

# ДИСПЕРСИЯ СВЕТА

# Дисперсией волн

называют зависимость  
фазовой скорости волн от  
длины волны или частоты

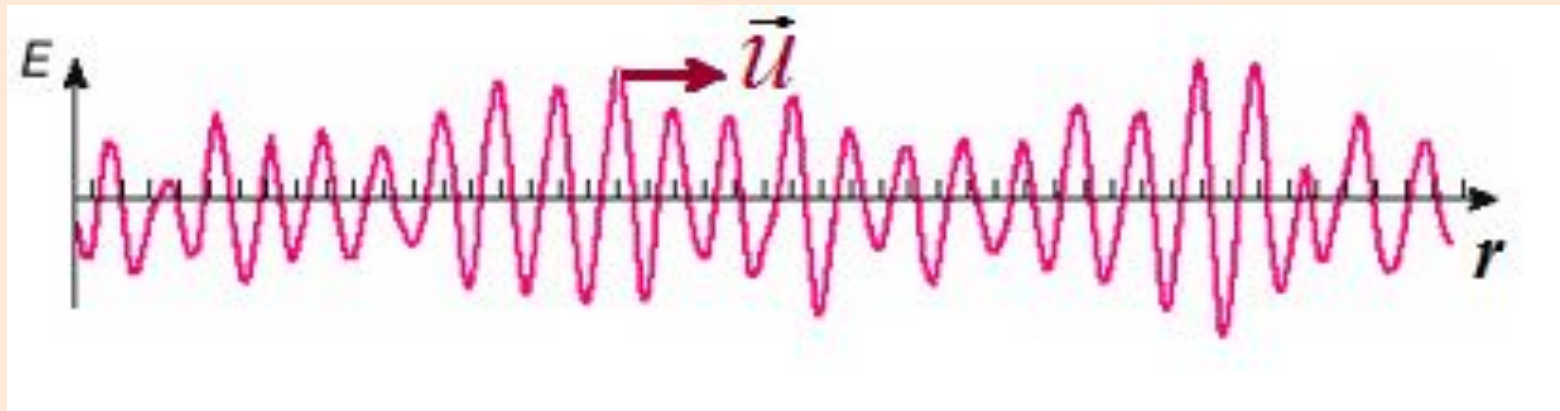
$$v = v(\lambda) \text{ или } v = v(\omega).$$

# Дисперсия волн

$$D = \frac{dv}{d\lambda}$$

**показывает, как быстро  
изменяется фазовая  
скорость при изменении  
длины волны.**

**Реальный волновой процесс всегда включает группу волн. Налагаясь, эти волны в одних областях пространства гасят друг друга, а в других усиливают. Область волнового процесса, где волны усилены называют волновым пакетом, а скорость его распространения групповой скоростью волны *и*.**



**Связь групповой и фазовой скоростей:**

$$u = v - \lambda \frac{dv}{d\lambda} \quad \text{или} \quad u = v - \lambda D$$

**Если дисперсии нет (звуковые волны), то**

$$\frac{dv}{d\lambda} = 0 \quad \text{и} \quad v = u.$$

Если волны большей длины волны распространяются с большей фазовой скоростью, дисперсия называется

нормальной. Тогда

$$\frac{dv}{d\lambda} > 0 \text{ и } v < u.$$

Если волны большей длины волны распространяются с меньшей фазовой скоростью, дисперсия называется

аномальной. Тогда

$$\frac{dv}{d\lambda} < 0 \text{ и } v > u.$$

**Дисперсия световых волн в вакууме отсутствует.**

**Дисперсия света в среде означает зависимость показателя преломления света  $n$  от длины волны или частоты,**

$$n = n(\lambda) \text{ или } n = n(\omega).$$

Дисперсией вещества называют величину

$$D = \frac{dn}{d\lambda},$$

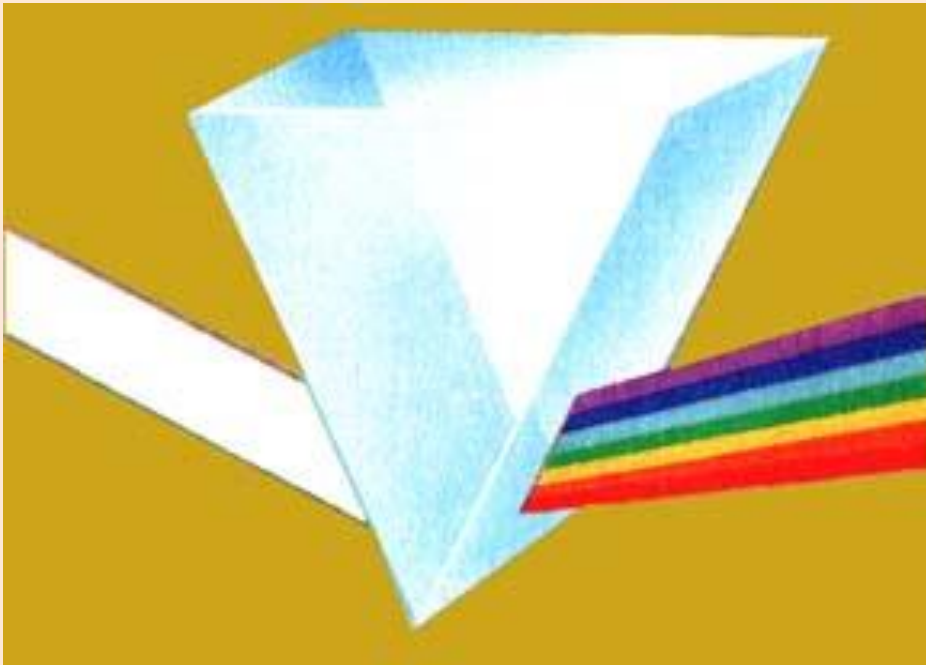
которая показывает, насколько сильно показатель преломления  $n$  изменяется при изменении длины волны  $\lambda$ .

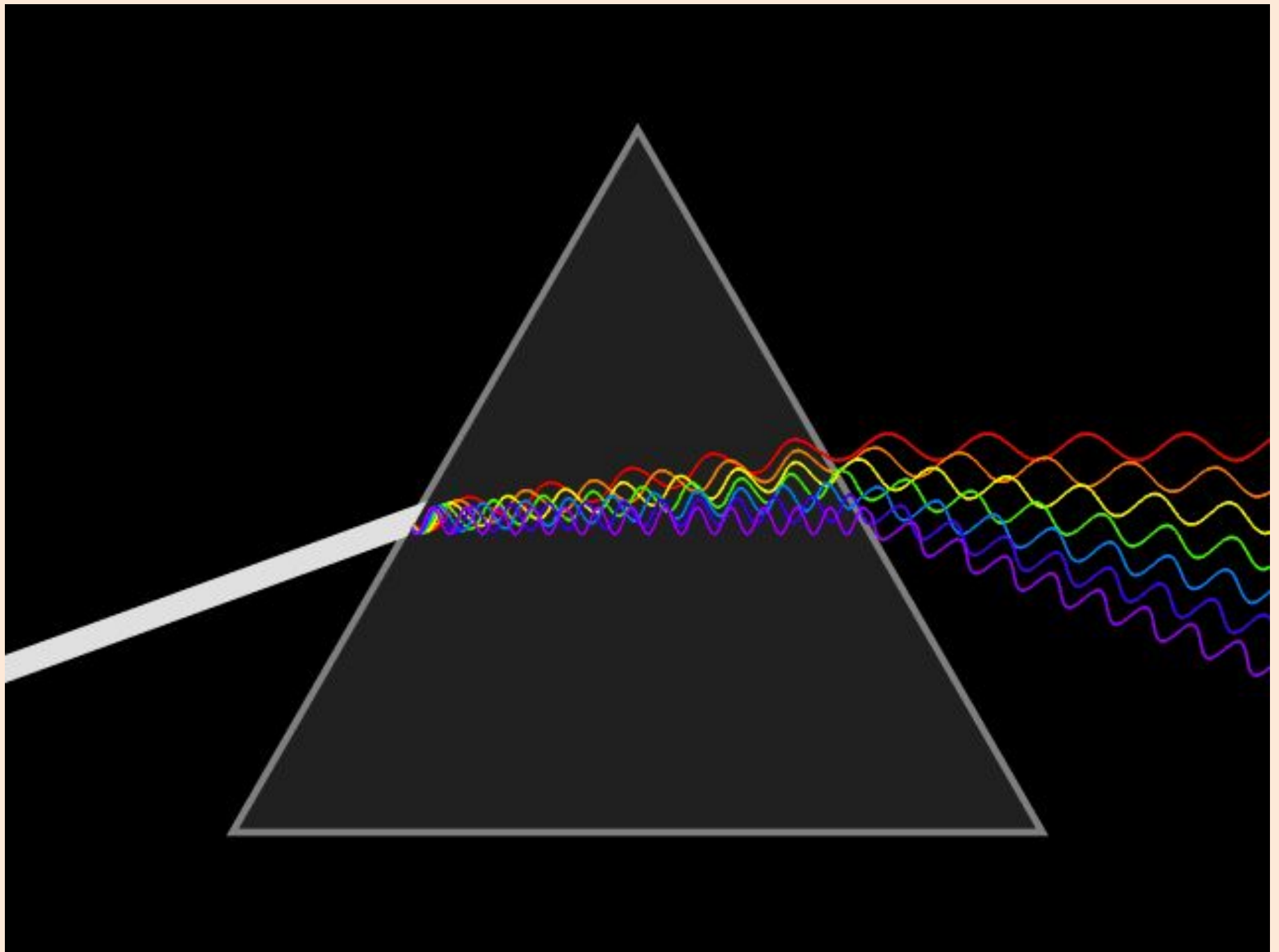


# Дисперсия приводит к разложению света в

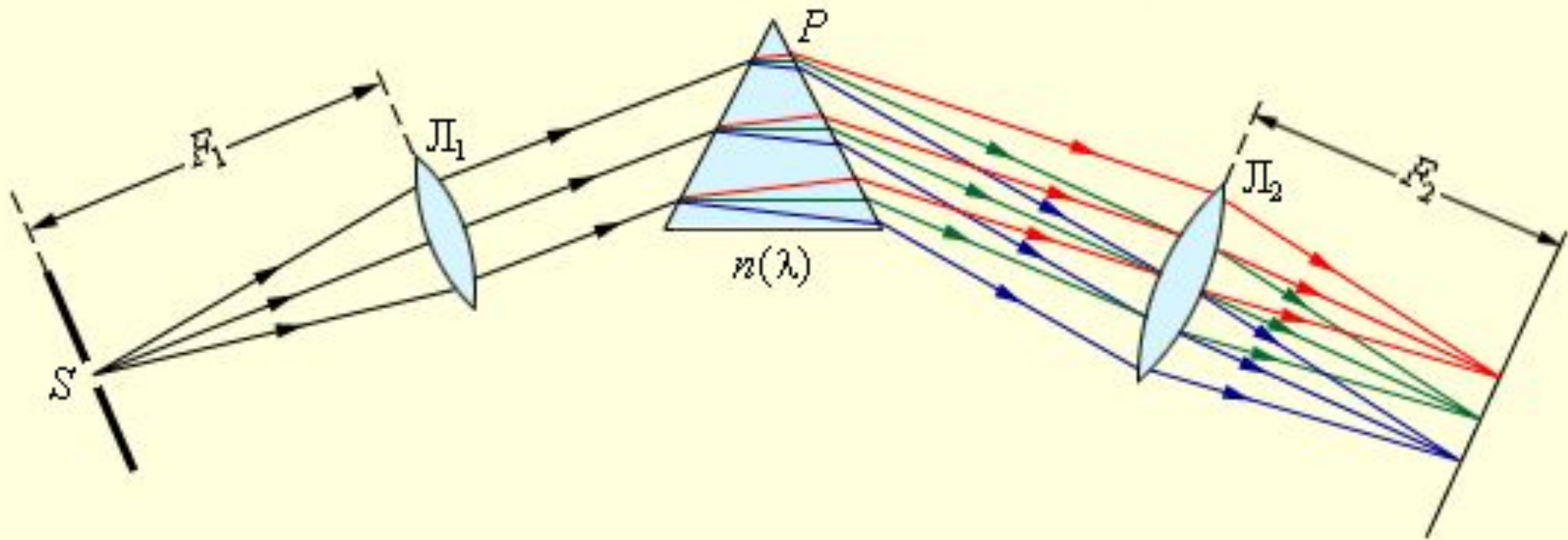
**спектр.** Разложение  
света в призме

Радуга –  
разложение  
света каплями  
ВОДЫ

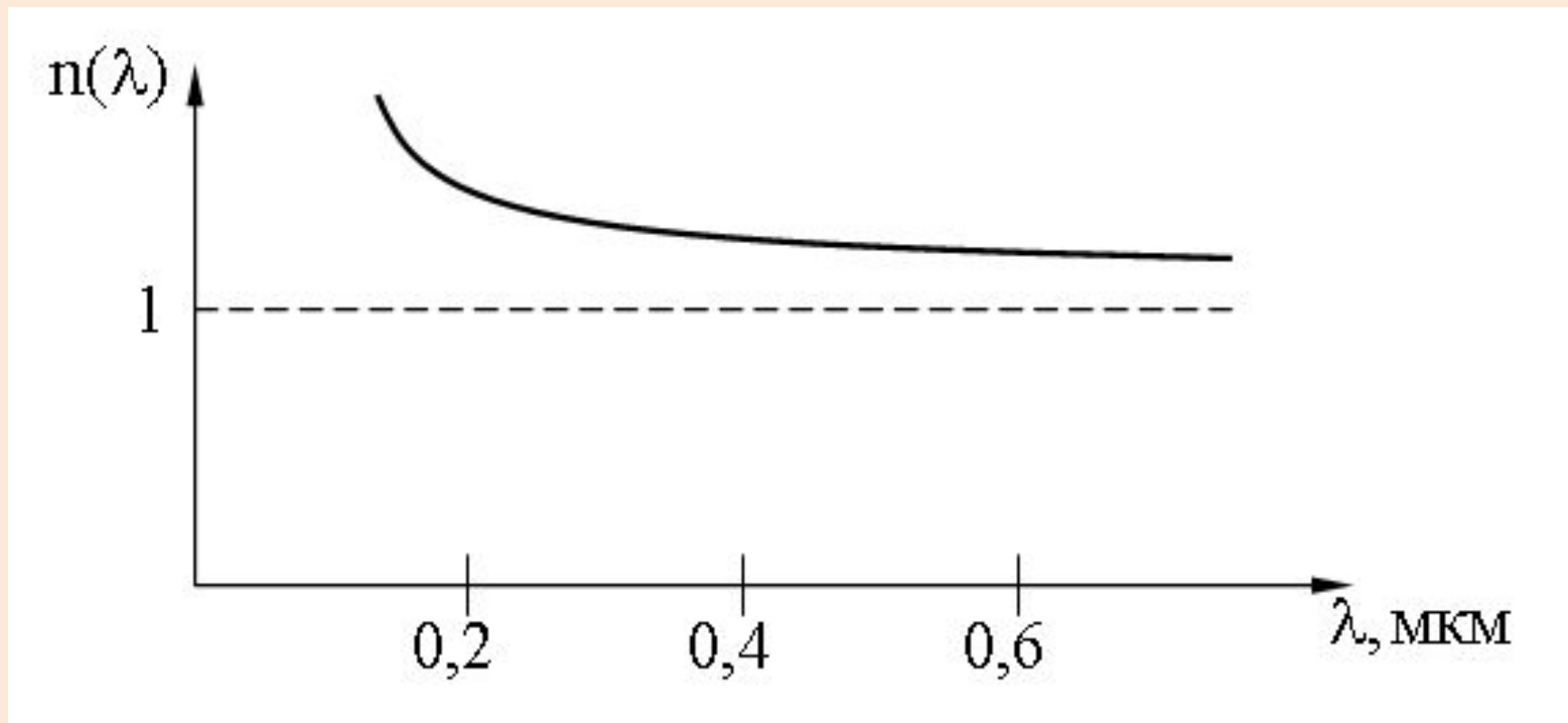




# На явлении дисперсии основано действие монохроматоров (спектрометров).



Если  $D < 0$  ( $n$  уменьшается с ростом  $\lambda$ ), то дисперсия нормальная.



Такая дисперсия наблюдается для тех длин волн, для которых вещество прозрачно

**Стекло́нная призма  
сильнее всего  
отклоняет фиолетовый  
луч, так как для него  
самая маленькая  $\lambda$  и  
самый большой  $n$ .**

**Если  $D > 0$  ( $n$  увеличивается  
ростом  $\lambda$ ), то дисперсия  
аномальная.**

**Такая дисперсия наблюдается  
в области поглощения, где  
вещество непрозрачно.**

# Электронная теория

**дисперсии**  
Дисперсия света в среде объясняется взаимодействием электромагнитной волны с электронами вещества. Будем считать, что внешние электроны, наиболее слабо связанные с ядром, совершают вынужденные колебания.

Обозначим частоту волны как  $\omega$ ,  
а собственную частоту  
колебаний электронов как  $\omega_0$ . В  
случае  $\omega = \omega_0$  в колебательной  
системе наблюдается резонанс,  
и происходит поглощение  
волны. Вдали от резонансной  
частоты амплитуда колебаний  
электронов мала - вещество  
прозрачно.



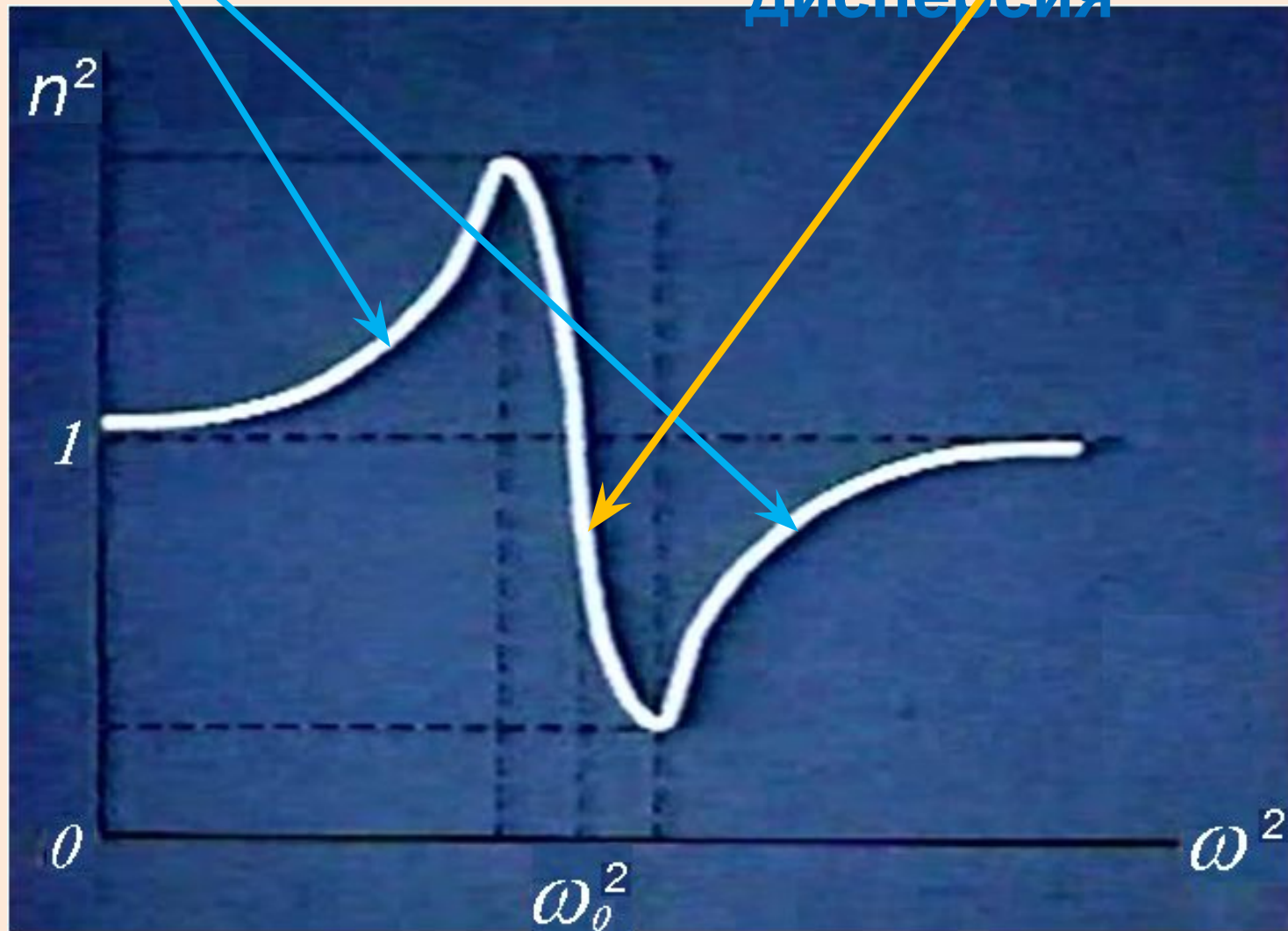
# Зависимость показателя преломления от частоты падающей световой волны:

$$n^2(\omega) = 1 + A \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{(\omega^2 - \omega_0^2)^2 + \beta\omega^2}$$

$A$  – константа,  $\beta$  – коэффициент затухания.

нормальная  
дисперсия

аномальная  
дисперсия



# Поглощение

## света

Световая волна, проходя через вещество, возбуждает вынужденные колебания электронов в атомах, на поддержание которых затрачивается энергия волны, и волна затухает. Часть энергии волны при этом переходит в другие виды энергии.

Переход энергии световой волны во внутреннюю энергию вещества называется поглощением света.

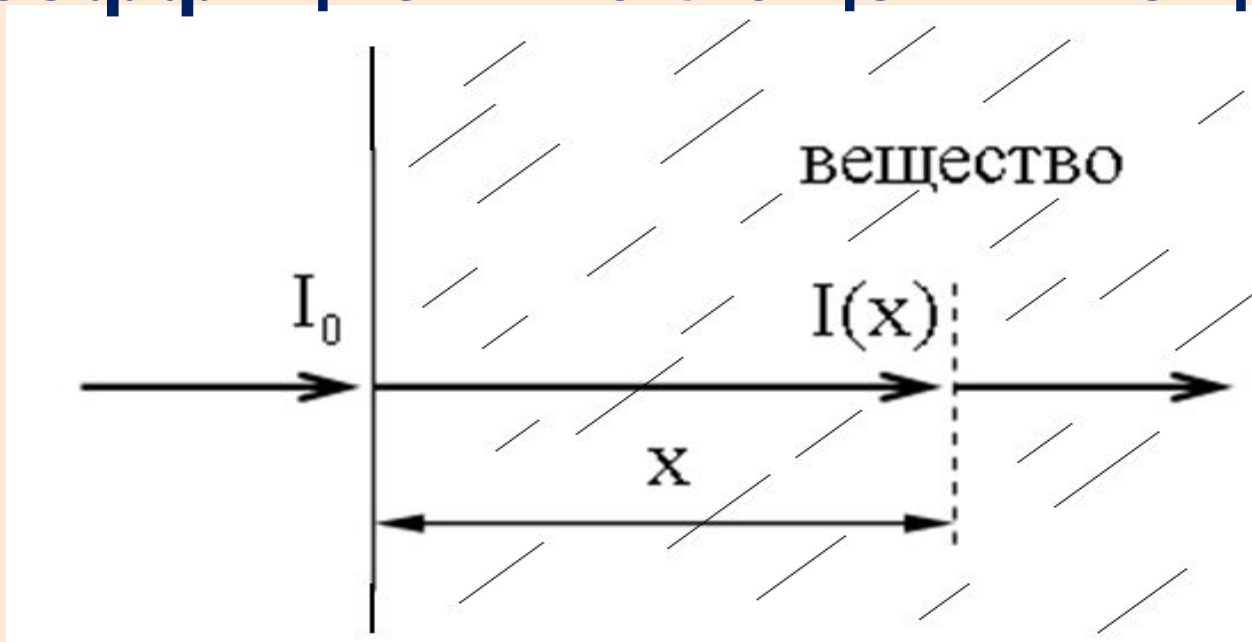
# Закон Бугера

Интенсивность света, прошедшего расстояние  $x$  в веществе:

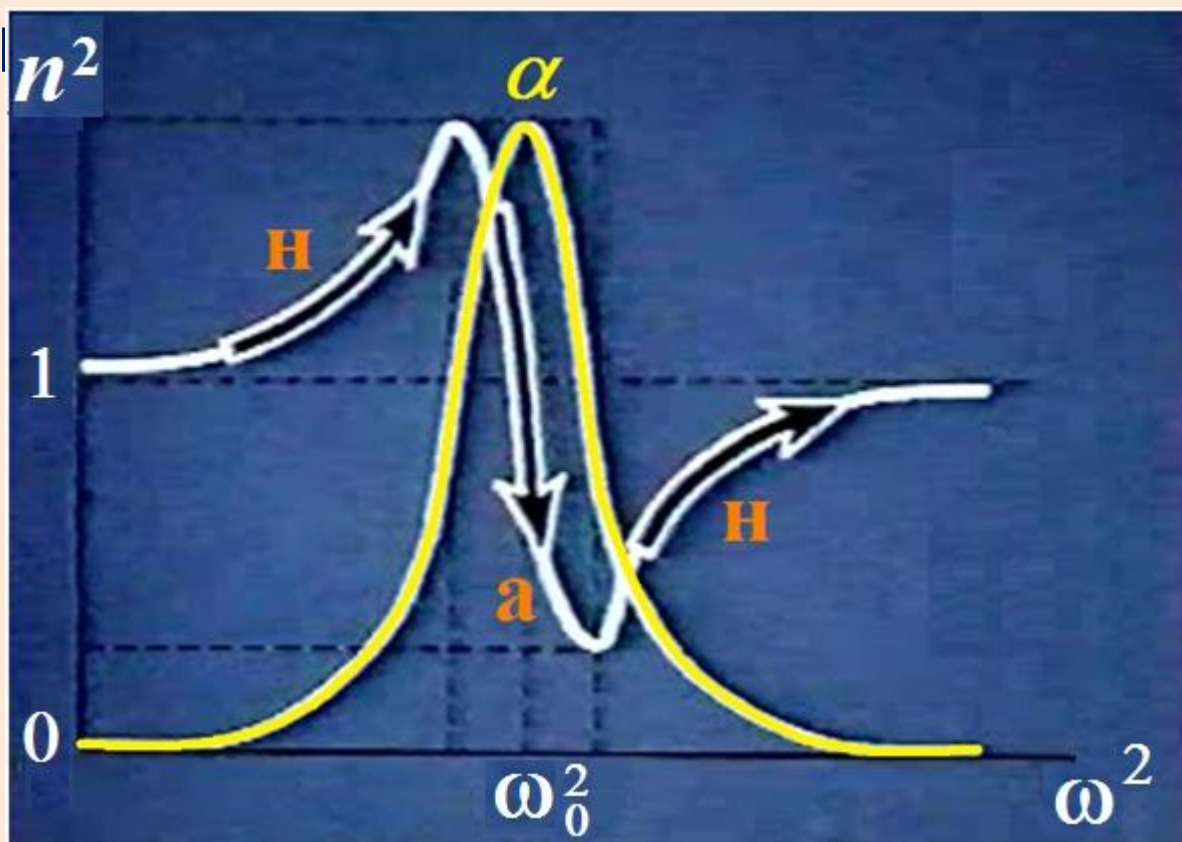
$$I = I_0 e^{-\alpha x}$$

$I_0$  – интенсивность падающего света,

$\alpha$  – коэффициент поглощения вещества.



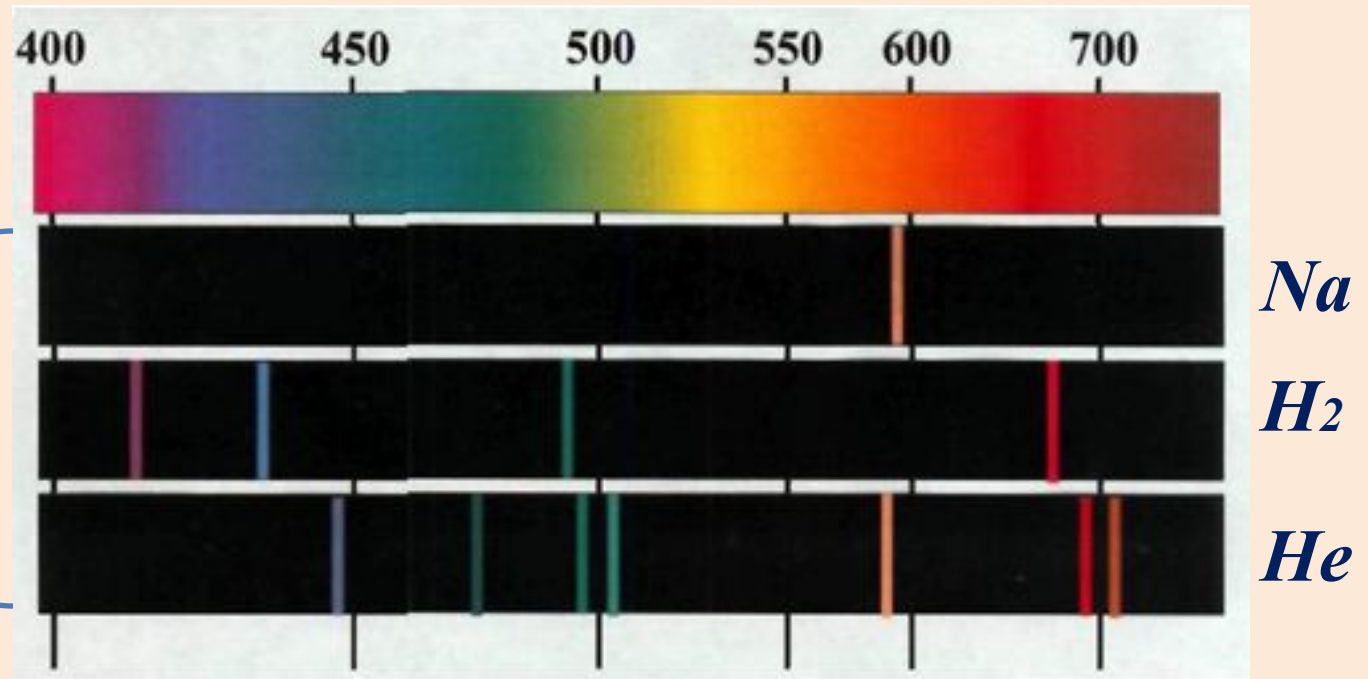
$\alpha$  зависит от химической природы и состояния вещества, а также от длины волны света. В области длин волн, где  $\alpha > 0$ , наблюдаются линии или полосы поглощения. В области линий поглощения.



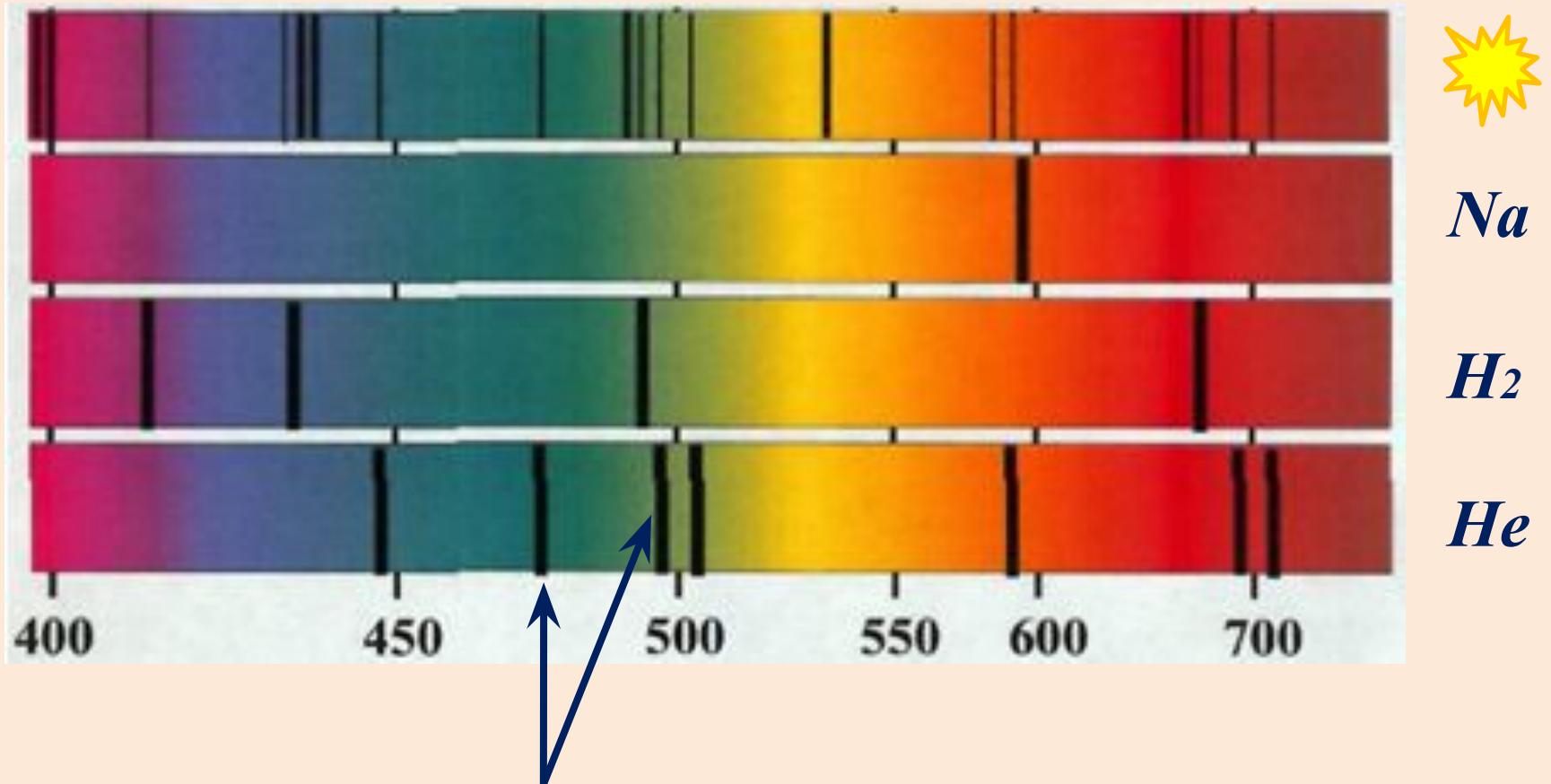
# Оптические спектры

## 1) испускания

сплошно  
й  
линейчат  
е

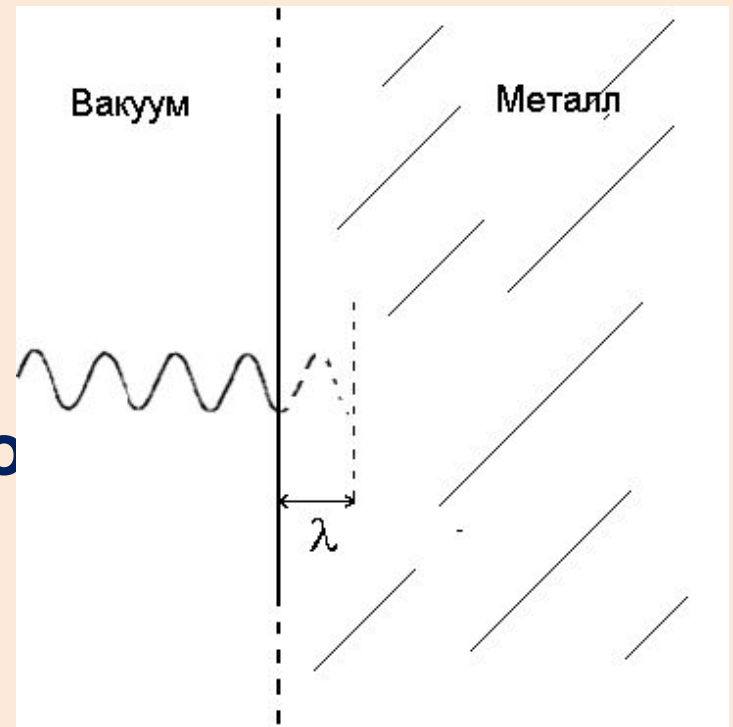


## 2) поглощения



**линии поглощения**

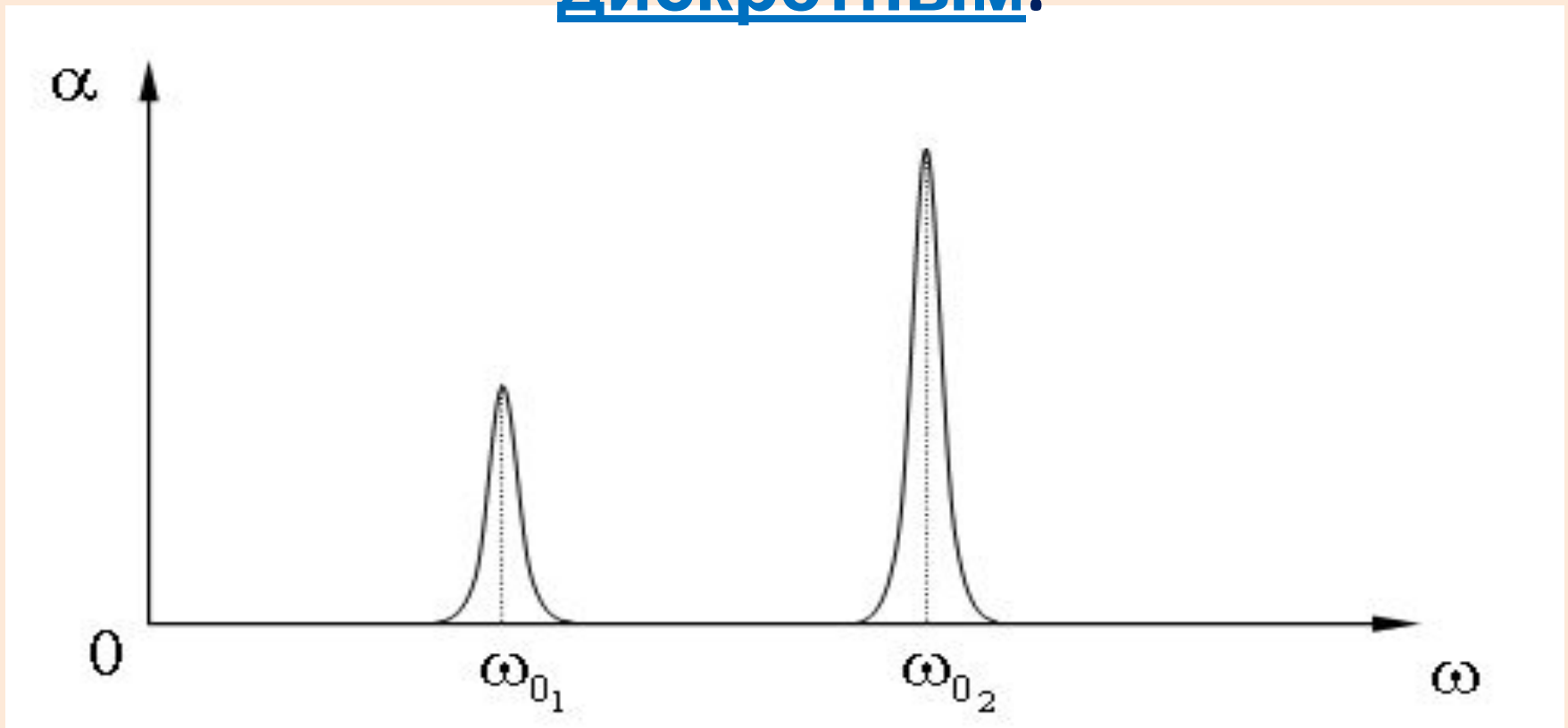
При падении световой волны на поверхность металла происходит очень сильное поглощение ее энергии в результате взаимодействия электрического поля волны со свободными электронами металла. Максимальная глубина проникновения света в металл не превышает длины волны света  $\lambda$ .



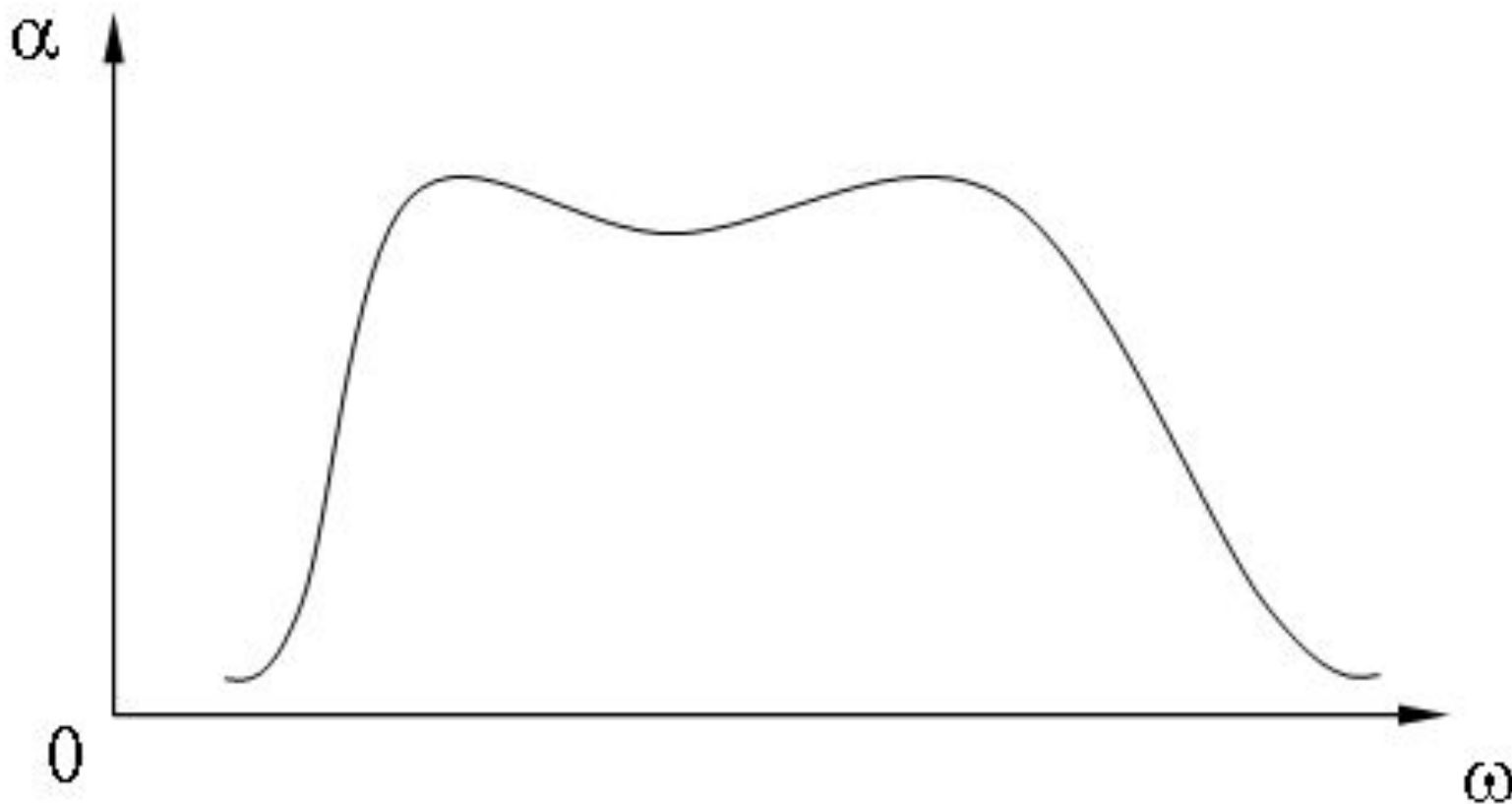
Для металлов  $\alpha \approx 10^3 \div 10^4 \text{ см}^{-1}$



Для отдельных атомов (в газах) наблюдаются резкие максимумы для очень узких областей частот вблизи резонансных частот  $\omega_0$ . Такой спектр называют дискретным.



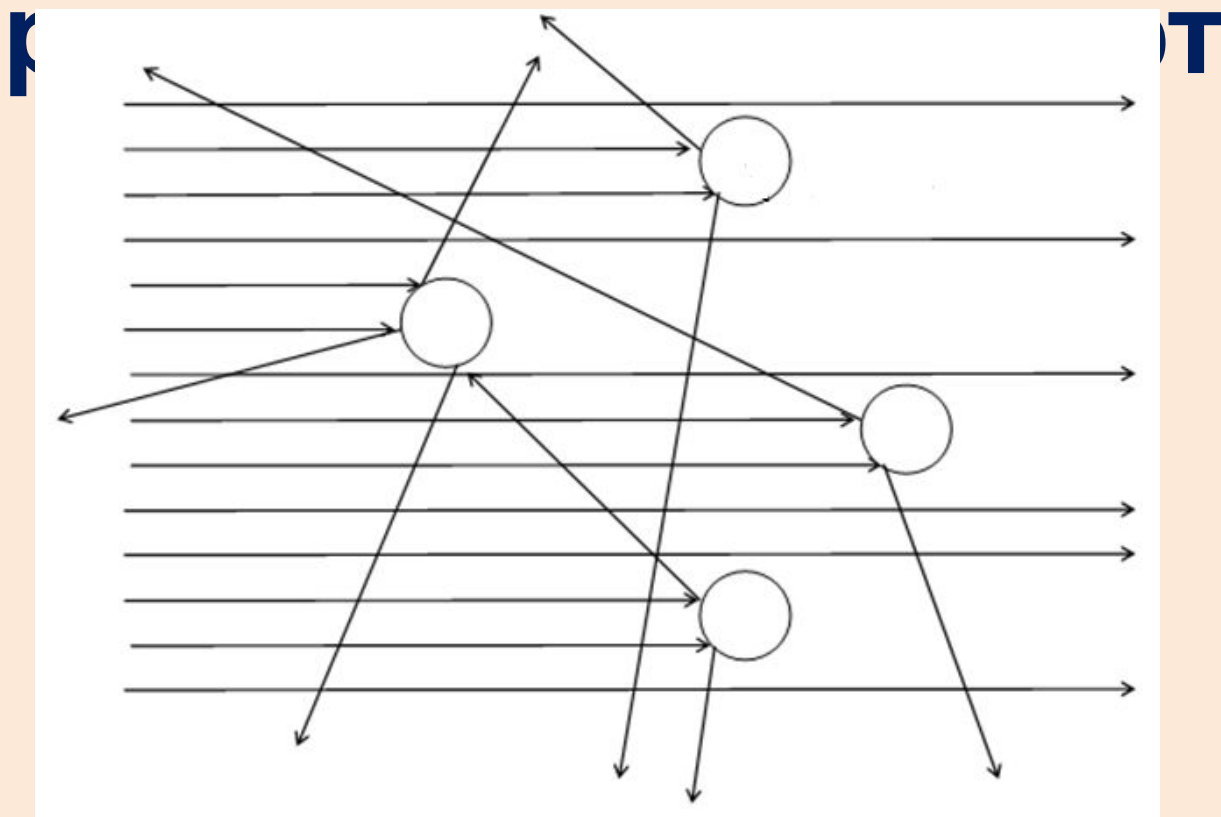
В диэлектрических твердых телах и жидкостях, где взаимодействие между атомами велико, наблюдаются широкие полосы поглощения. Такой спектр называют **сплошным**.



# Рассеяние света

Рассеянием называется дифракция света на мелких неоднородностях. Это явление наблюдается в мутных средах (дымы, эмульсии, взвеси).

**Если размеры  
неоднородностей не  
превышают  $0.1-0.2 \lambda$ , то**



**Закон Рэлея: интенсивность  
рассеянного света обратно  
пропорциональна четвертой  
степени длины волны.**

$$I \propto \frac{1}{\lambda^4}$$

## Молекулярное рассеяние

происходит в чистых средах на флуктуациях плотности.

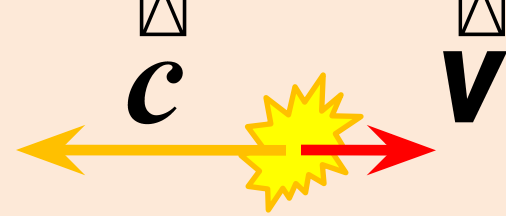
Таким рассеянием обусловлен голубой цвет неба. Рассеянные лучи частично поляризованы.

# Эффект Доплера для световых волн

Заключается в изменении частоты колебаний, регистрируемых приемником при относительном движении приемника и источника.

Бывает продольный и поперечный

1) продольный



$$v = v_0 \frac{\sqrt{1 - \beta}}{\sqrt{1 + \beta}} \quad \beta = \frac{v}{c}$$

Для малых скоростей

$$v \approx v_0 (1 - \beta)$$



При удалении приемника и источника

$$v > 0, \nu < \nu_0, \lambda > \lambda_0$$

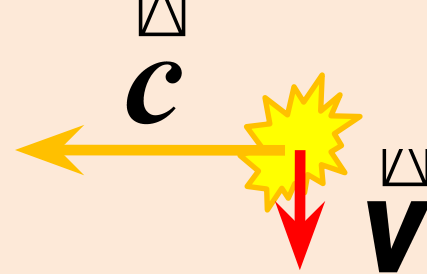
Этот эффект называют красным смещением спектральных линий.

При сближении приемника и источника

$$v < 0, \nu > \nu_0, \lambda < \lambda_0$$

Это фиолетовое смещение .

2) поперечный П



$$v = v_0 \sqrt{1 - \beta^2}$$

Этот эффект более слабый.  
Не наблюдается для звуковых волн.  
Приводит к уширению спектральных  
линий на

$$\Delta v = 2v_0 \beta.$$

# Эффект Вавилова-Черенкова

Вавиловым и Черенковым экспериментально обнаружено, что скорость выбитых светом электронов в веществе превышает скорость света в этом веществе, т.е.  $v_e > c/n$ , где

$n$  – показатель преломления вещества.

За это открытие они вместе с российским теоретиком И. Е. Таммом получили Нобелевскую премию. Эффект Вавилова-Черенкова используется в сцинтилляционных детекторах ядерного излучения.



Вавилов  
Сергей  
Иванович



Черенков  
Павел  
Алексееви



Тамм  
Игорь  
Евгеньеви