

ДИСПЕРСИЯ СВЕТА

Дисперсией волн

называют зависимость
фазовой скорости волн от
длины волны или частоты

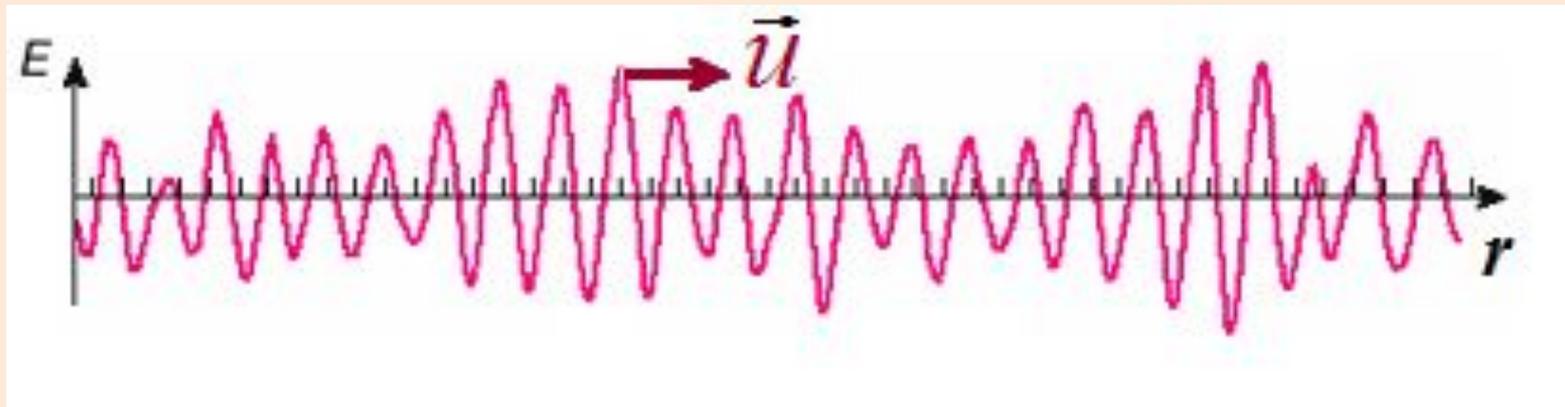
$$v = v(\lambda) \text{ или } v = v(\omega).$$

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,

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

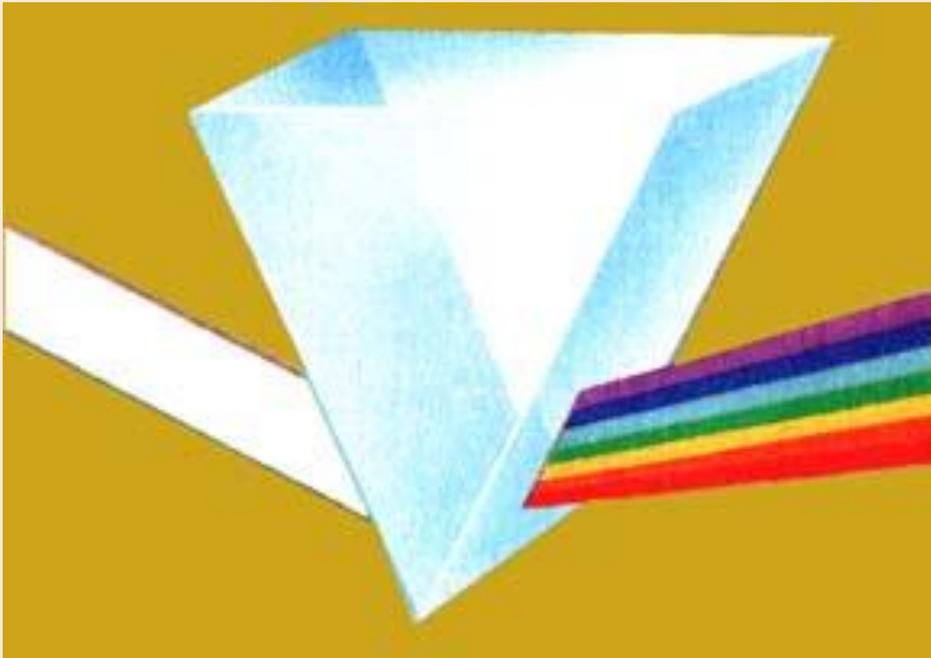
Дисперсией вещества называют величину

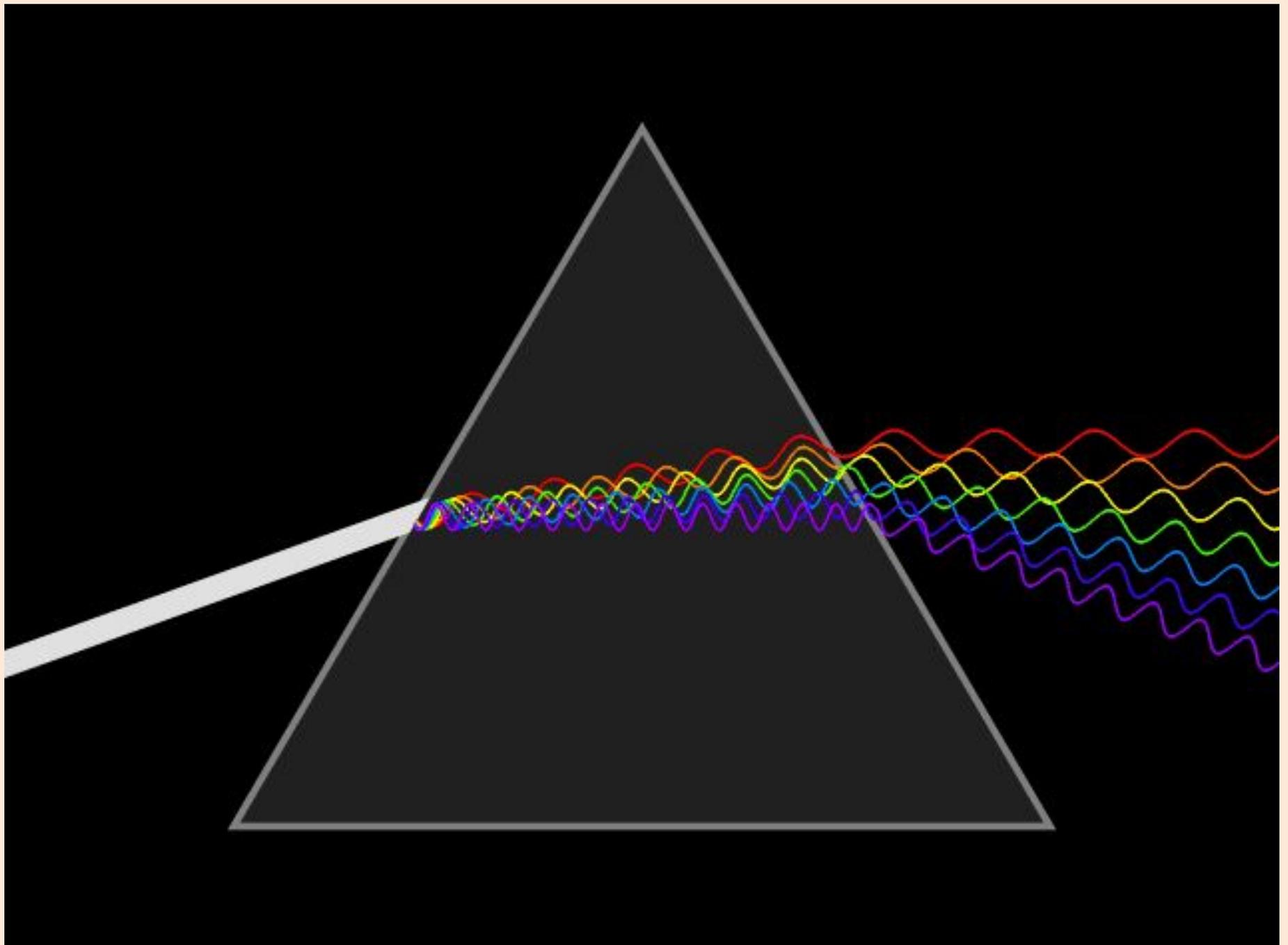
$$D = \frac{dn}{d\lambda},$$

которая показывает, насколько сильно показатель преломления n изменяется при изменении длины волны λ .

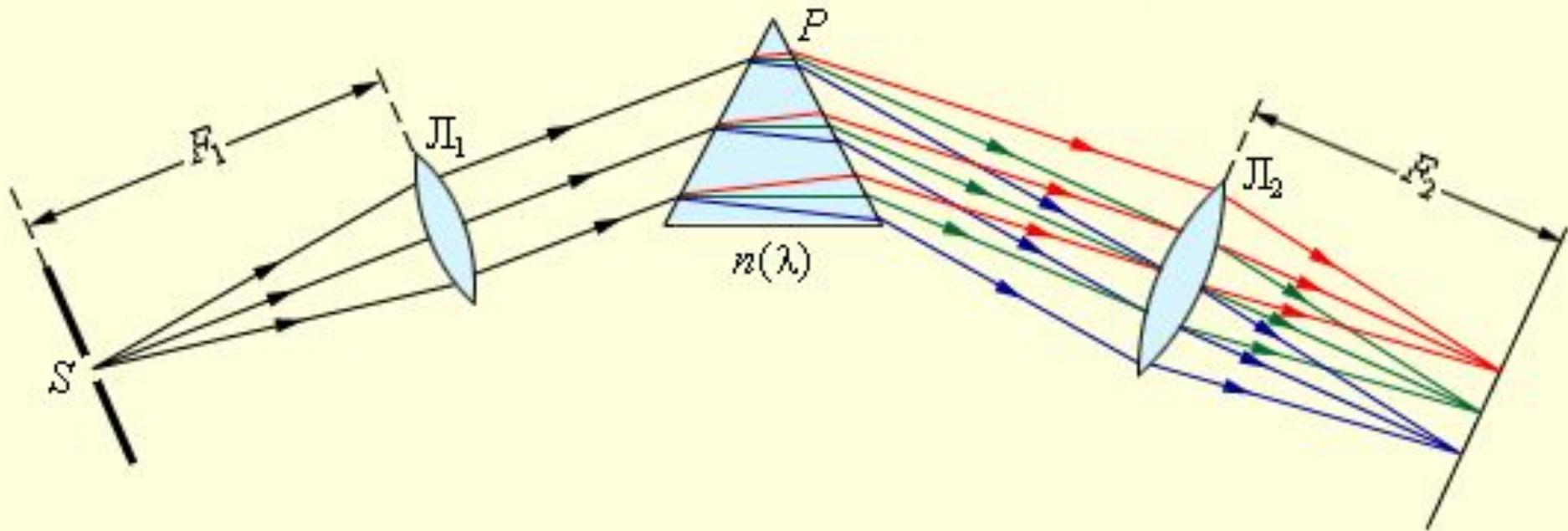
Дисперсия приводит к разложению света в

спектр. Радуга –
Разложение разложение
света в призме света каплями

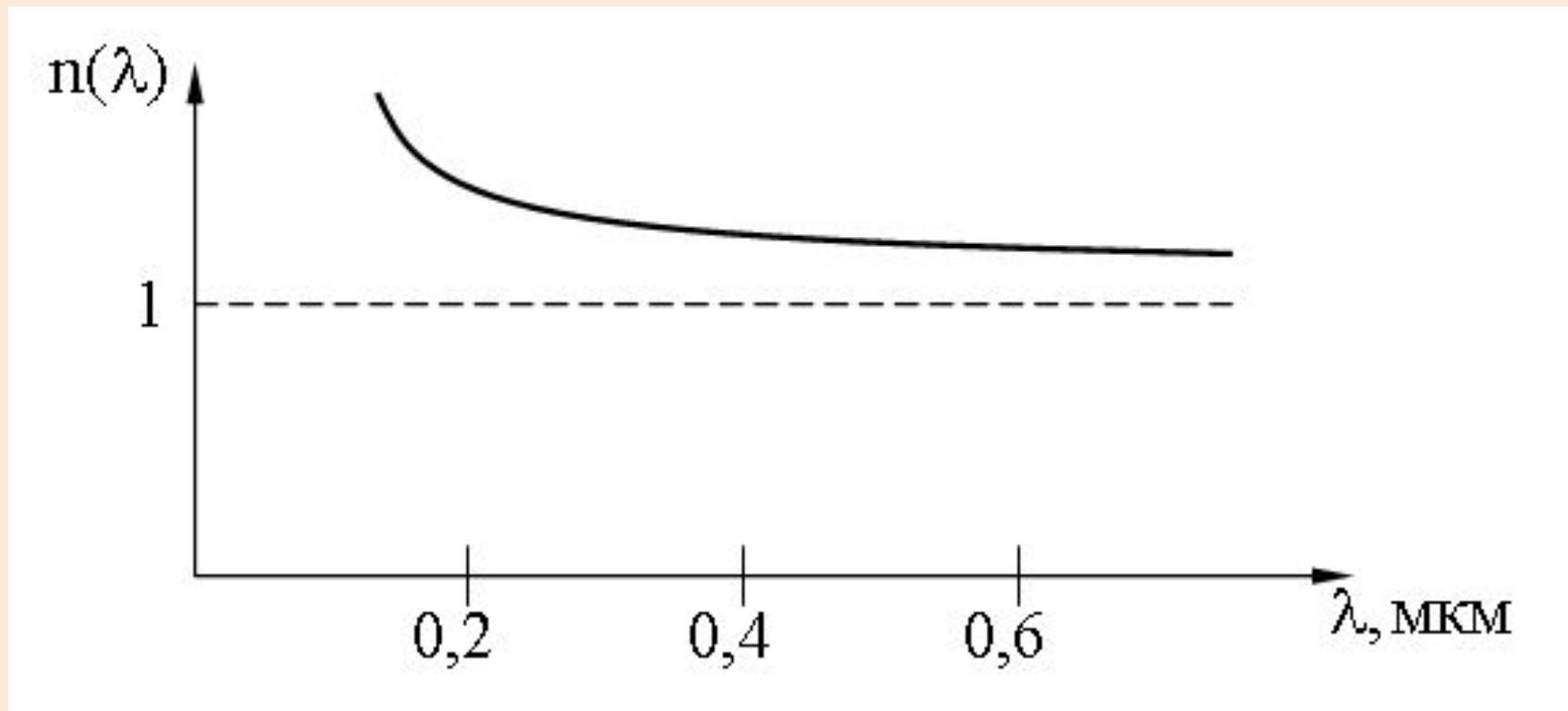




На явлении дисперсии основано действие монохроматоров (спектрометров).



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



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

**Стекла́нная призма
сильнее всего
отклоняет фиолетовый
луч, так как для него
самая маленькая λ и
самый большой n .**

**Если $D > 0$ (n увеличивается
ростом λ), 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 ω ,
а собственную частоту
колебаний электронов как ω_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.

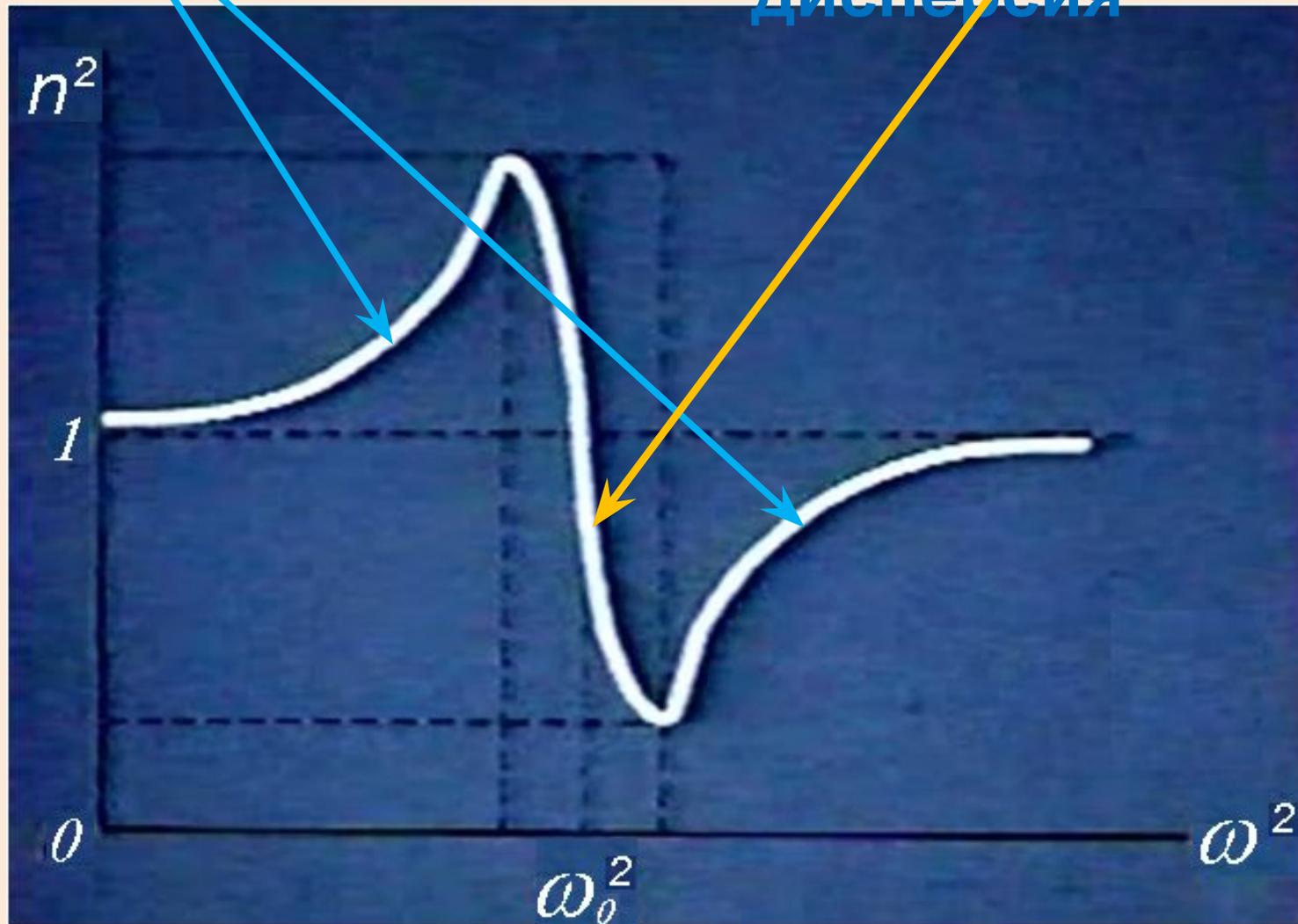
Зависимость показателя преломления от частоты падающей световой волны:

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

A – константа, β – 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.

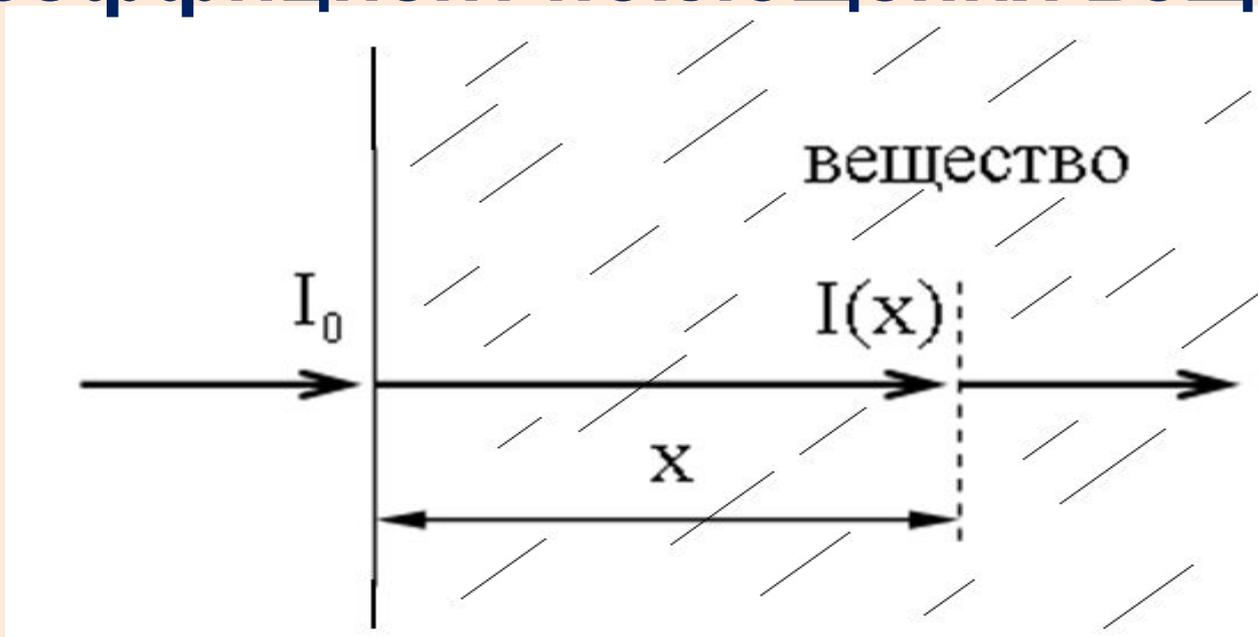
Закон Бугера

Интенсивность света, прошедшего расстояние x в веществе:

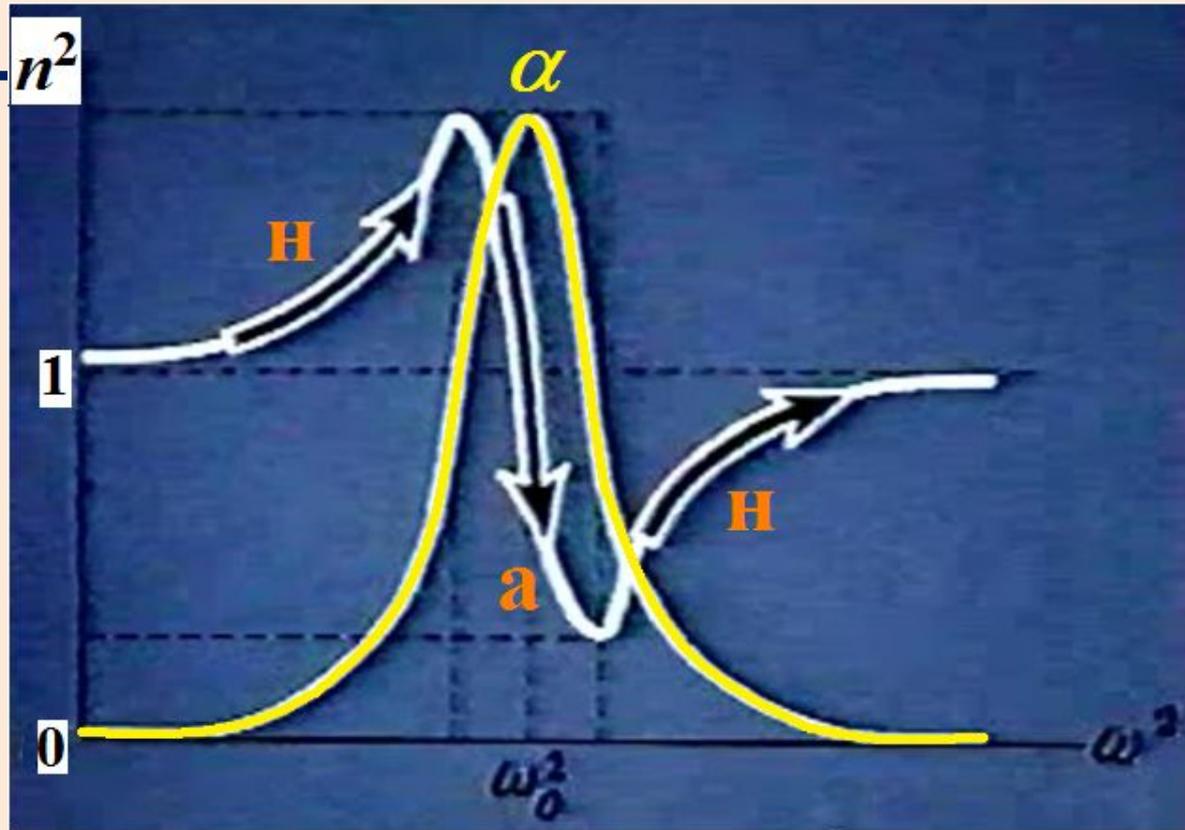
$$I = I_0 e^{-\alpha x}$$

I_0 – интенсивность падающего света,

α – коэффициент поглощения вещества.



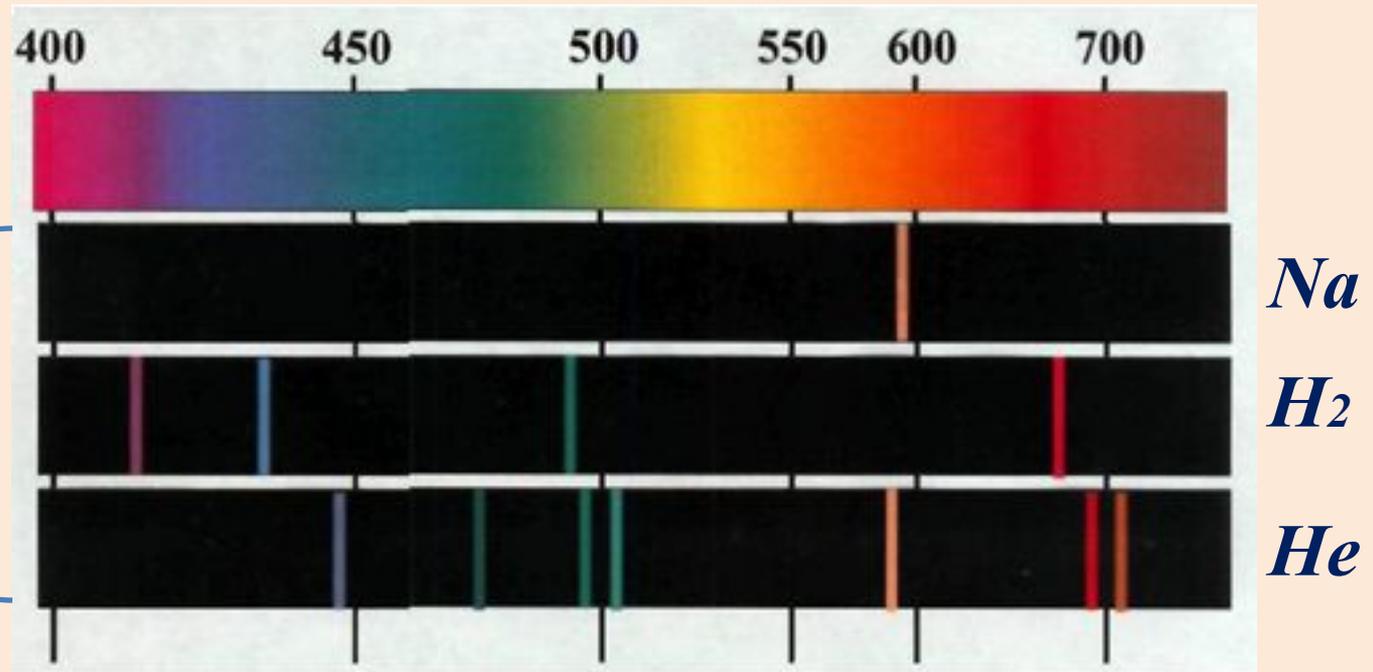
α зависит от химической природы и состояния вещества, а также от длины волны света. В области длин волн, где $\alpha > 0$, наблюдаются линии или полосы поглощения. В области линий поглощения.



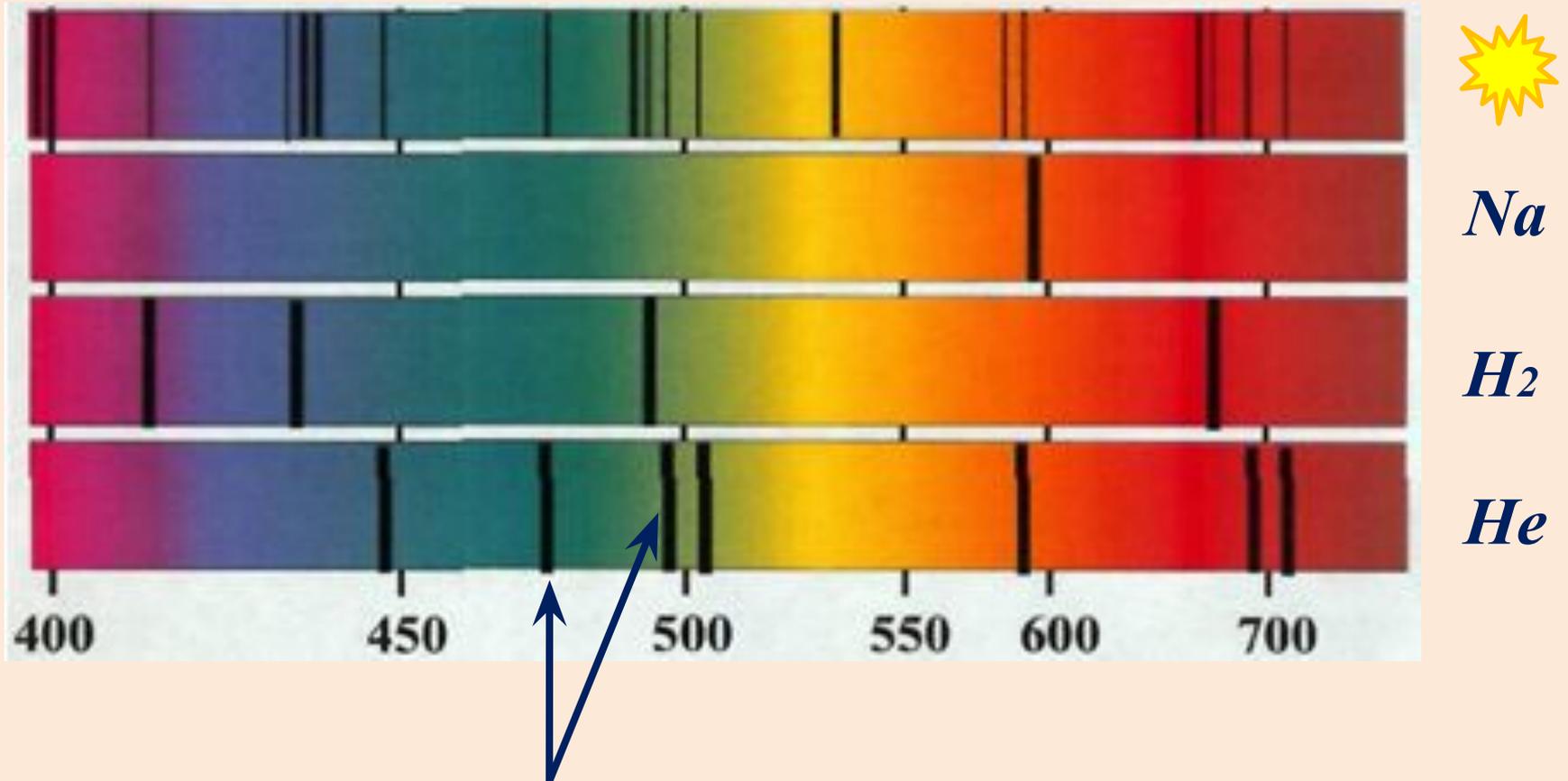
Оптические спектры

1) испускания

сплошно
й
линейчат
е

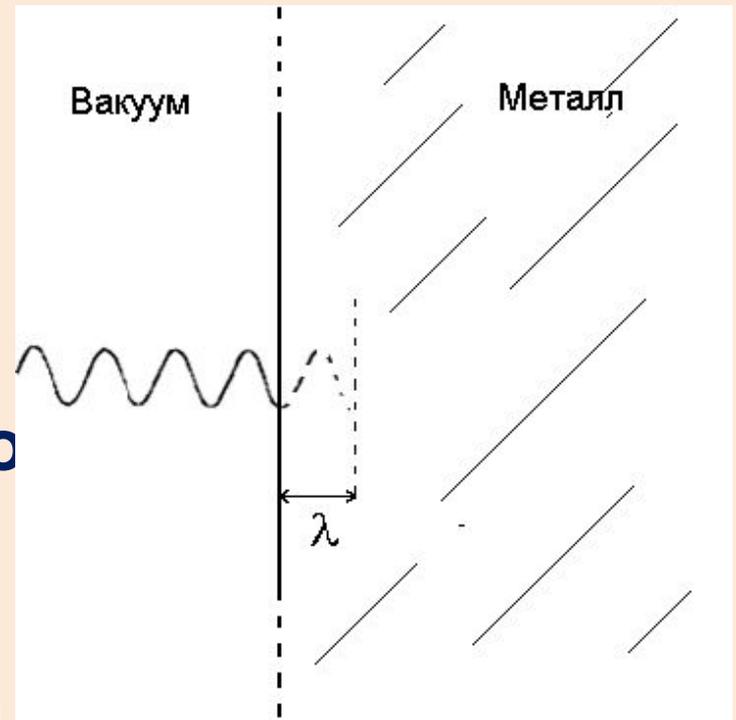


2) поглощения



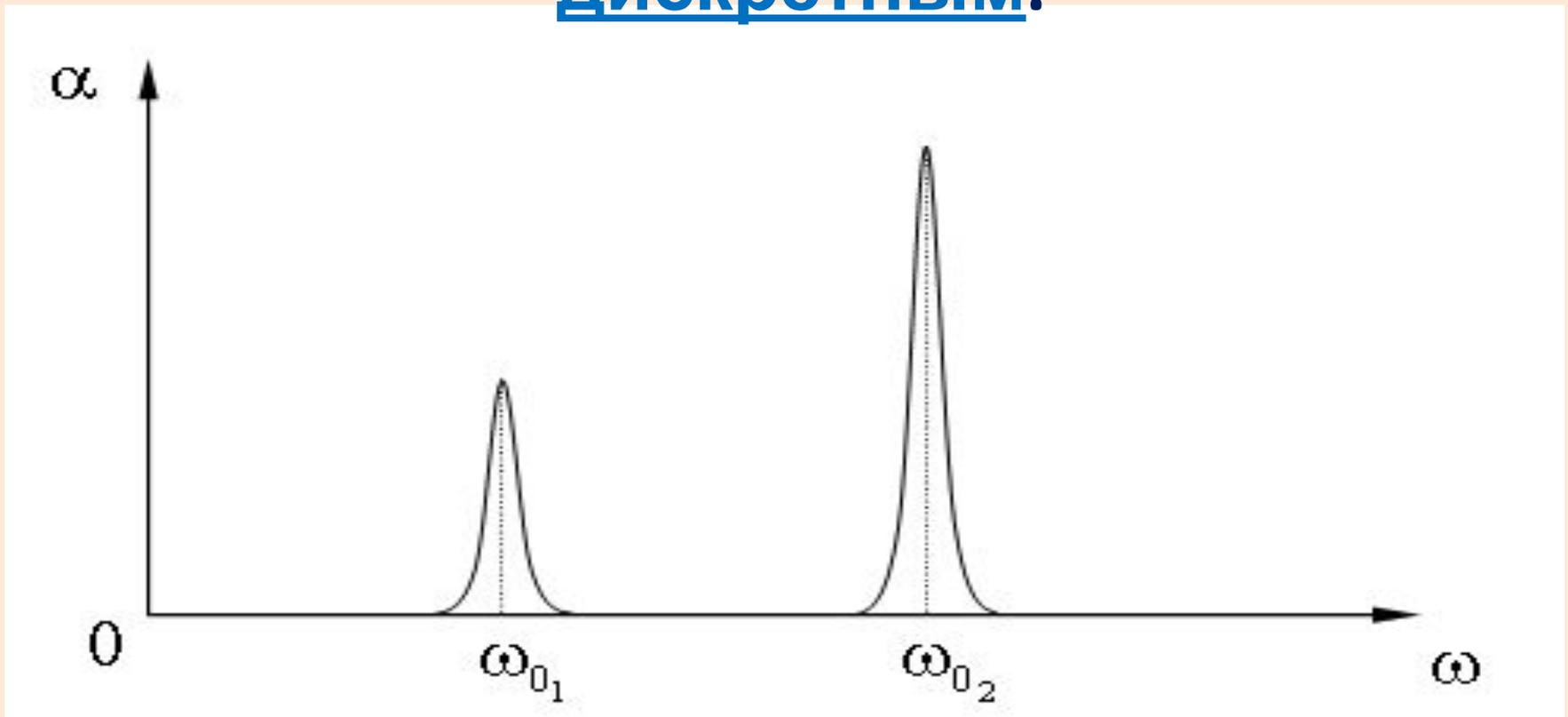
линии поглощения

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 λ .

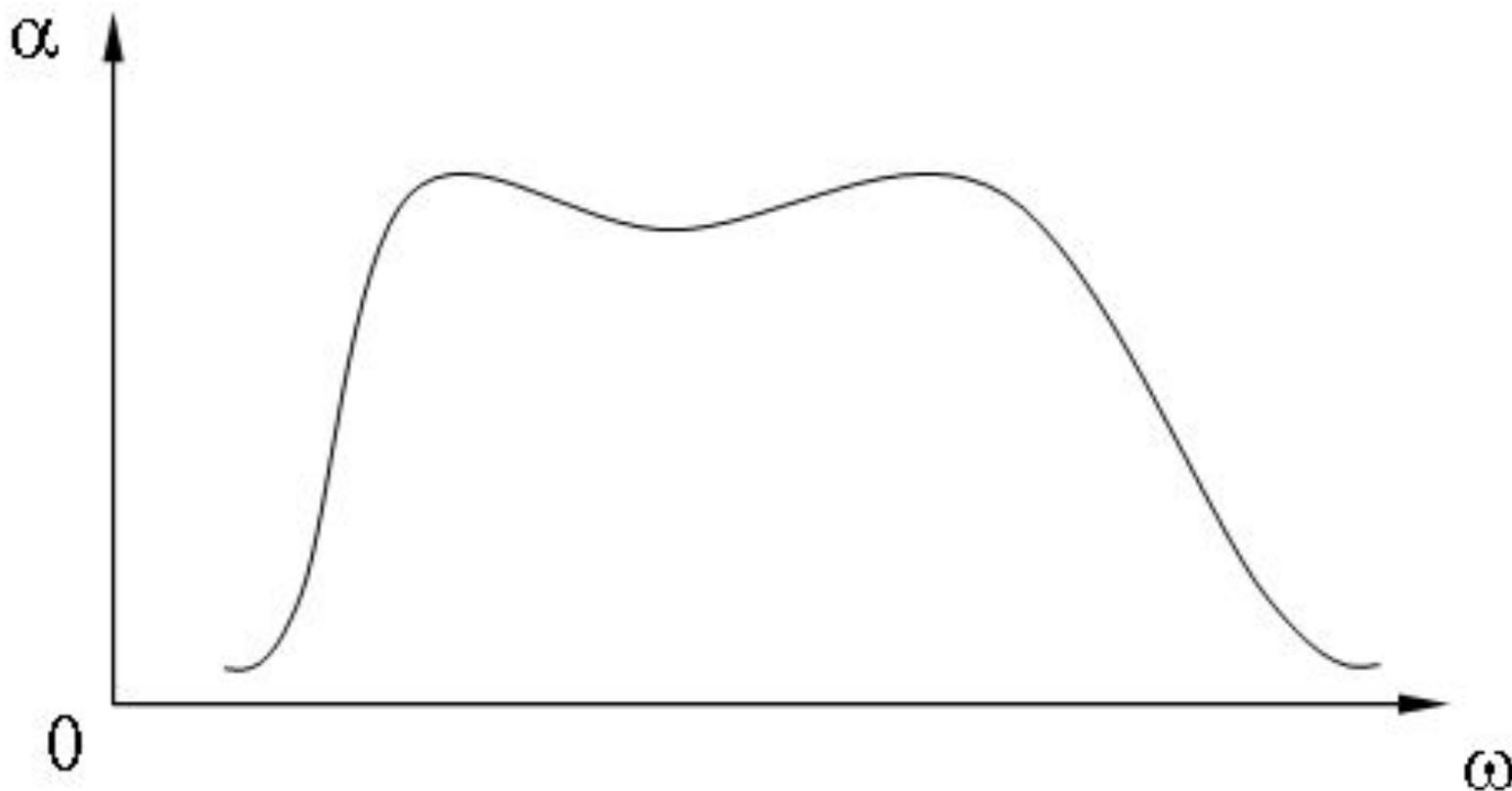


Для металлов $\alpha \approx 10^3 \div 10^4 \text{ см}^{-1}$

Для отдельных атомов (в газах) наблюдаются резкие максимумы для очень узких областей частот вблизи резонансных частот ω_0 . Такой спектр называют дискретным.



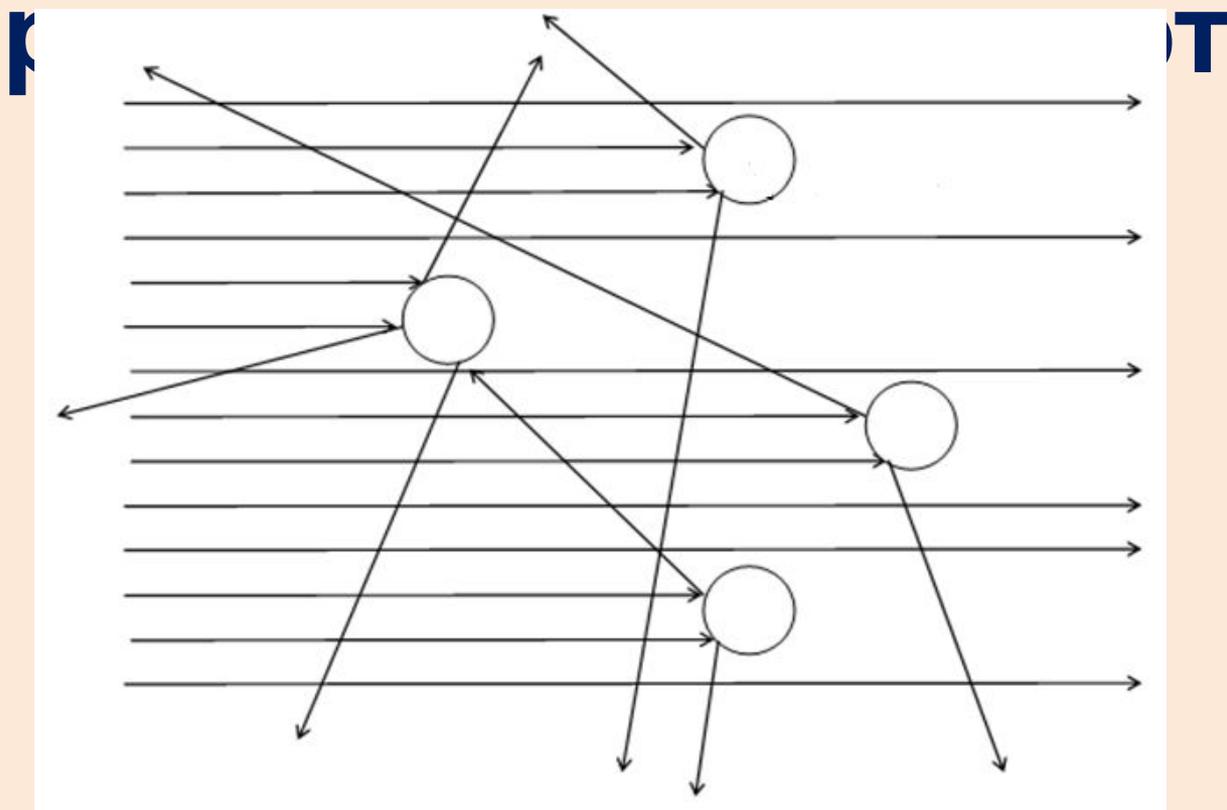
В диэлектрических твердых телах и жидкостях, где взаимодействие между атомами велико, наблюдаются широкие полосы поглощения. Такой спектр называют **сплошным**.



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.

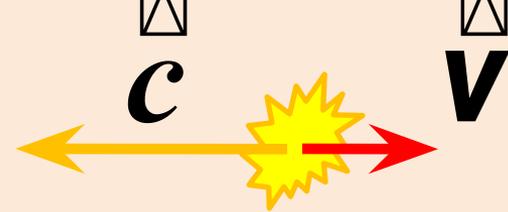
Таким рассеянием обусловлен голубой цвет неба. Рассеянные лучи частично поляризованы.

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

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

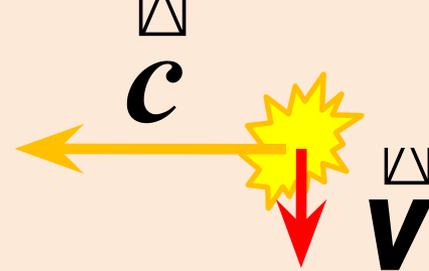
Этот эффект называют красным смещением спектральных линий.

При сближении приемника и источника

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

Это фиолетовое смещение .

2) поперечный П



$$\nu = \nu_0 \sqrt{1 - \beta^2}$$

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

$$\Delta \nu = 2\nu_0 \beta.$$

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
Евгеньев