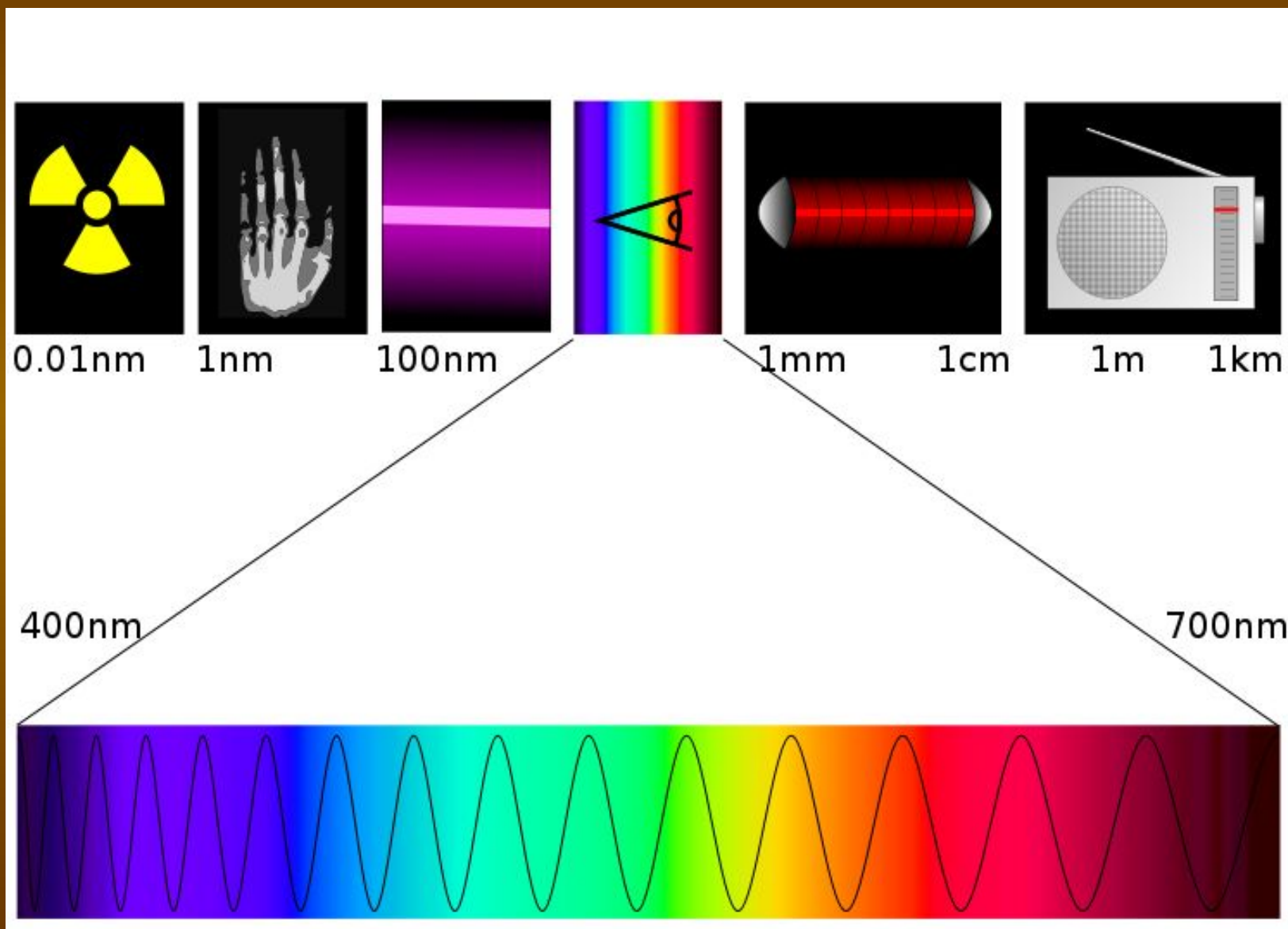


# Электромагнитный спектр



# Видимый спектр

Цвет	Диапазон длин волн, нм	Диапазон частот, ТГц	Диапазон энергии фотонов, эВ
<u>Фиолетовый</u>	380—440	790—680	2,82—3,26
<u>Синий</u>	440—485	680—620	2,56—2,82
<u>Голубой</u>	485—500	620—600	2,48—2,56
<u>Зелёный</u>	500—565	600—530	2,19—2,48
<u>Жёлтый</u>	565—590	530—510	2,10—2,19
<u>Оранжевый</u>	590—625	510—480	1,98—2,10
<u>Красный</u>	625—740	480—405	1,68—1,98

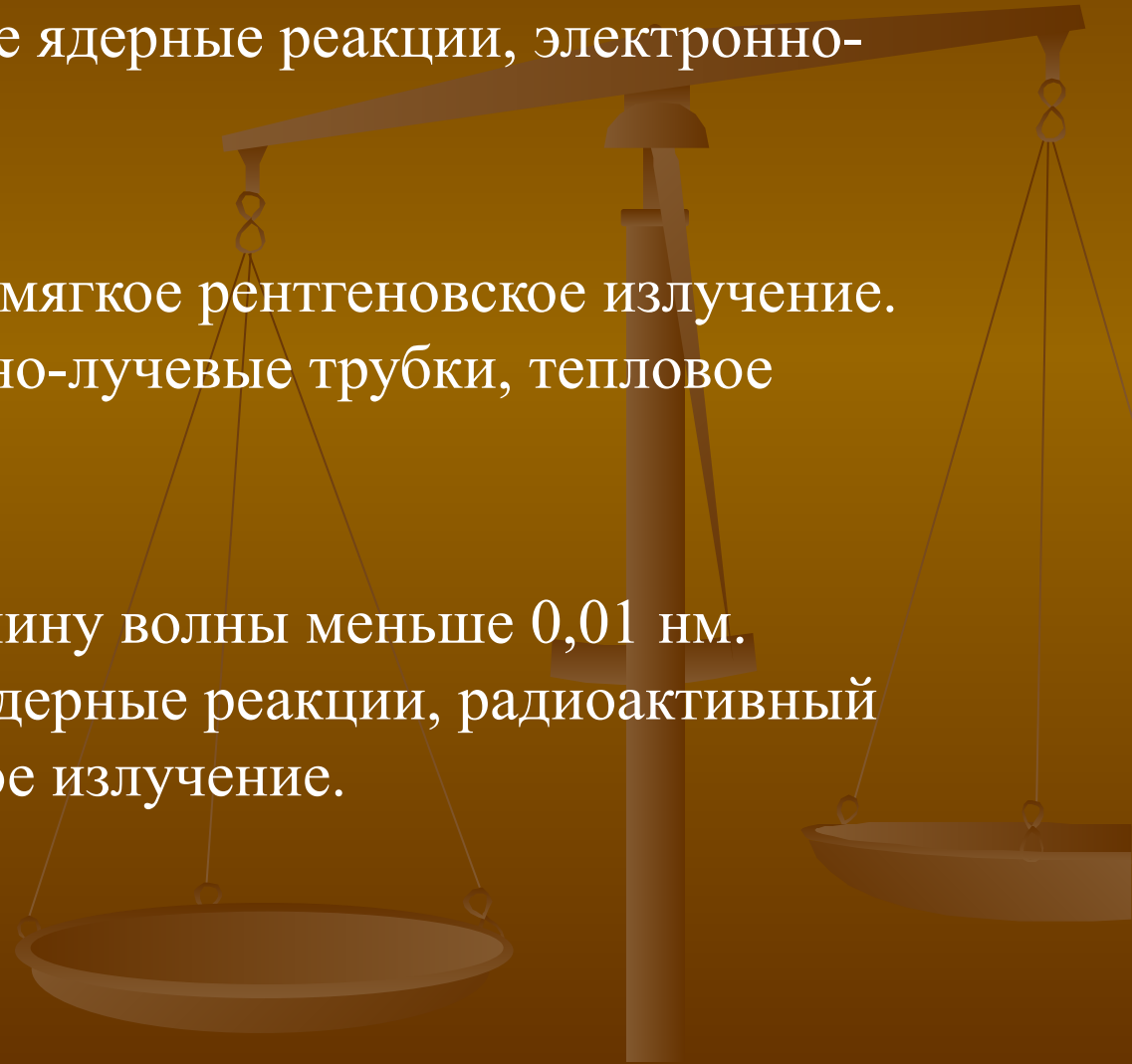


# Ультрафиолетовое излучение

Наименование	Аббревиатура	Длина волны, нм	Энергия фотона
Ближний	NUV	400 — 300	3,10 — 4,13 эВ
Средний	MUV	300 — 200	4,13 — 6,20 эВ
Дальний	FUV	200 — 122	6,20 — 10,2 эВ
Экстремальный	EUV, XUV	121 — 10	10,2 — 124 эВ
Вакуумный	VUV	200 — 10	6,20 — 124 эВ
Ультрафиолет А, длинноволновой диапазон	UVA	400 — 315	3,10 — 3,94 эВ
Ультрафиолет В, средний диапазон	UVB	315 — 280	3,94 — 4,43 эВ
Ультрафиолет С, коротковолново й диапазон	UVC	280 — 100	4,43 — 12,4 эВ

# Рентгеновское излучение и $\gamma$ -излучение

- от 0,1 нм до 0,01 нм — жёсткое рентгеновское излучение. Источники: некоторые ядерные реакции, электронно-лучевые трубки.
- от 10 нм до 0,1 нм — мягкое рентгеновское излучение. Источники: электронно-лучевые трубки, тепловое излучение плазмы.
- Гамма-лучи имеют длину волны меньше 0,01 нм. Источники: космос, ядерные реакции, радиоактивный распад, синхротронное излучение.



- Отношение интенсивностей отраженной и падающей лучей называется **коэффициентом отражения  $R$**  электромагнитной волны от поверхности раздела двух сред:

$$R = \frac{I_{отр}}{I_{пад}} = \left( \frac{A_{отр}}{A_{пад}} \right)^2$$

где  $A$  – амплитуда напряженности волны

- Отношение интенсивностей проходящей и падающей лучей называется **коэффициентом пропускания  $T$**  электромагнитной волны:

$$T = \frac{I_{прох}}{I_{пад}} = n_{21} \left( \frac{A_{прох}}{A_{пад}} \right)^2$$

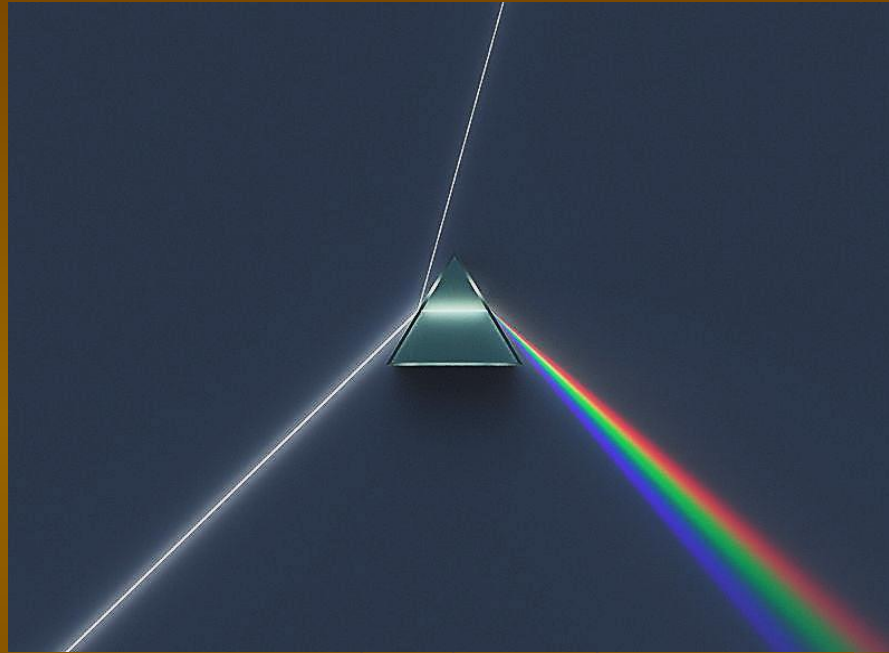
- Если часть энергии падающей на вещество электромагнитной волны преобразуется во внутреннюю энергию вещества, то имеет место **поглощение света** веществом. Поглощение света веществом описывается законом Бугера:

$$I = I_0 e^{-Rx}$$

где  $I$  и  $I_0$  – интенсивности на входе и выходе слоя вещества толщиной  $x$ ,

$R$  – коэффициент поглощения вещества, который зависит от длины волны и химической природы вещества.

- **Дисперсия** – зависимость абсолютного показателя преломления вещества от частоты света. Например, разложение белого света при прохождении его через призму.

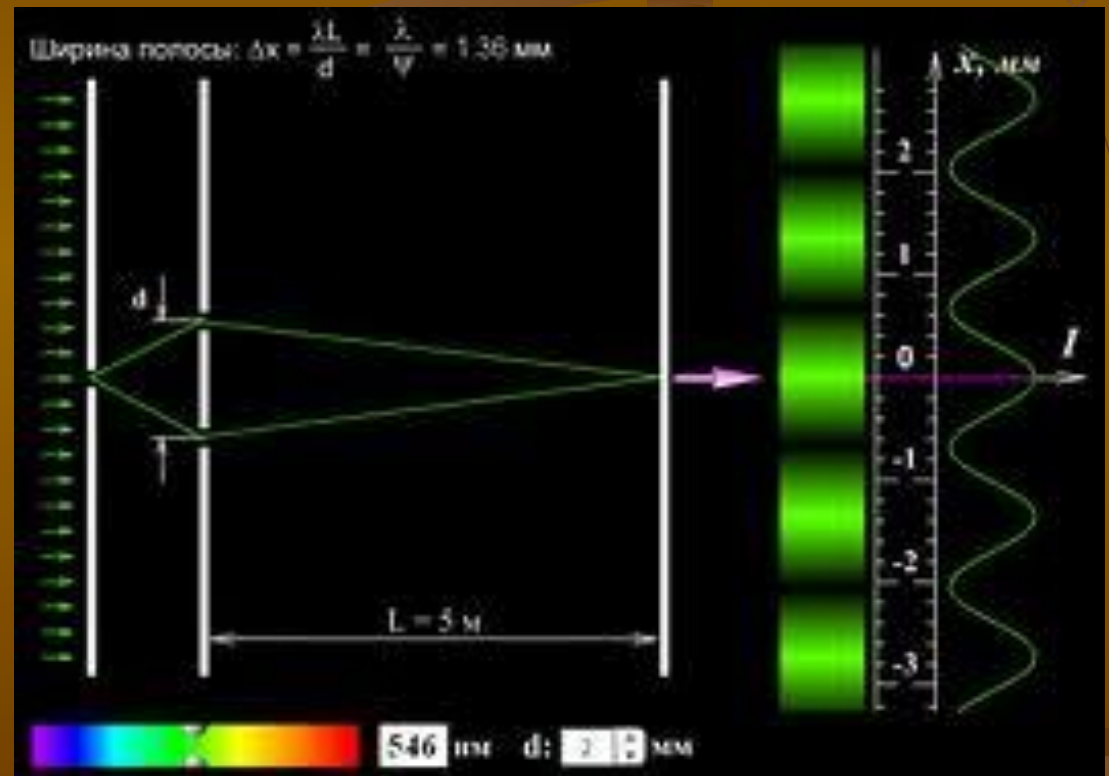
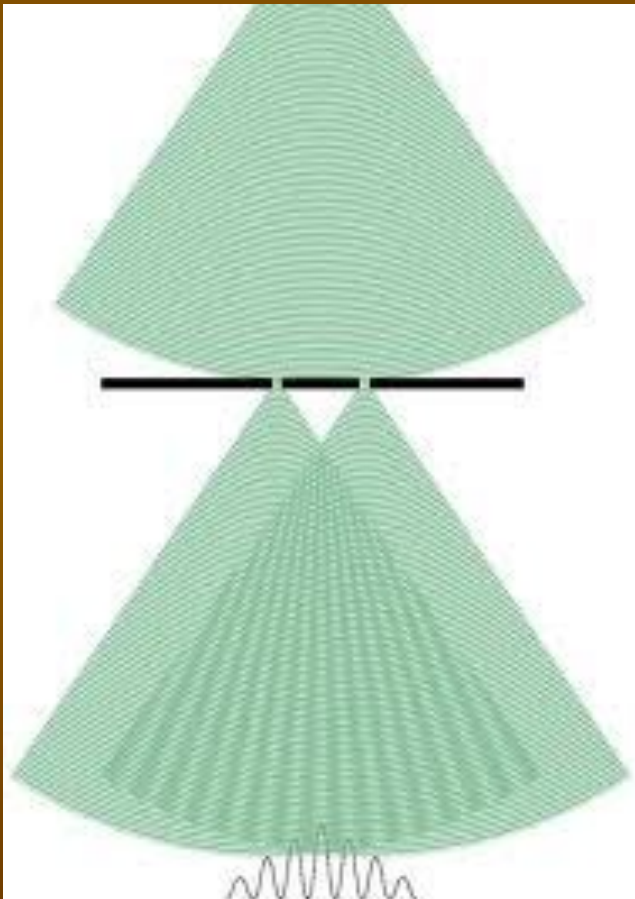


Различают:

**нормальную дисперсию** – абсолютный показатель преломления растет с ростом частоты света,

**аномальную дисперсию** – абсолютный показатель преломления уменьшается с ростом частоты света.

- **Интерференция** — это сложение когерентных волн, в результате чего в одних местах возникает максимум интенсивности, а в других — минимум.

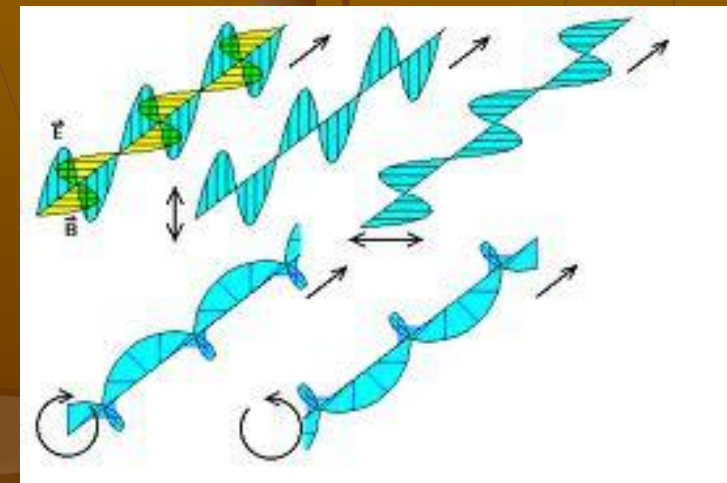
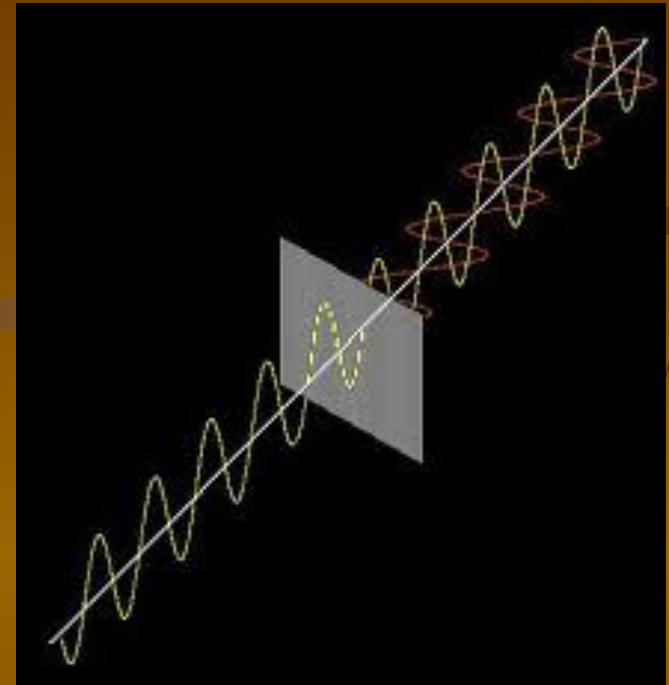




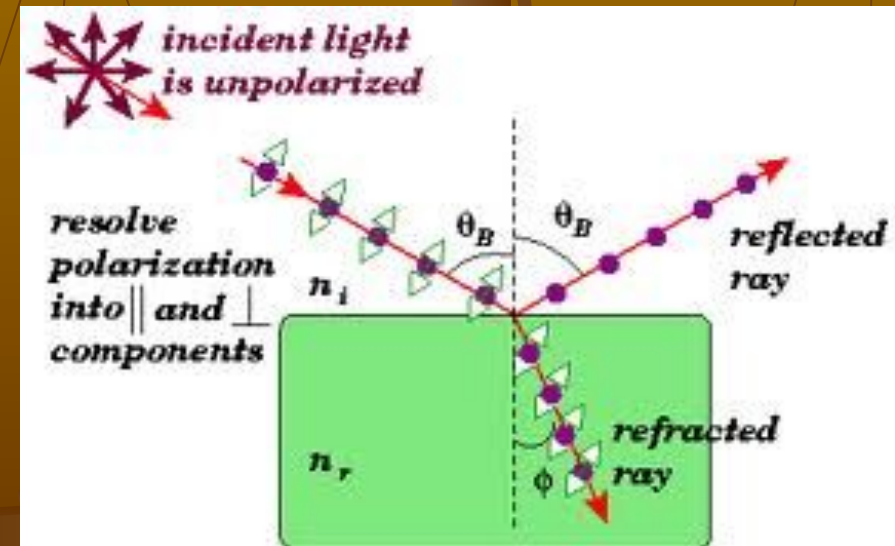
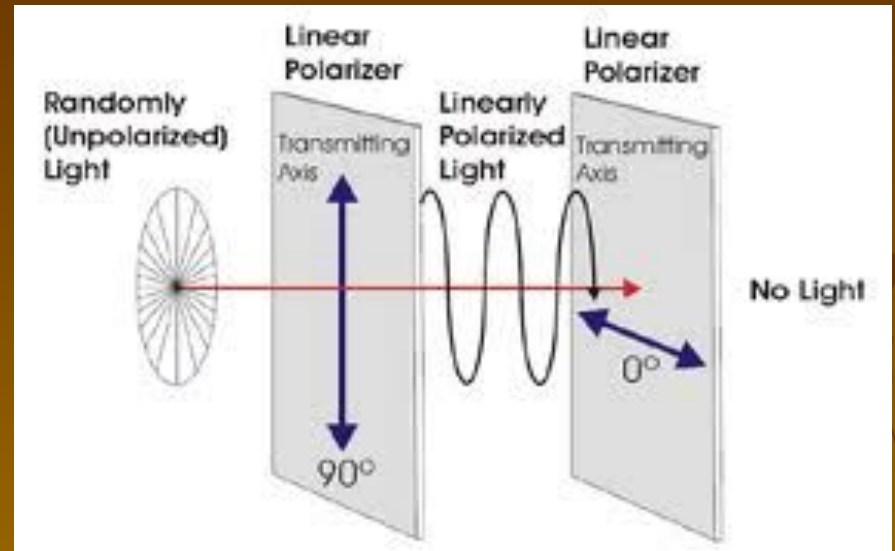
- **Дифракция** – огибание светом препятствий (например, при прохождении вблизи границ непрозрачных тел или через узкие щели и отверстия).
- Дифракция наблюдается, если размер неоднородности сравним с длиной волны света.
- Можно наблюдать два вида дифракции – **дифракция Френеля** (дифракция в сходящихся лучах), и **дифракция Фраунгофера** (дифракция в параллельных лучах).
- Явления дифракции определяется **принципом Гюйгенса**, согласно которому каждая точка, до которой доходит волна, служит центром вторичных волн, а огибающая этих волн дает положение волнового фронта в следующий момент времени.

# Поляризация света

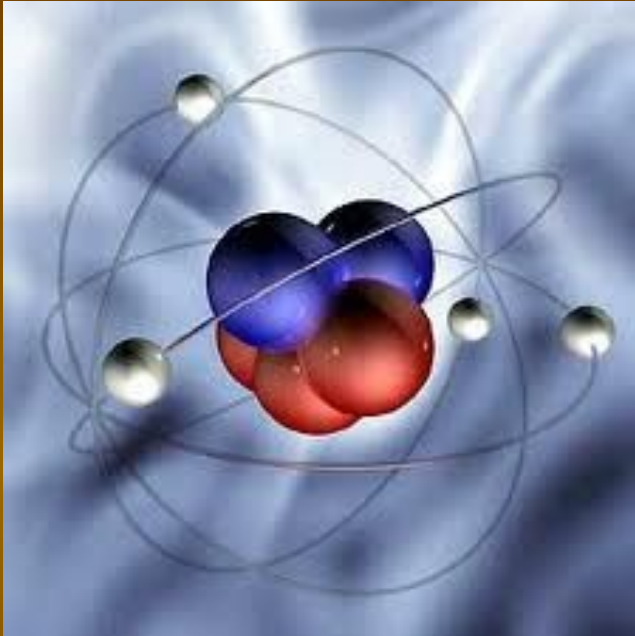
- Свет, в котором встречаются фотоны со всевозможными ориентациями вектора  $\mathbf{E}$ , называется **естественным**.
- Свет, в котором вектор  $\mathbf{E}$  колеблется в определенной плоскости, называется **поляризованным**.
- Плоскость, в которой происходят колебания вектора  $\mathbf{E}$  называется **плоскостью поляризации**.
- Различают **линейную**, **круговую** и **эллиптическую** поляризацию.



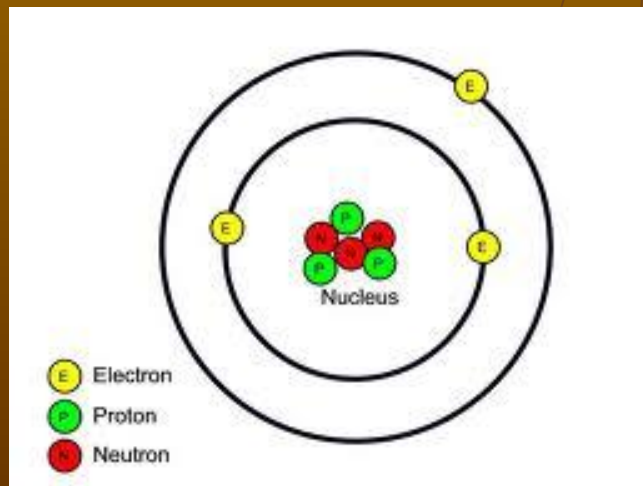
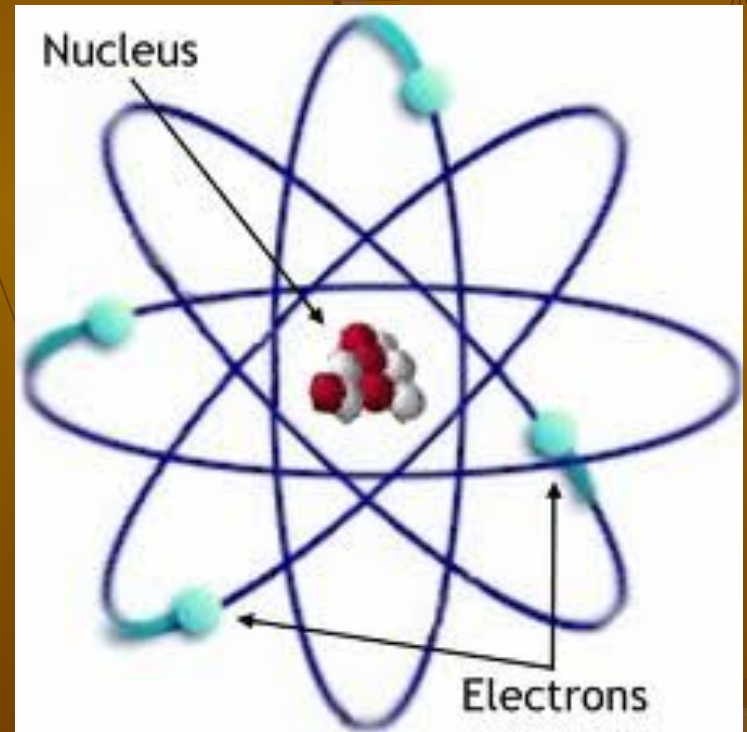
- Если на пути поляризованного света расположить еще один поляризатор и вращать его вокруг направления луча, то интенсивность света будет меняться в зависимости от угла, что позволяет менять интенсивность света (!!! можно регулировать длительность импульса в импульсных лазерах)
- Частично поляризованными являются также отраженные и преломленные лучи света



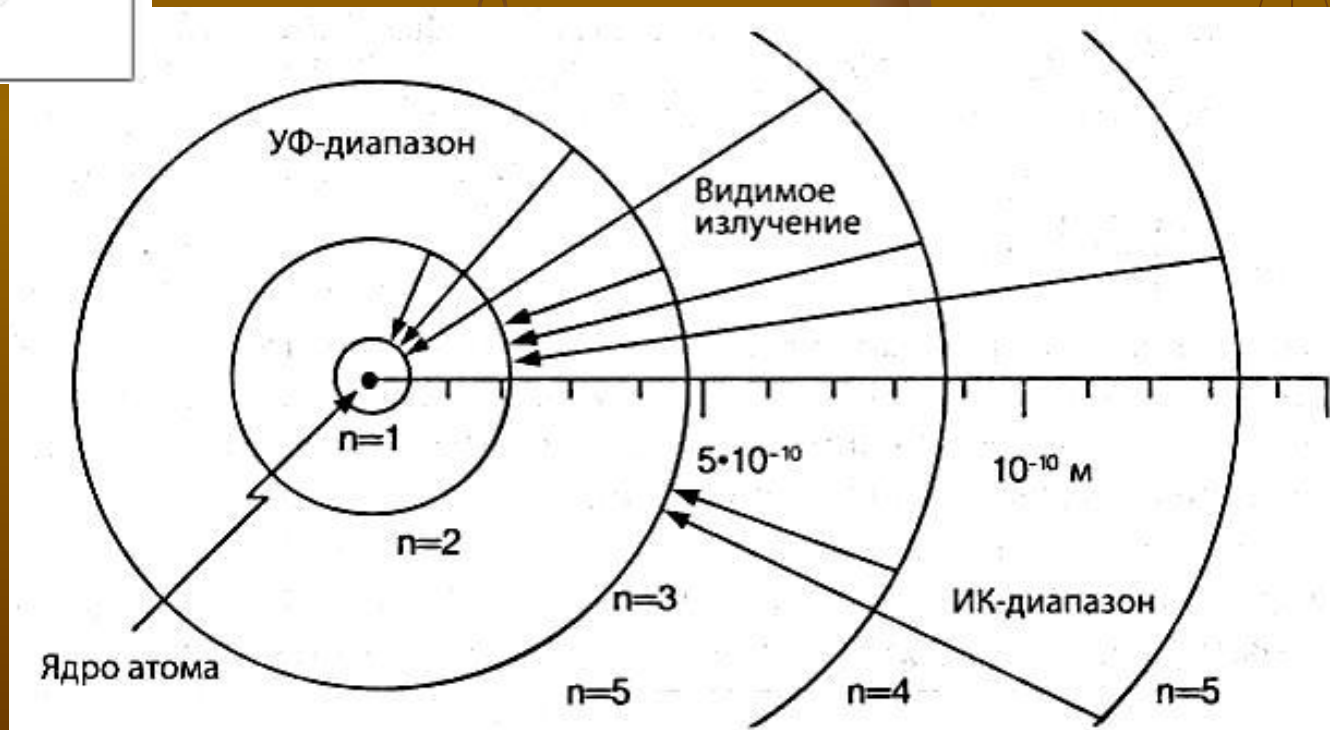
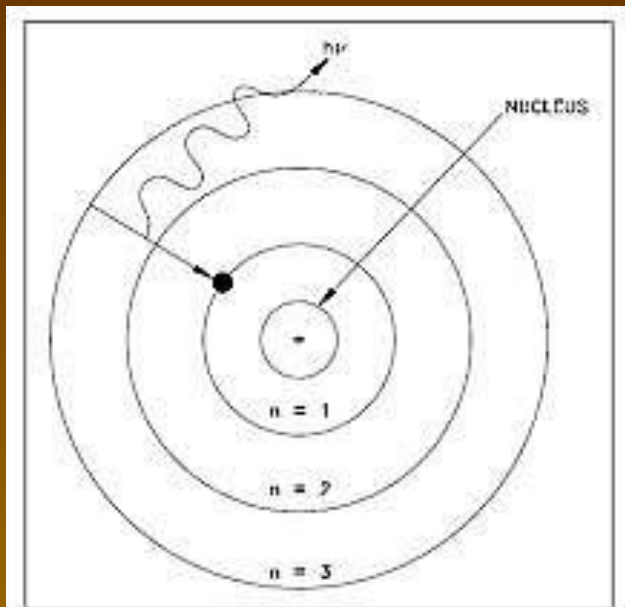
# Поглощение и излучение фотонов атомами и молекулами



## Модели атома

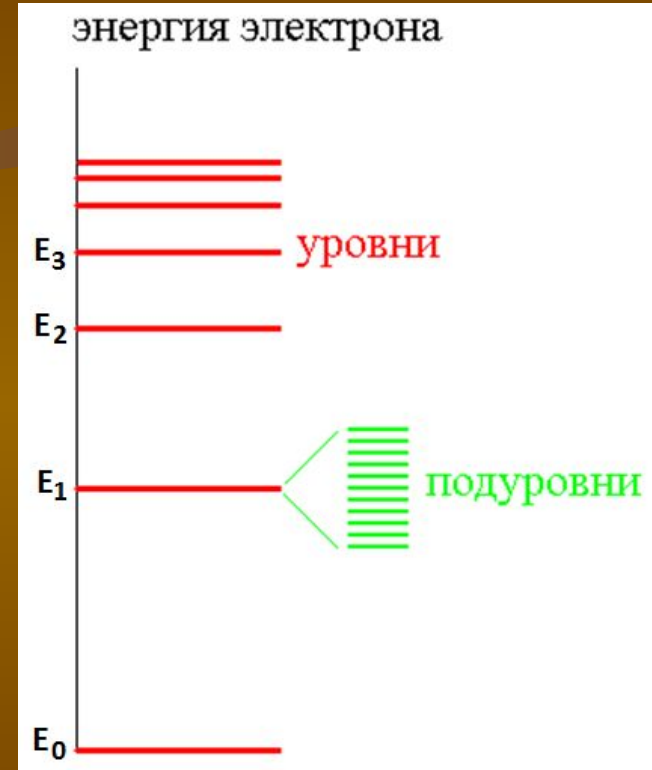


# Орбиты

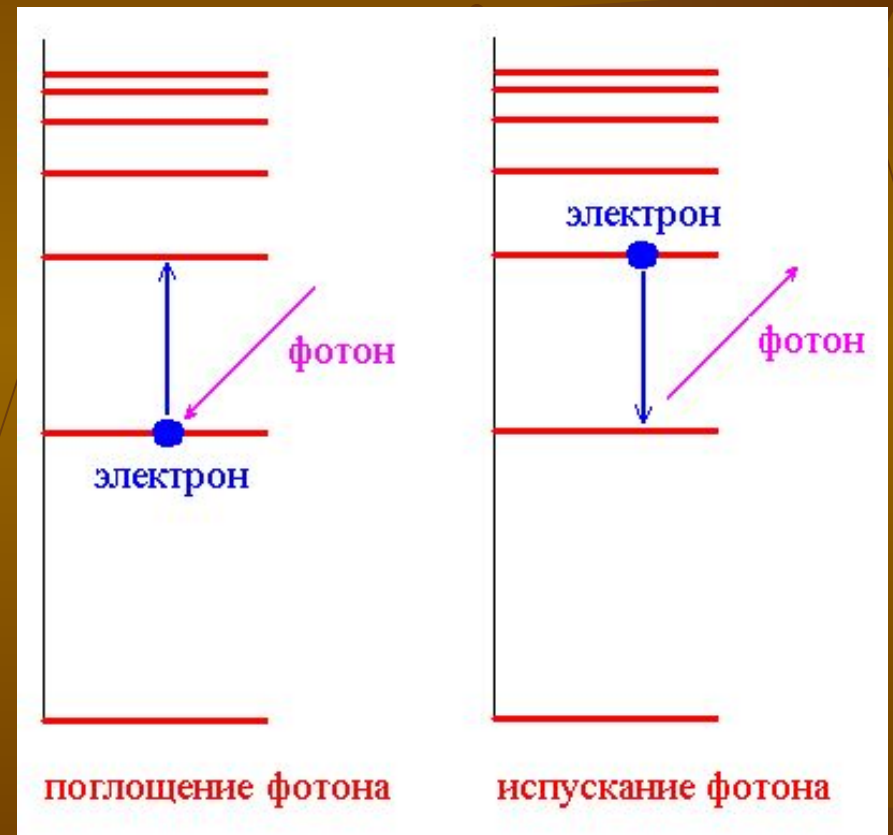
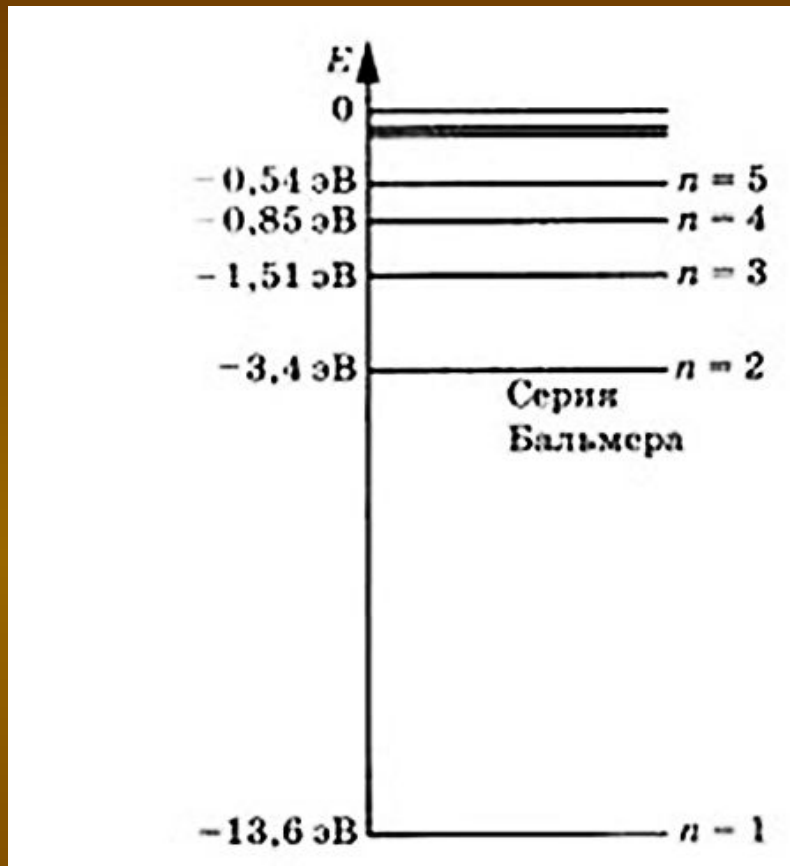


# Уровни энергии

- **Уровни энергии** – возможные значения энергии квантовых систем (электронов, протонов, ядер, атомов, молекул и т.д.).
- Внутренняя энергия квантовых систем **квантуется** – принимает только определённые дискретные значения  $E_0, E_1, E_2, \dots$ , соответствующие устойчивым (стационарным) состояниям системы.
- Нижний уровень  $E_0$ , соответствующий наименьшей возможной энергии системы, называется **основным**, а все остальные уровни энергии – **возбуждёнными**.



# Уровни энергии в атоме водорода



Поглощение и испускание фотона

# Квантовые числа

- Для нахождения возможных состояний электрона в атоме каждая атомная орбиталь однозначно характеризуется набором из четырех чисел, которые называются **квантовыми числами**:

главное квантовое число —  $n$

орбитальное квантовое число —  $l$

магнитное квантовое число —  $m$

спиновое квантовое число —  $s$

- Главное квантовое число  $n$  может принимать любые целочисленные положительные значения:  $n = 1, 2, 3, \dots$  и определяет энергию электрона, степень удаленности от ядра, размеры электронной орбитали.
- Электроны имеющие одинаковое значение  $n$  находятся на одном электронном и энергетическом уровне.

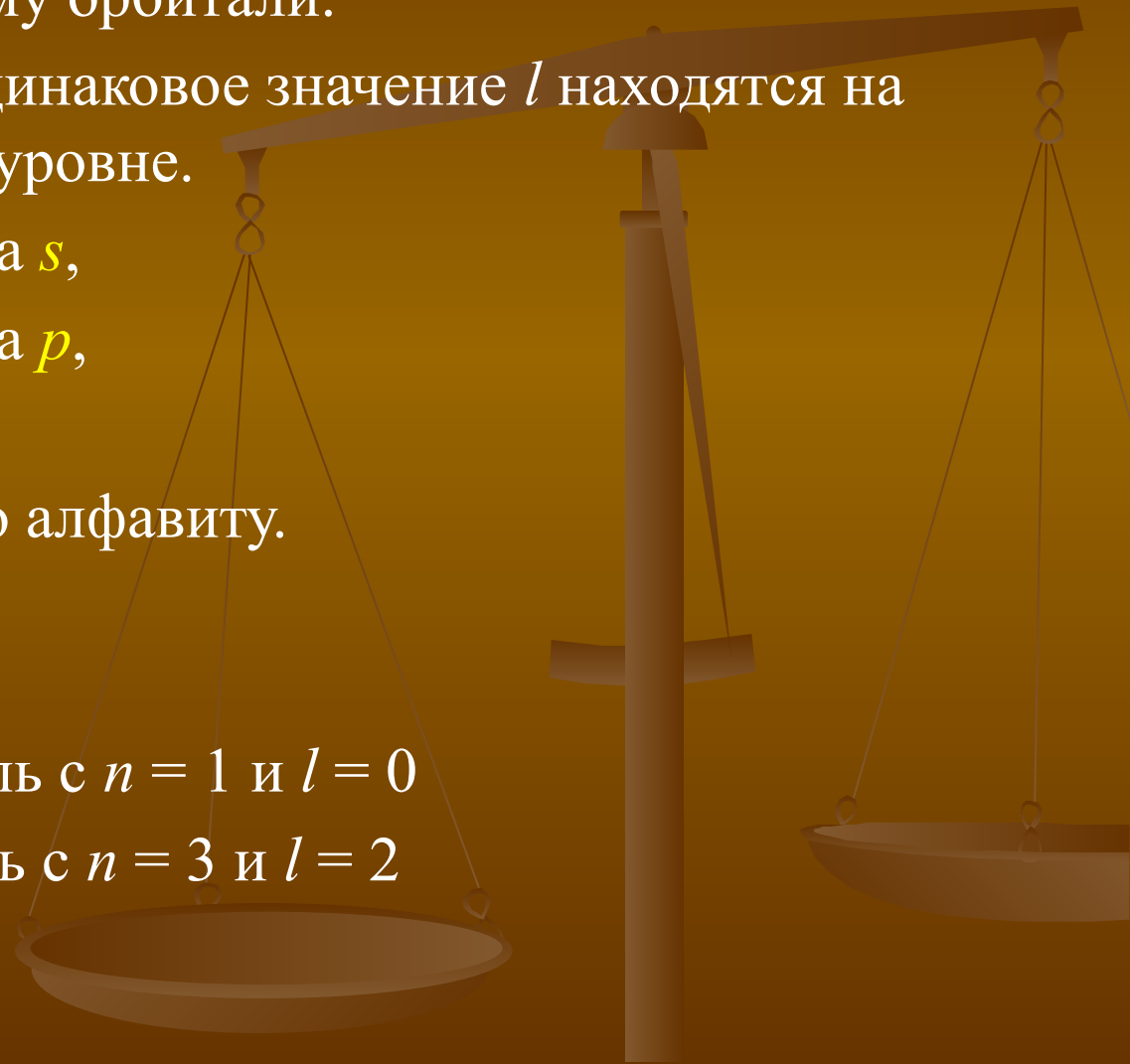


- Орбитальное квантовое число  $l$  может принимать любые целочисленные значения от нуля до  $n-1$  и определяет орбитальный момент импульса электрона, а также пространственную форму орбитали.
- Электроны имеющие одинаковое значение  $l$  находятся на одном электронном подуровне.
  - $l = 0$  соответствует буква  $s$ ,
  - $l = 1$  соответствует буква  $p$ ,
  - $l = 2$  – буква  $d$ ,
  - $l = 3$  – буква  $f$  и далее по алфавиту.





Например:

$1s$  - обозначает орбиталь с  $n = 1$  и  $l = 0$

$3d$  - обозначает орбиталь с  $n = 3$  и  $l = 2$



## Орбитальное квантовое число

<b>n</b>	<b>l</b>	<b>Вид орбитали</b>	<b>Форма орбитали</b>
<b>1</b>	<b>0(s)</b>	<b>s</b>	
<b>2</b>	<b>0,1(s,p)</b>	<b>p</b>	
<b>3</b>	<b>0,1,2(s,p,d)</b>	<b>d</b>	
<b>4</b>	<b>0,1,2,3(s,p,d,f)</b>	<b>f</b>	

- Магнитное квантовое число  $m$  может принимать любые целочисленные значения от  $-l$  до  $+l$ , включая ноль и определяет значения проекции орбитального магнитного момента на одну из осей
- Магнитное квантовое число определяет пространственную ориентацию орбиталей и их максимальное число на электронном подуровне

**Магнитное квантовое число**

$$M_z = \frac{h}{2\pi} m_l \quad m_l = -l, \dots, -1, 0, +1, \dots, +l$$

**Пространственная ориентация электронных орбиталей**

n	l	Магнитное квантовое число $m_l$														
4	N															
3	M										f					
2	L					d										
1	K		p													

**s**

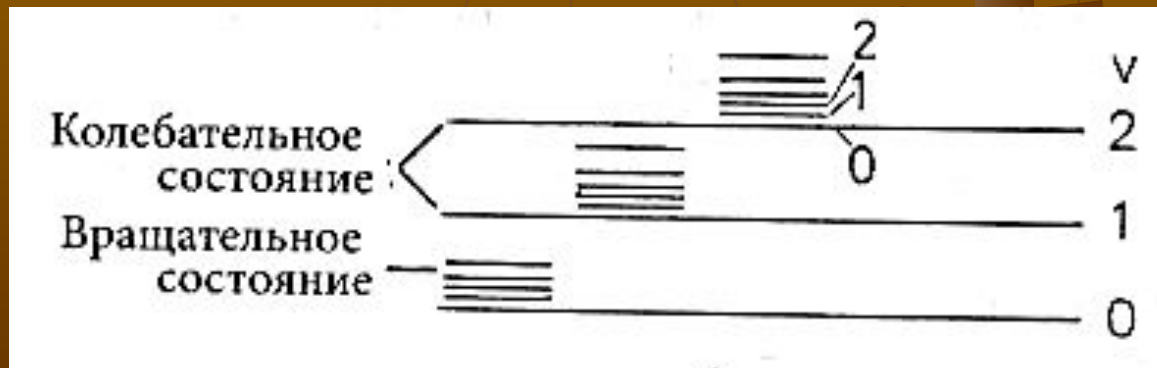
- Спиновое квантовое число  $s$  для электрона может принимать только два значения:  $1/2$  и  $-1/2$

## Колебательные и вращательные уровни энергии

- В результате колебаний атомов в молекулах и вращения самих молекул кроме электронной энергии вклад в общую энергию молекулы вносят энергия колебания и энергия вращения:

$$E = E_e + E_v + E_J.$$

- Происходит дополнительное расщепление уровней энергий



# Пример: схема энергетических уровней гелий-неонового лазера

