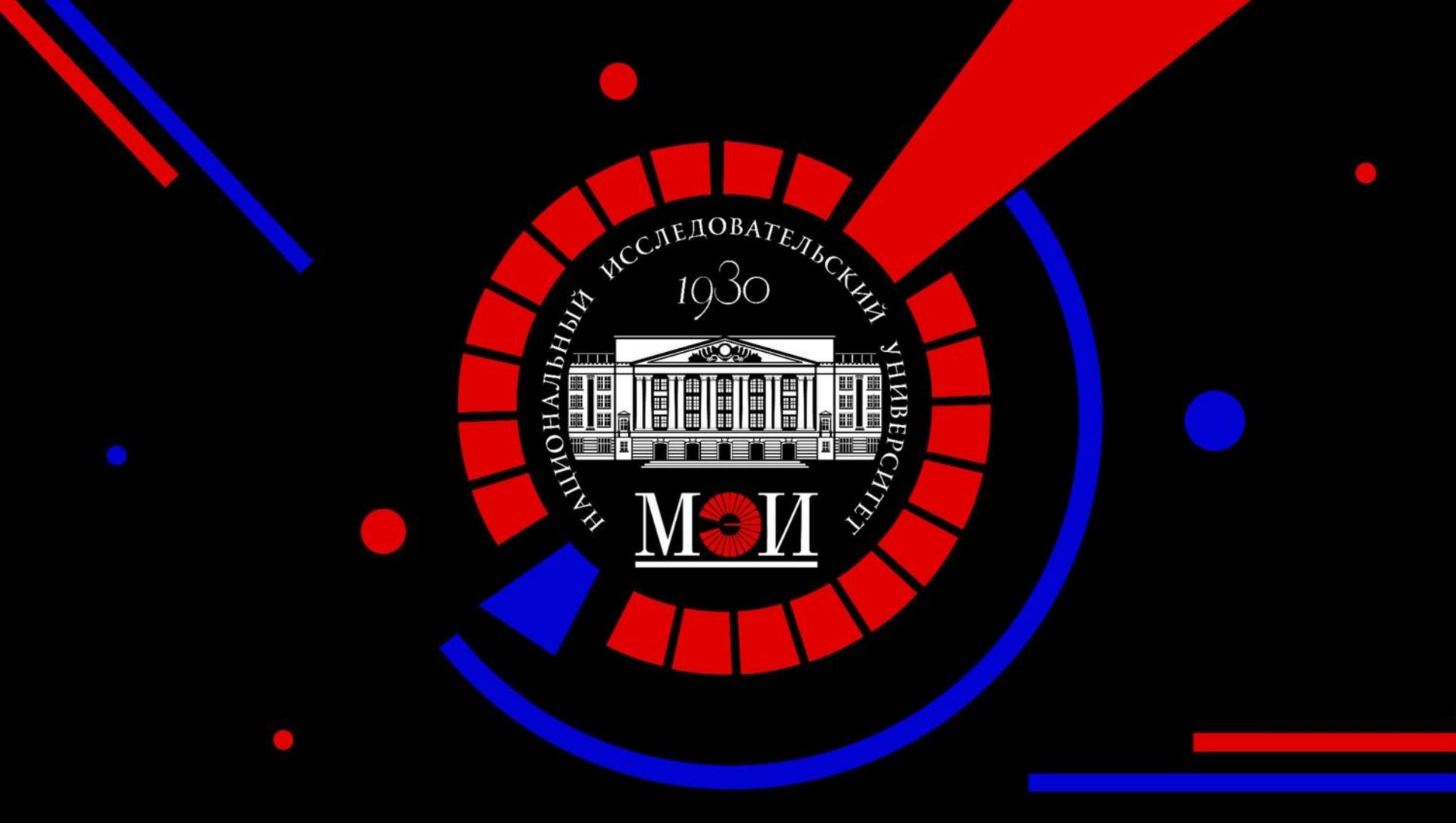


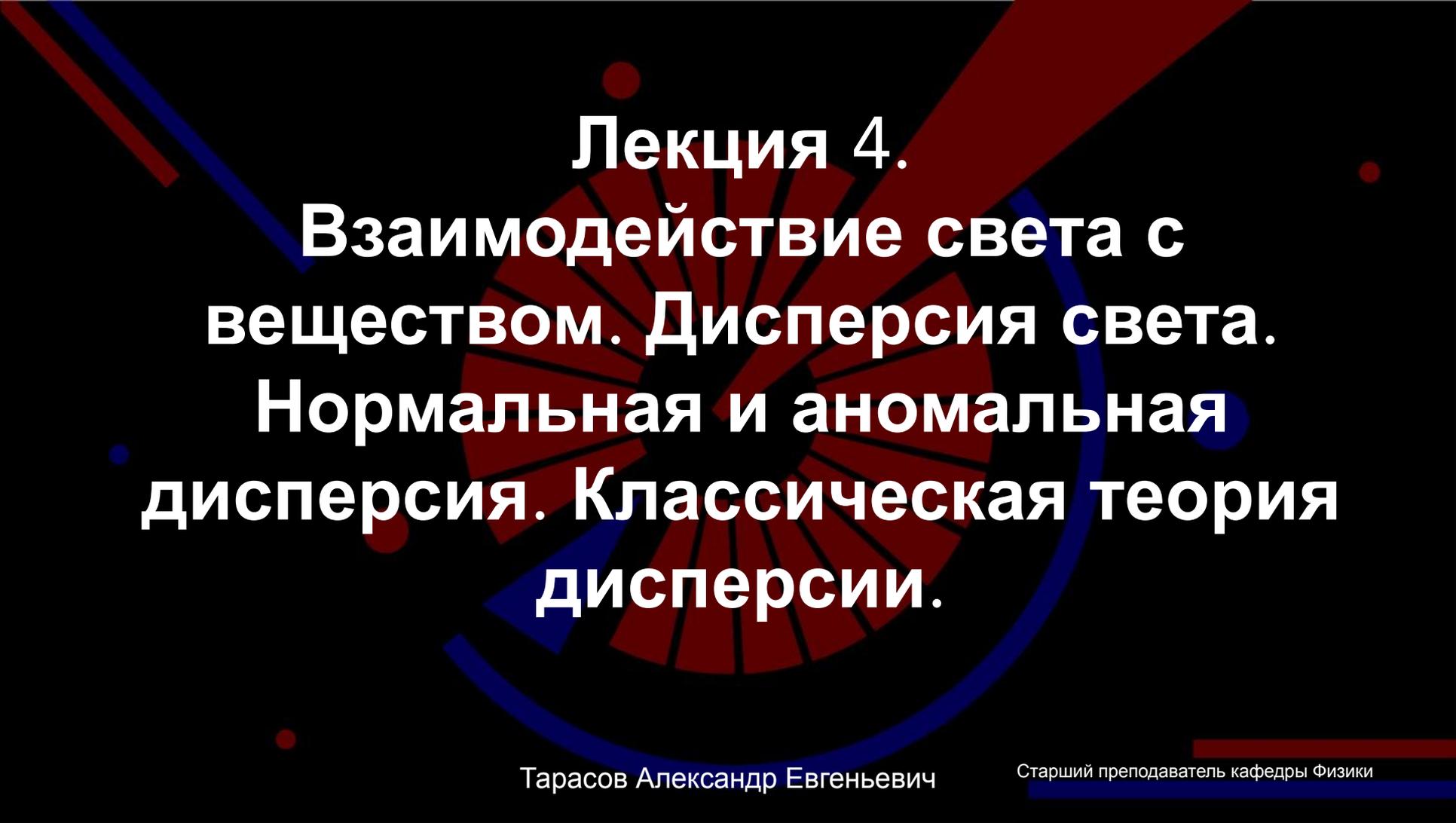
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

1930



МОИ





Лекция 4.
**Взаимодействие света с
веществом. Дисперсия света.
Нормальная и аномальная
дисперсия. Классическая теория
дисперсии.**

Дисперсия света

Дисперсия света - зависимость фазовой скорости света в среде от его частоты (зависимость показателя преломления от частоты).

Сложный немонотонный характер дисперсии.

Область нормальной дисперсии - показатель преломления увеличивается с ростом частоты.

Область аномальной дисперсии – показатель преломления уменьшается с ростом частоты.

Прозрачные среды в оптическом диапазоне имеют нормальную дисперсию.

В области аномальной дисперсии наблюдается сильное поглощение света.

Опыт Ньютона



Рис..
4.1.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.1)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.2)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.3)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.4)$$

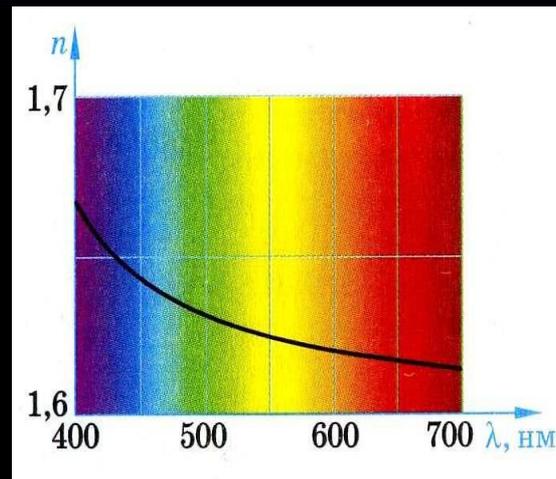


Рис.. 4.2. Зависимость $n(\lambda)$ для
стекла
в видимом диапазоне

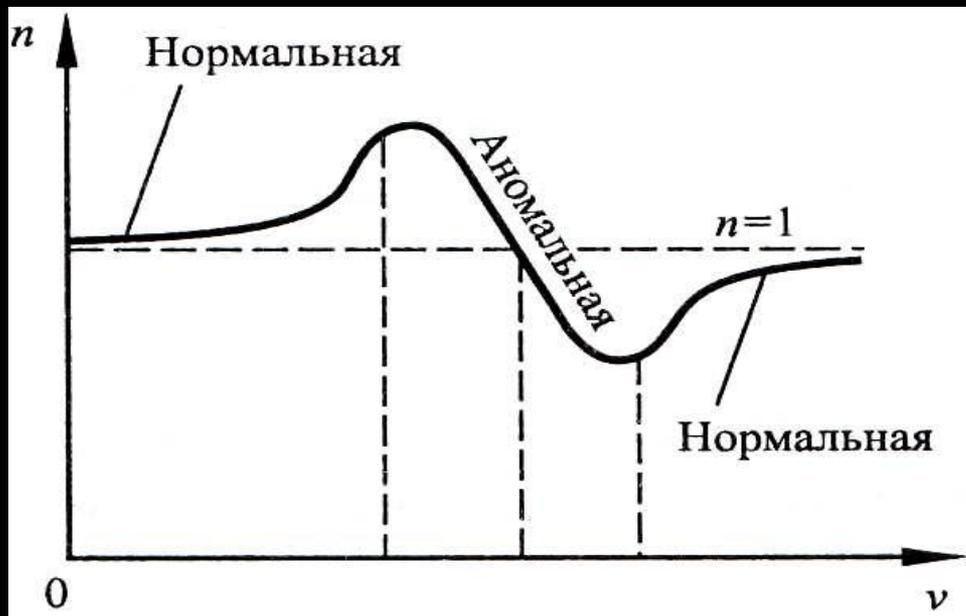


Рис. 4.3. Зависимость $n(\nu)$ в широком диапазоне изменения частоты света

Особенности распространения полихроматических волн в диспергирующей среде

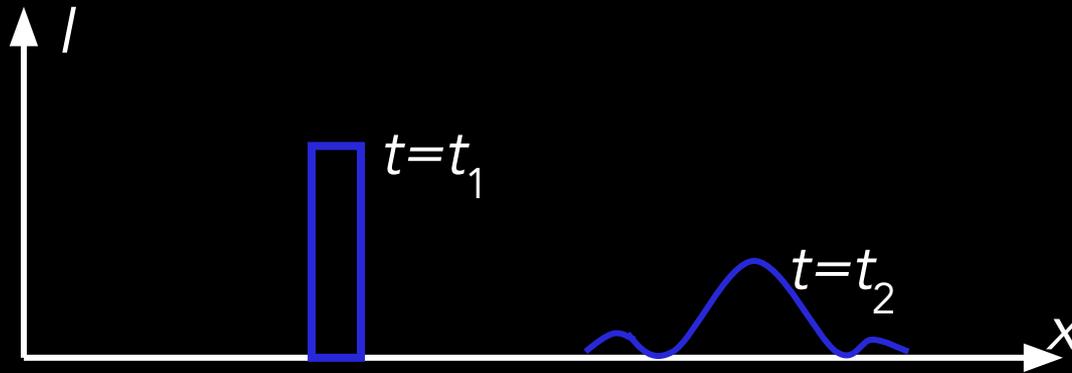


Рис. 4.4.

- Разложение в интеграл Фурье на гармоники различных частот.
- Каждая гармоника распространяется со своей скоростью.
- Форма светового импульса меняется по мере распространения.

Фазовая и групповая скорость

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(v) \quad (4.5)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(v) \quad (4.6)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(v) \quad (4.7)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(v) \quad (4.8)$$

Понятие групповой скорости. Рассмотрим простой пример. Группа волн состоит из двух плоских синусоидальных волн равной амплитуды $A_1 = A_2 = A_0$, но имеющих немного различные частоты $\Delta\omega \ll \omega$.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(v) \quad (4.9)$$

Фазовая и групповая скорость

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(v) \quad (4.10)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(v) \quad (4.11)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(v) \quad (4.12)$$

- модуляция амплитуды
несущего колебания.

Групповая скорость

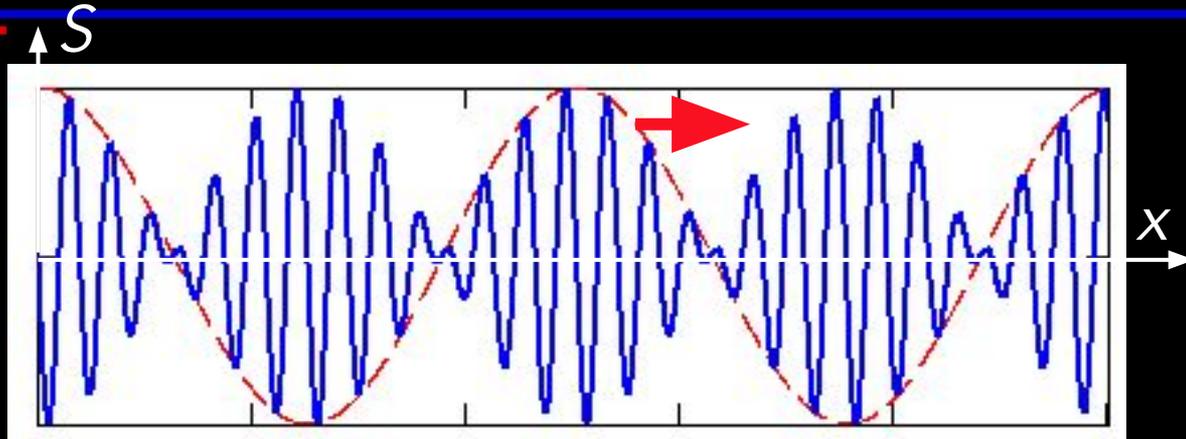


Рис. 4.5.

- **Групповая скорость** - скорость распространения огибающей (скорость передачи информации, энергии, сигнала).
- **Примечание.** Такое определение верно только для квазимонохроматической волны в недиспергирующей среде.
- Смотрим перемещение точки, в которой амплитуда постоянна, например, $A=0$ или $A=A_0$

Групповая скорость

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(v) \quad (4.13)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(v) \quad (4.14)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(v) \quad (4.15)$$

Связь между групповой и фазовой скоростью

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(v) \quad (4.16)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(v) \quad (4.20)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(v) \quad (4.17)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(v) \quad (4.21)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(v) \quad (4.18)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(v) \quad (4.19)$$

Связь между групповой и фазовой скоростью

- Отсюда видно, что групповая скорость в диспергирующей среде в случае аномальной дисперсии может оказаться больше фазовой скорости в данной среде и в принципе даже больше скорости света в вакууме.
- Этот факт не противоречит постулатам теории относительности, поскольку форма сигнала в диспергирующей среде деформируется и групповая скорость уже не дает в этом случае скорость распространения энергии.
- Следует также иметь в виду, что в области аномальной дисперсии имеет место сильное поглощение.

Классическая электронная теория дисперсии

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.22)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.25)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.23)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.26)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.24)$$

Классическая электронная теория дисперсии

$\frac{\sin i}{\sin r} = n(v)$ — показатель преломления

$\frac{\sin r}{\sin i} = n(v)$ — относительная диэлектрическая проницаемость среды

$\frac{\sin r}{\sin i} = n(v)$ — диэлектрическая восприимчивость среды

$\frac{\sin r}{\sin i} = n(v)$ — концентрация атомов (молекул) среды

$\frac{\sin r}{\sin i} = n(v)$ — наведенный полем электрический момент атома, обусловленный смещением оптических электронов

$\frac{\sin i}{\sin r} = n(v)$ — элементарный заряд

$\frac{\sin r}{\sin i} = \vec{n}$ — вектор поляризации среды (поляризованность среды)

$\frac{\sin r}{\sin i} = n(v)$ — электрическая постоянная

$\frac{\sin r}{\sin i} = n(v)$ — напряженность электрического поля световой волны

Классическая электронная теория дисперсии

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.27)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.29)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.28)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.30)$$

Классическая электронная теория дисперсии

$\frac{\sin i}{\sin r} = n(v)$ — масса электрона

$\frac{\sin r}{\sin i} = n(v)$ — циклическая частота свободных незатухающих колебаний оптического электрона

$\frac{\sin i}{\sin r} = n(v)$ — коэффициент затухания свободных колебаний электрона

$\frac{\sin r}{\sin i} = n(v)$ — квазиупругая возвращающая сила

$\frac{\sin r}{\sin i} = n(v)$ — сила сопротивления

$\frac{\sin r}{\sin i} = n(v)$ — вынуждающая сила

Классическая электронная теория дисперсии

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.31)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.32)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.33)$$

Классическая электронная теория дисперсии

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.34)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.35)$$

$$(4.33), (4.34), (4.25) \Rightarrow \frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.36)$$

Классическая электронная теория дисперсии

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.37)$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.38)$$

Классическая электронная теория дисперсии

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.39)$$

В действительности, как показывают опыты, при прохождении света сквозь любое газообразное вещество наблюдается целый ряд характерных для этого вещества линий поглощения.

Следовательно, каждое вещество характеризуется определенным набором различных собственных частот.

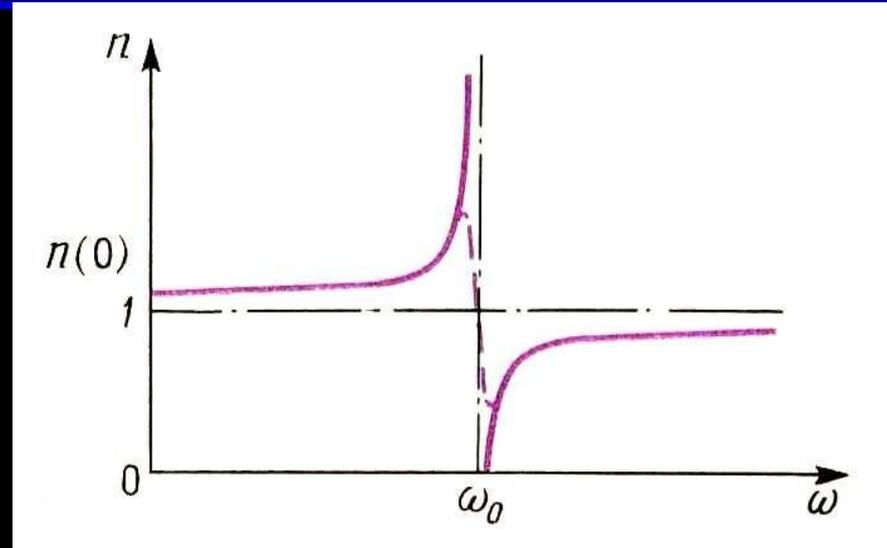


Рис. 4.6.

Классическая электронная теория дисперсии

В классической теории дисперсии света вводится предположение о том, что каждый атом (или молекулу) вещества можно рассматривать как систему из гармонических осцилляторов с различными собственными частотами.

Под действием электрического поля световой волны все эти осцилляторы совершают вынужденные колебания и вносят свой вклад в поляризацию вещества, а следовательно, и в выражение для его показателя преломления.

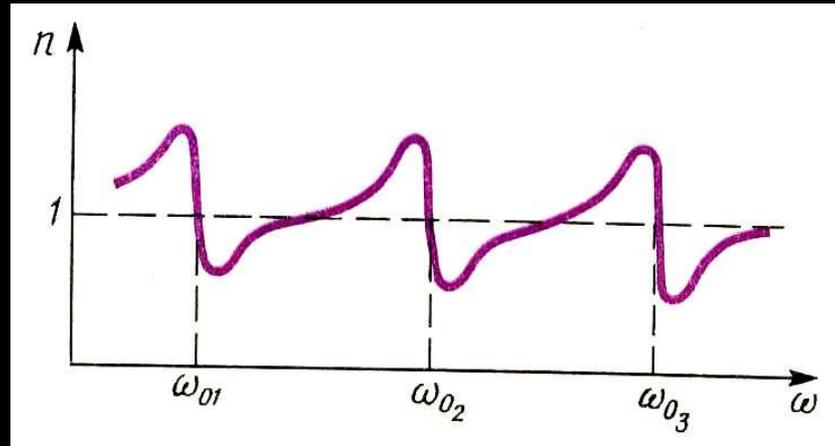


Рис. 4.7.

Классическая электронная теория дисперсии

Для описания свойств поглощающих сред вводят комплексный показатель преломления:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.40)$$

Мнимая часть комплексного показателя преломления определяет затухание плоской электромагнитной волны в поглощающей среде.

Закон Бугера-Ламберта:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n(\nu) \quad (4.41)$$

κ – показатель поглощения. Расчеты методами классической электронной теории дисперсии дают такой результат:

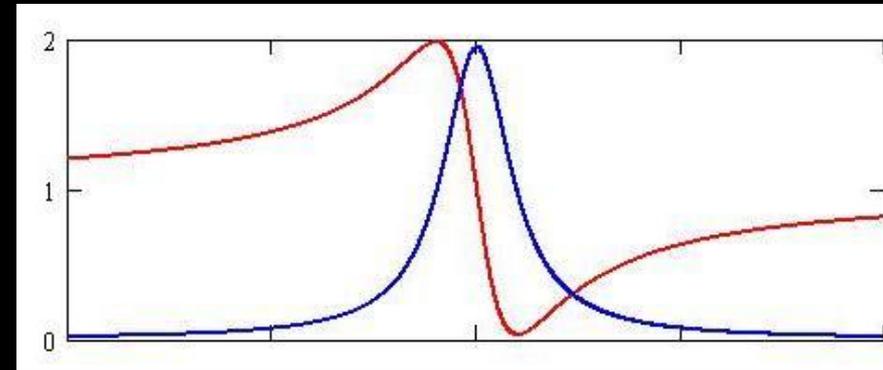


Рис. 4.8.

СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!

