \frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2}$$