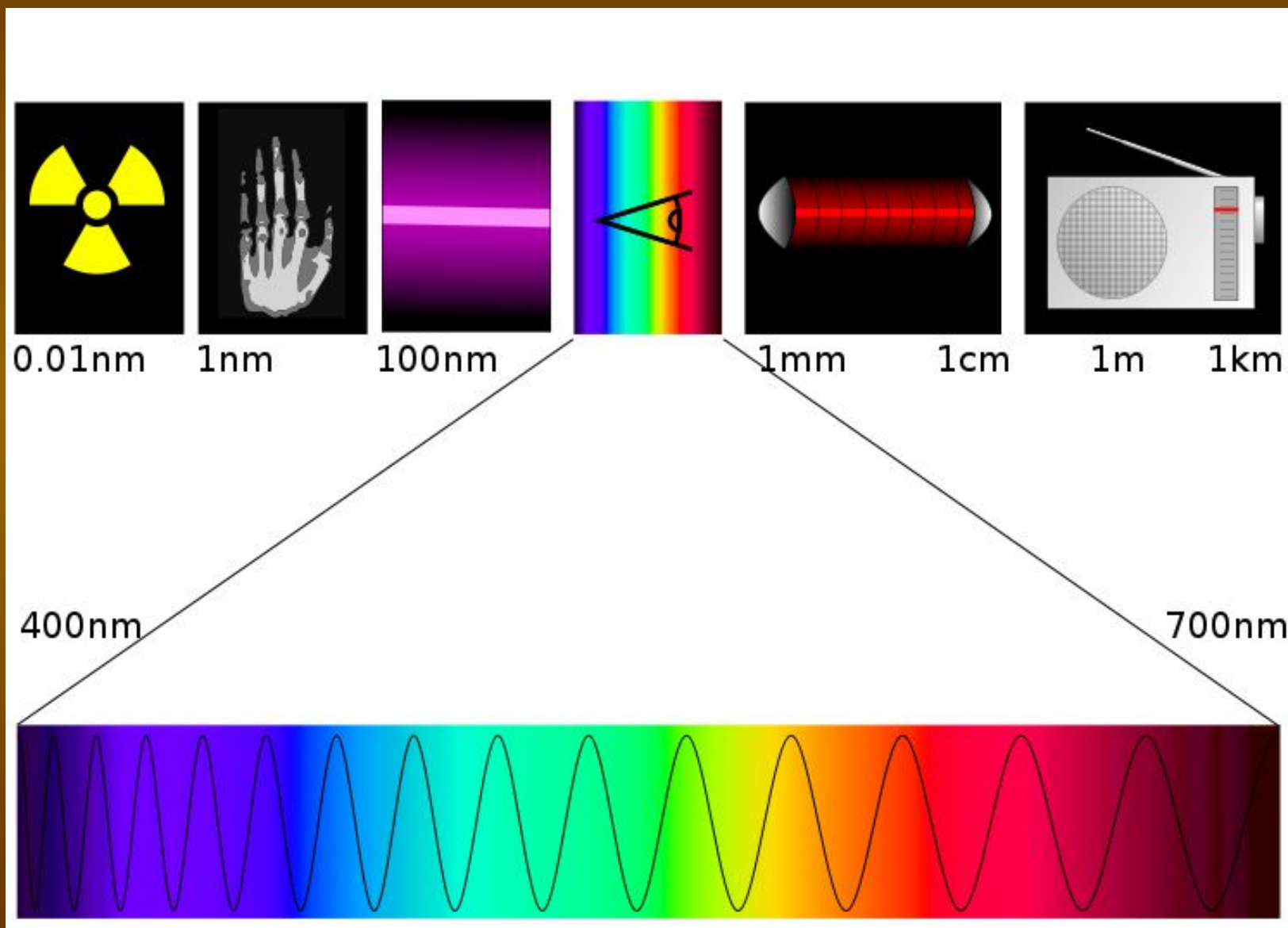
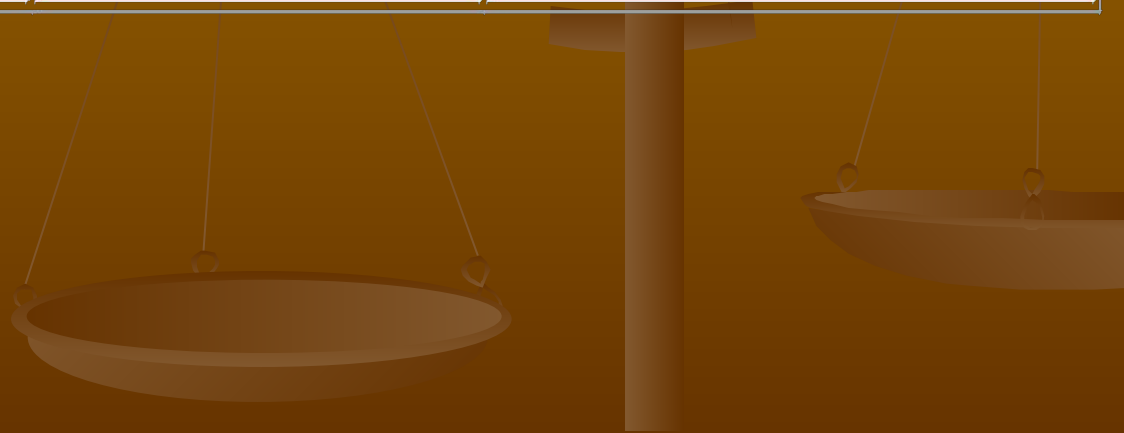


Электромагнитный спектр



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 |

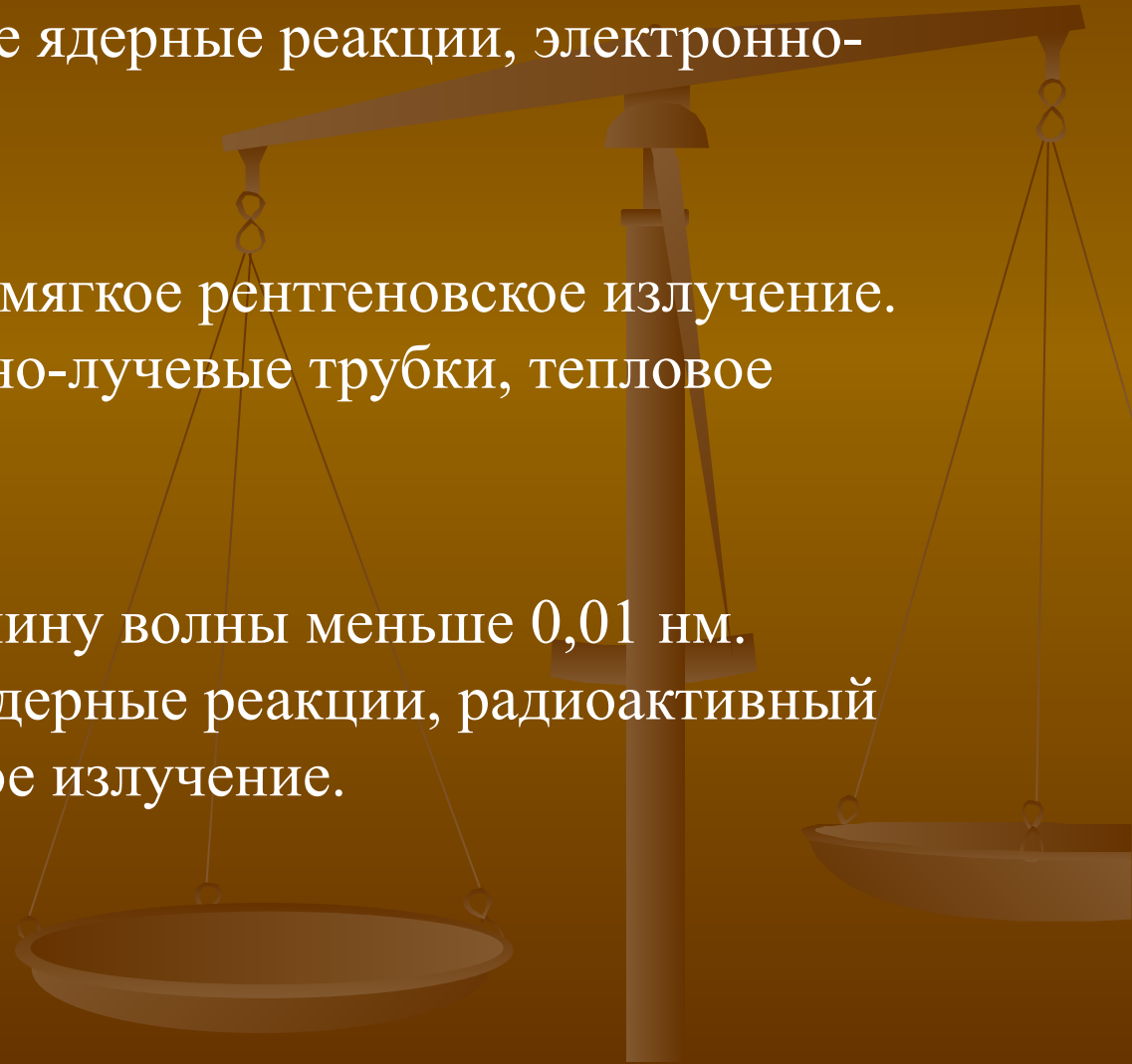


Ультрафиолетовое излучение

| 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 γ -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:

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

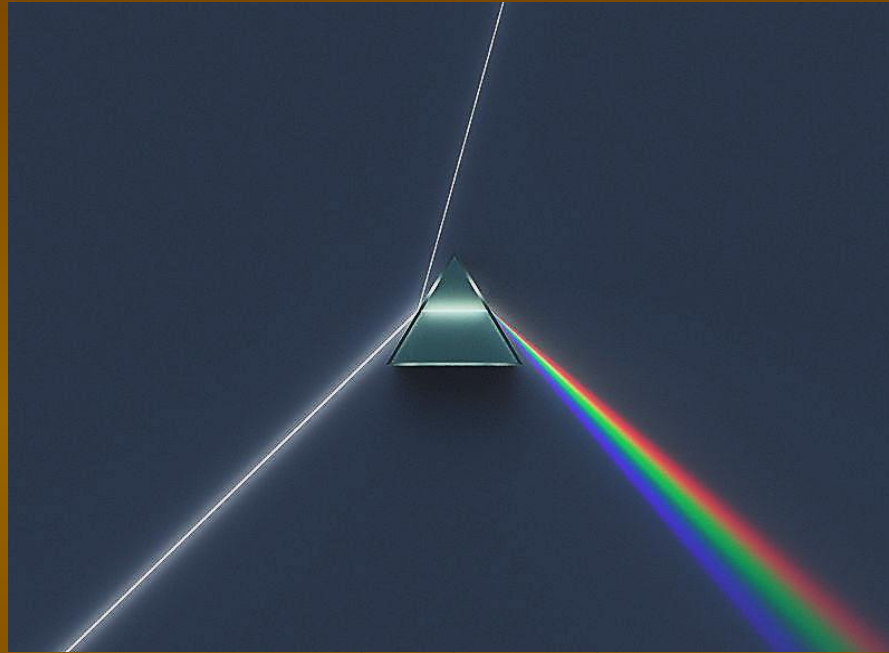
- Если часть энергии падающей на вещество электромагнитной волны преобразуется во внутреннюю энергию вещества, то имеет место **поглощение света** веществом. Поглощение света веществом описывается законом Бугера:

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

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.

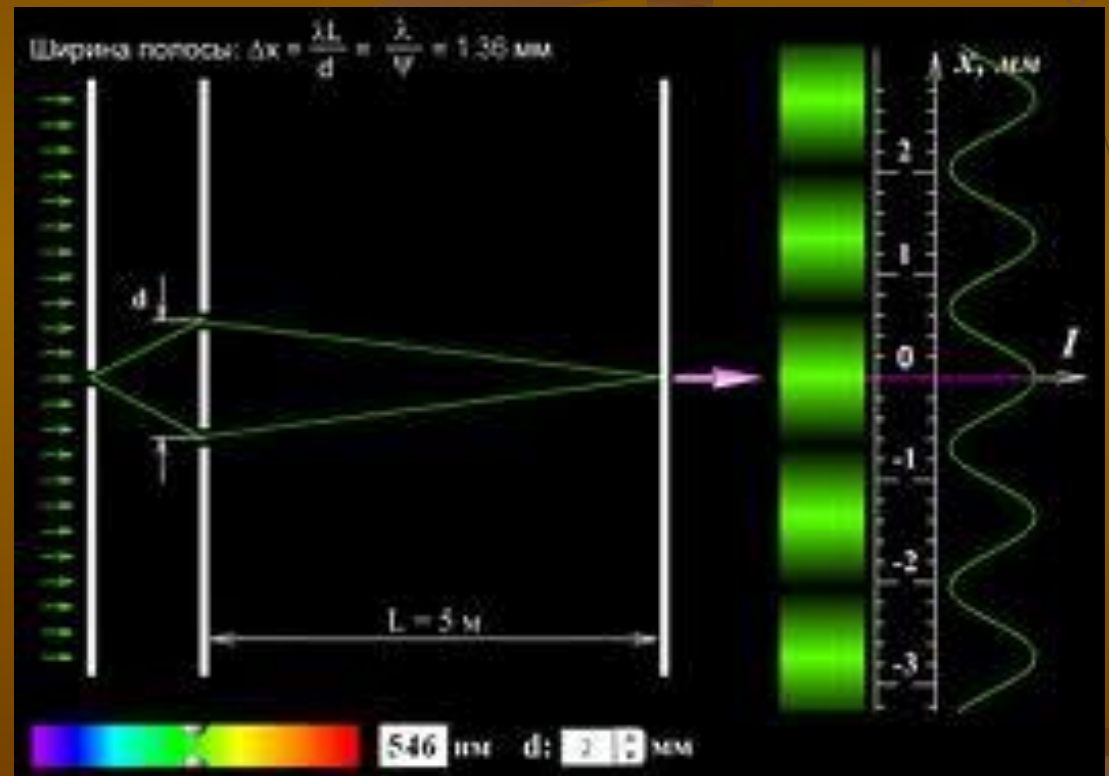
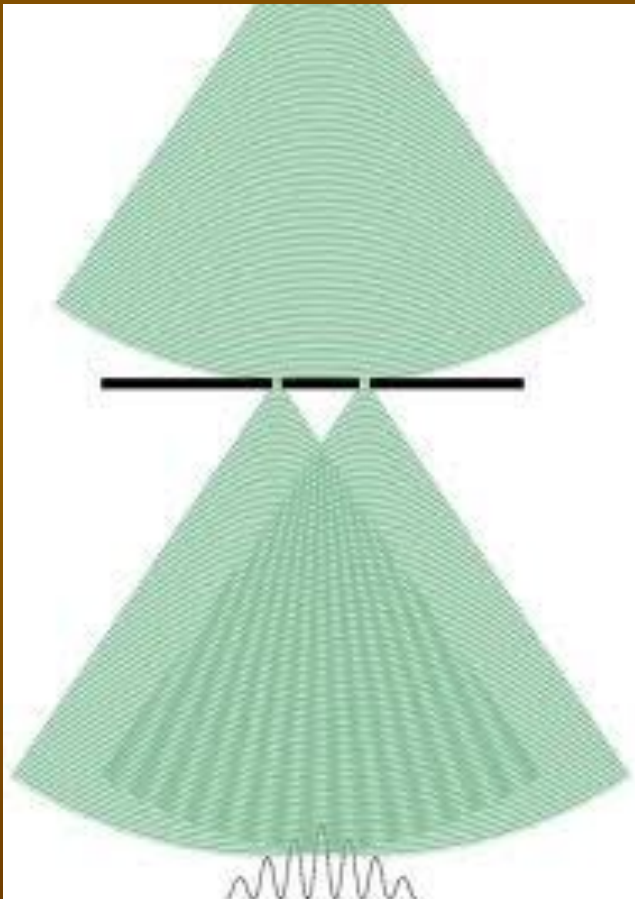


Различают:

нормальную дисперсию – абсолютный показатель преломления растёт с ростом частоты света,

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

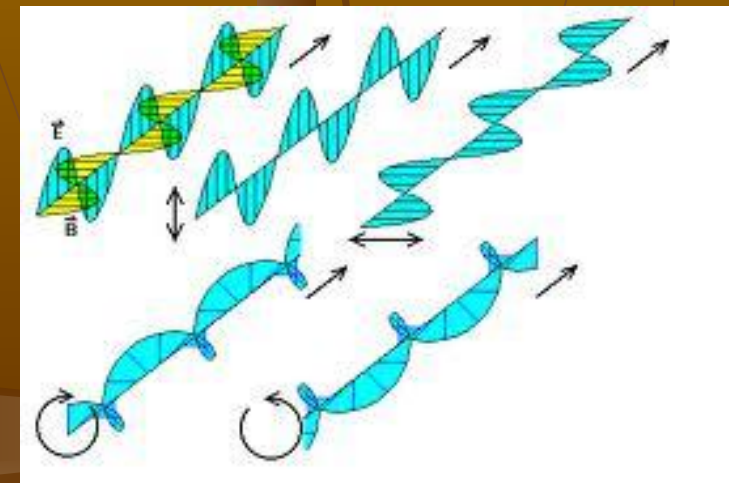
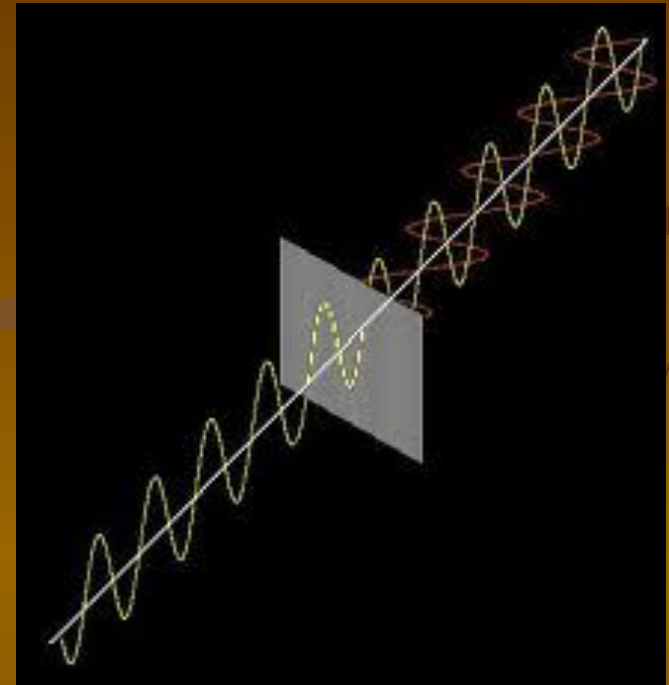
- **Интерференция** — это сложение когерентных волн, в результате чего в одних местах возникает максимум интенсивности, а в других — минимум.



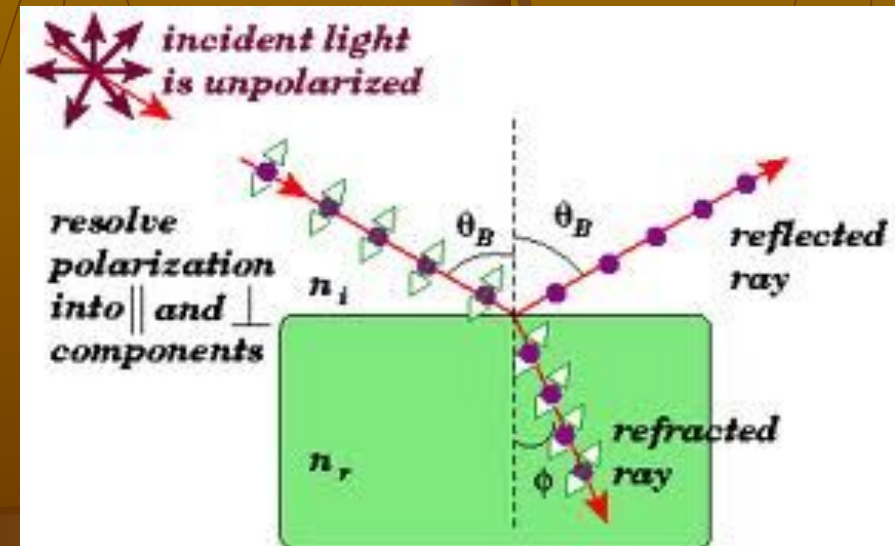
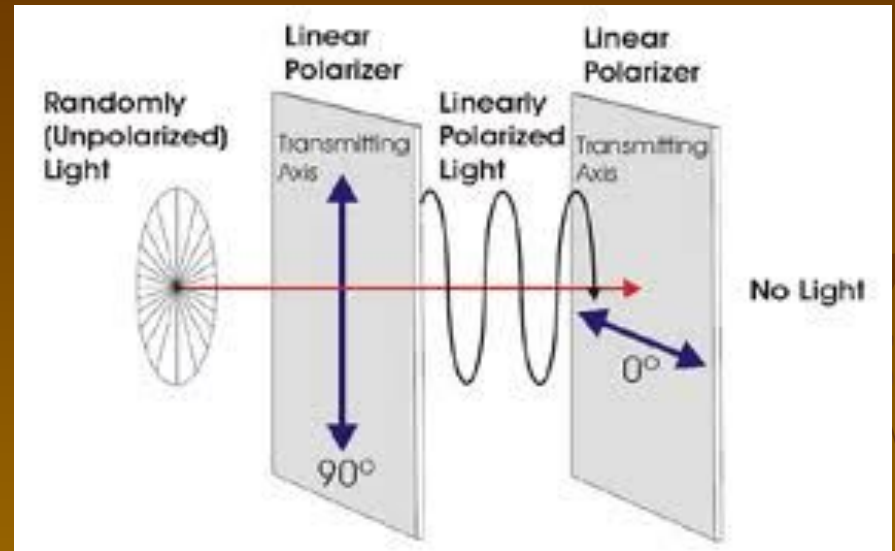
- **Дифракция** – огибание светом препятствий (например, при прохождении вблизи границ непрозрачных тел или через узкие щели и отверстия).
- Дифракция наблюдается, если размер неоднородности сравним с длиной волны света.
- Можно наблюдать два вида дифракции – **дифракция Френеля** (дифракция в сходящихся 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

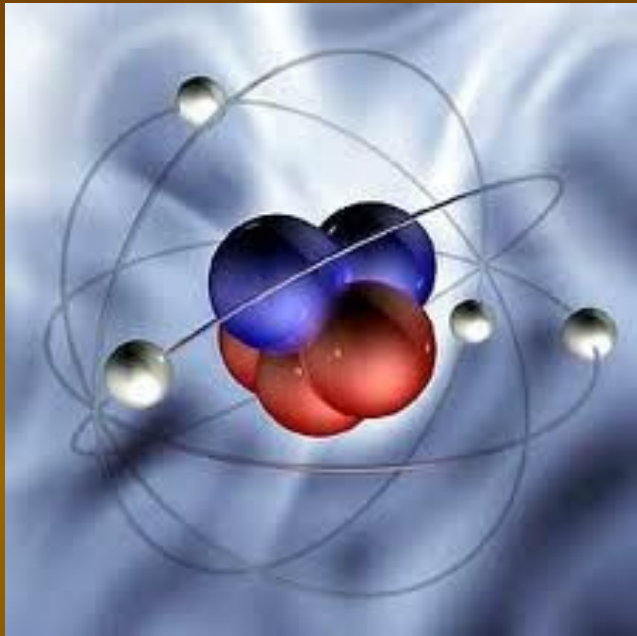
- Свет, в котором встречаются фотоны со всевозможными ориентациями вектора E , называется **естественным**.
- Свет, в котором вектор E колеблется в определенной плоскости, называется **поляризованным**.
- Плоскость, в которой происходят колебания вектора E называется **плоскостью поляризации**.
- Различают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



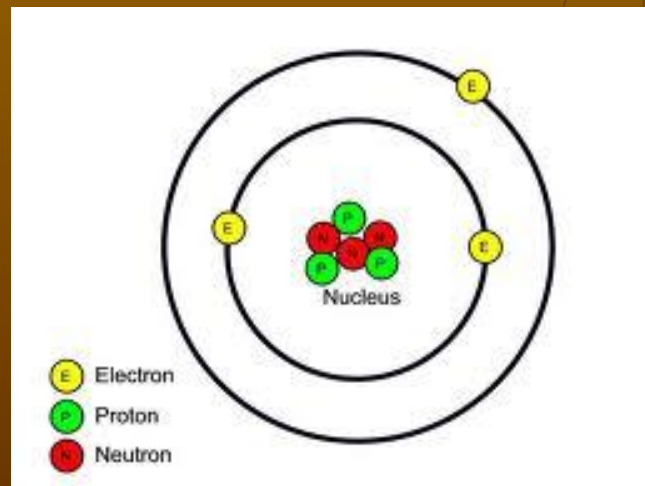
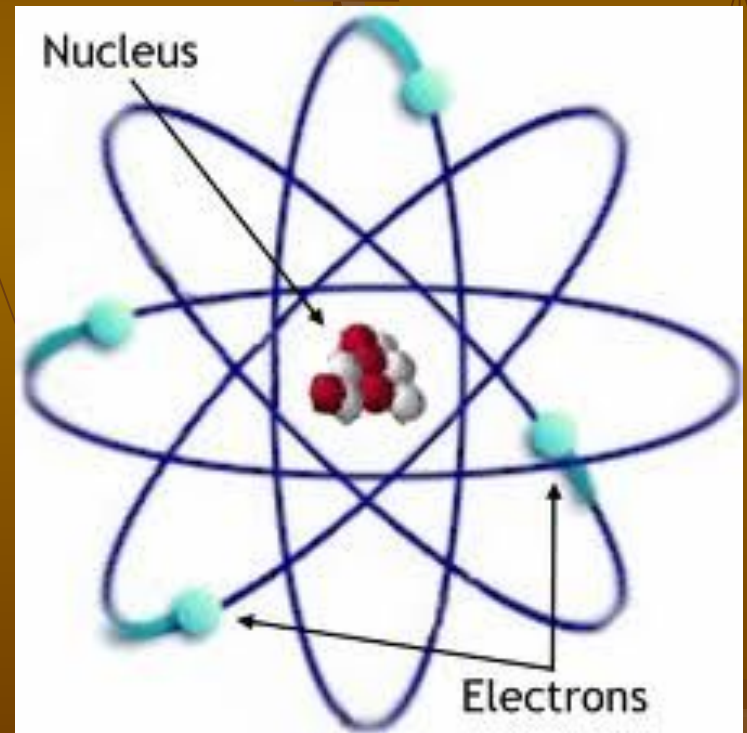
- Если на пути поляризованного света расположить еще один поляризатор и вращать его вокруг направления луча, то интенсивность света будет меняться в зависимости от угла, что позволяет менять интенсивность света (!!! можно регулировать длительность импульса в импульсных лазерах)
- Частично поляризованными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



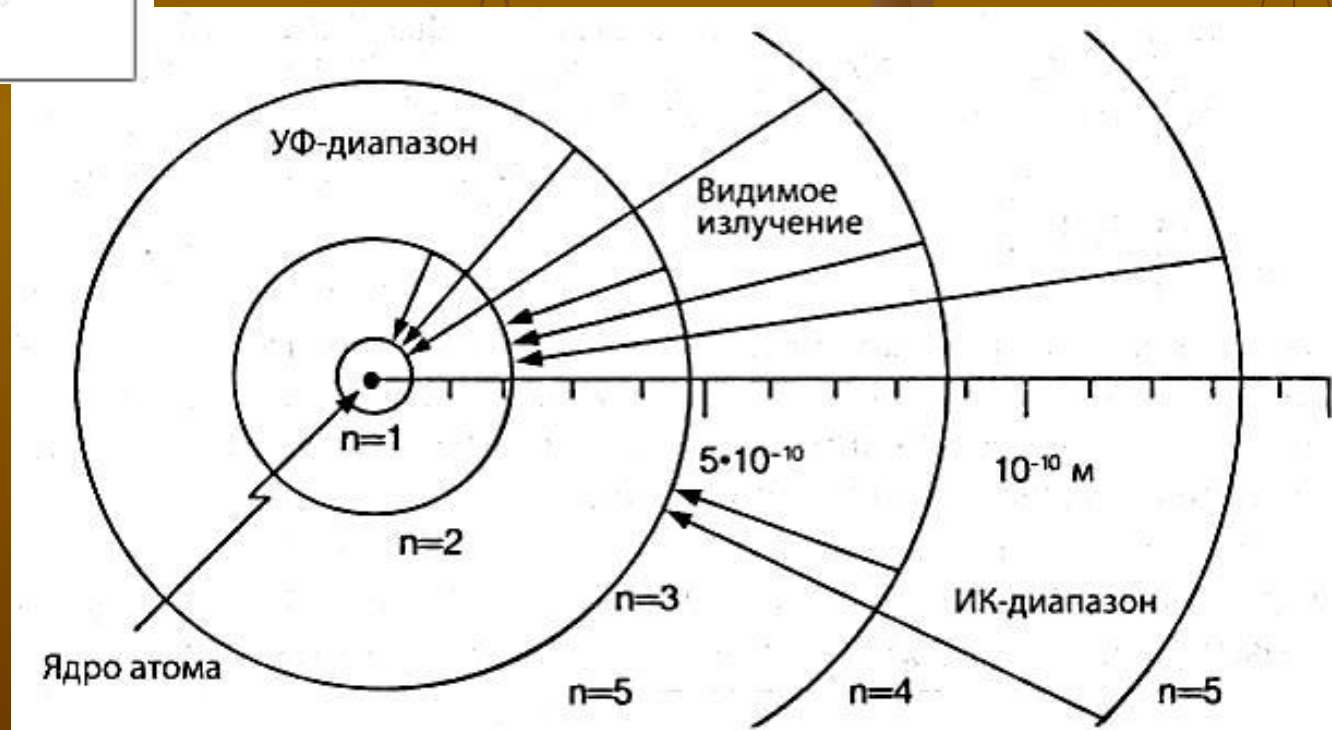
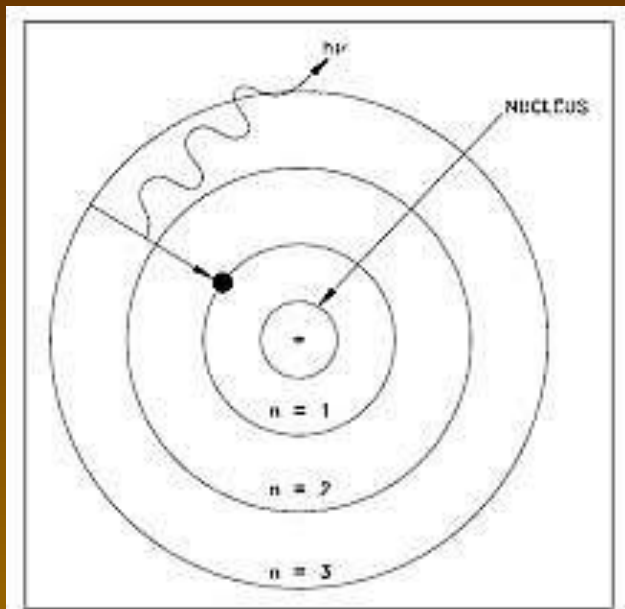
Поглощение и излучение фотонов атомами и молекулами



Модели атома

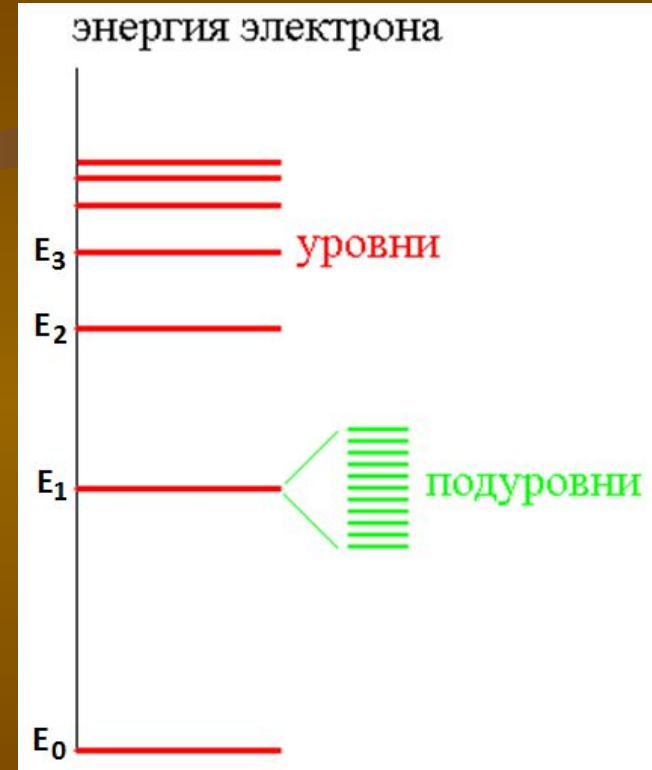


Орбиты

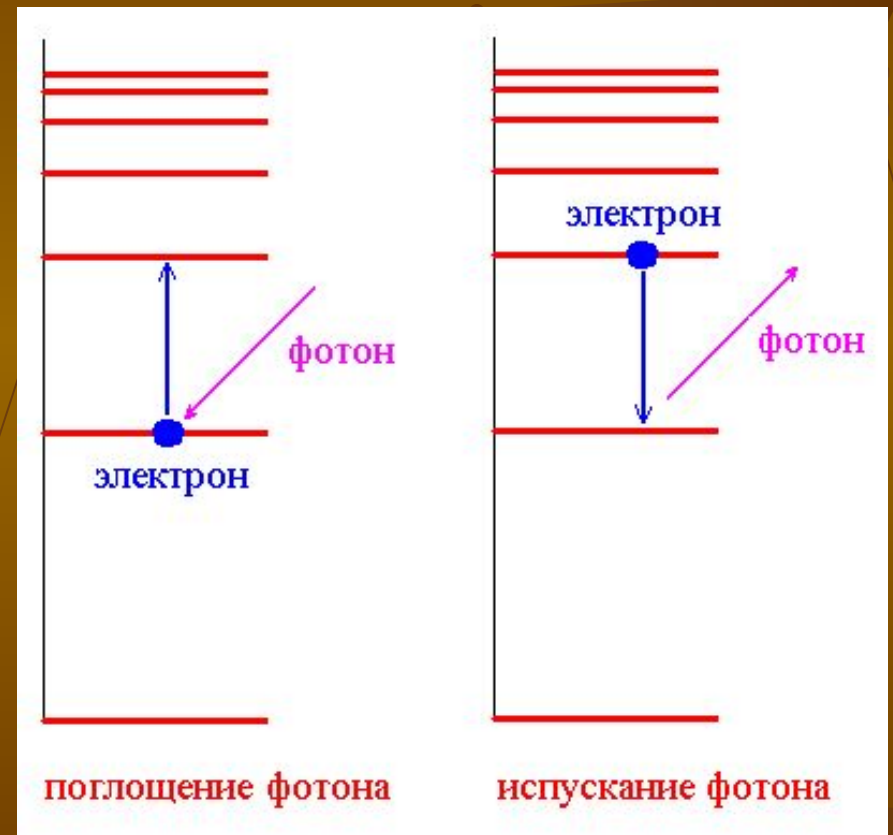
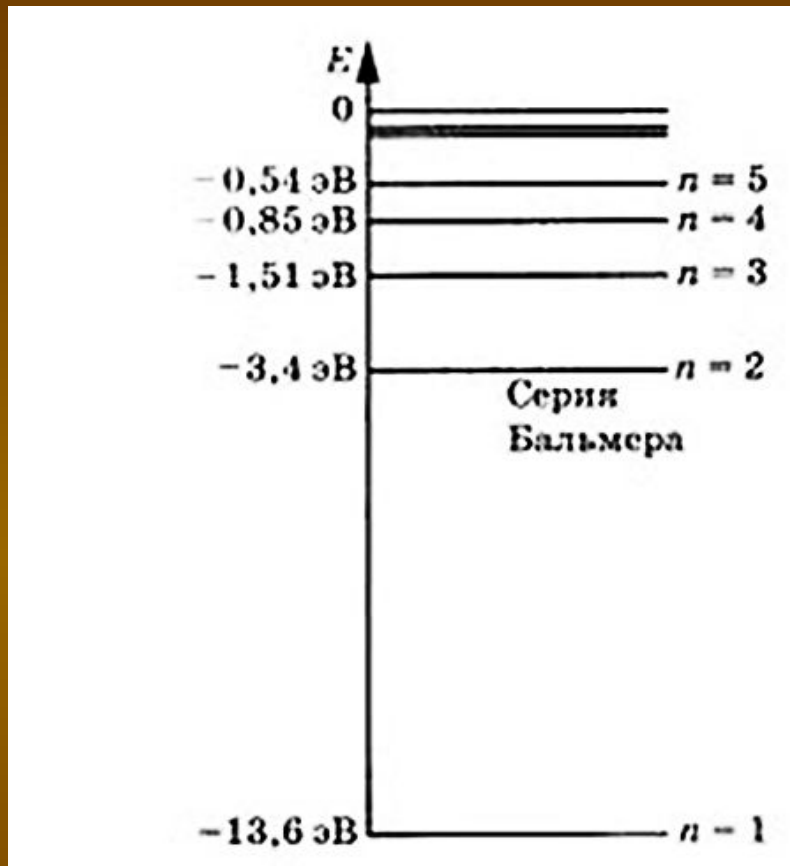


Уровни энергии

- **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

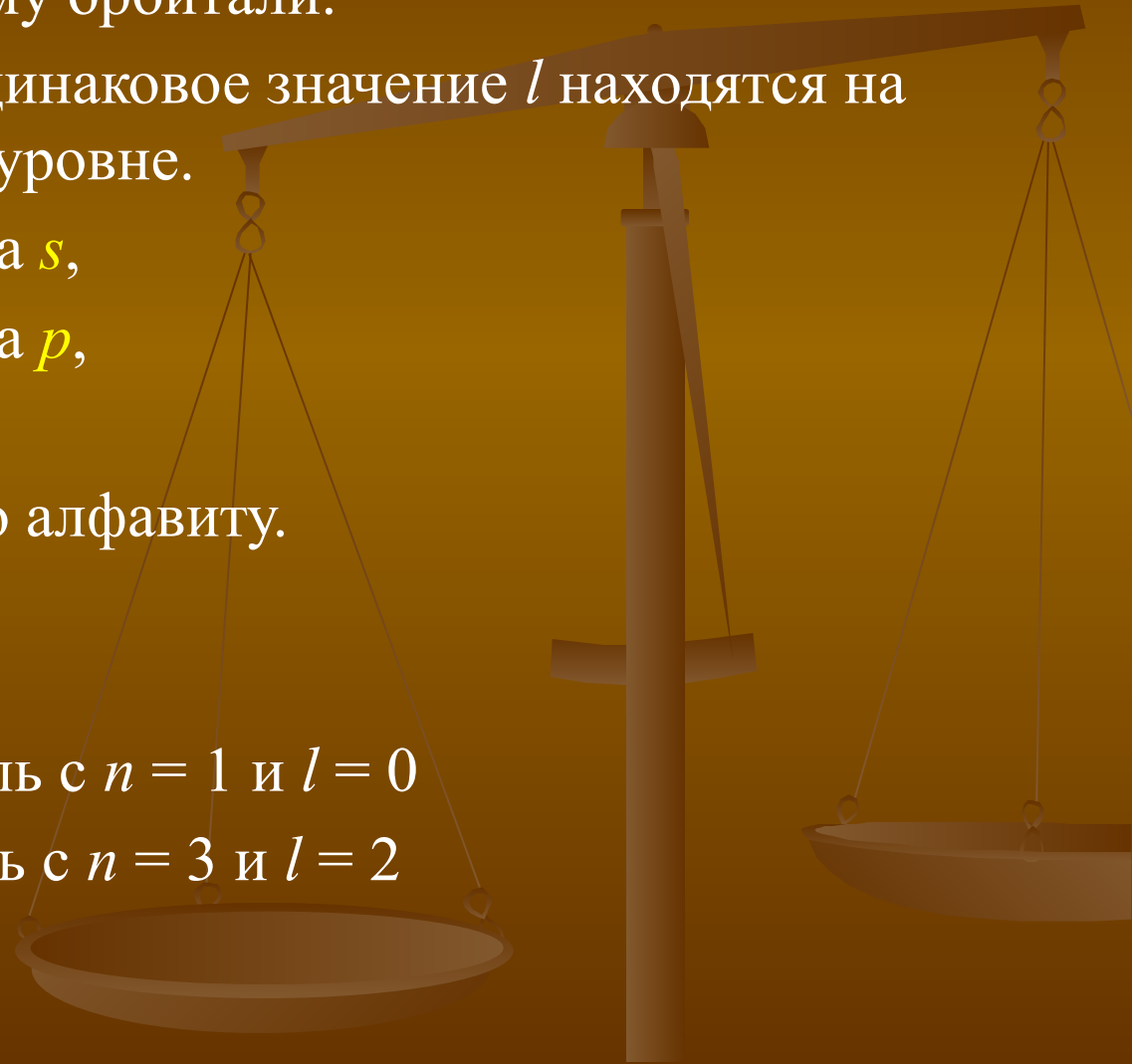
- Главное квантовое число n может принимать любые целочисленные положительные значения: $n = 1, 2, 3, \dots$ и определяет энергию электрона, степень удаленности от ядра, размеры электронной орбитали.
- Электроны имеющие одинаковое значение n находятся на одном электронном и энергетическом уровне.

- 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

| n | l | Вид орбитали | Форма орбитали |
|----------|------------------|---------------------|--|
| 1 | 0(s) | s |  |
| 2 | 0,1(s,p) | p |  |
| 3 | 0,1,2(s,p,d) | d |  |
| 4 | 0,1,2,3(s,p,d,f) | f |  |

- 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 | Orbitals | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|--|--|--|--|--|--|--|
| 4 | N |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | M |  |  |  |  |  |  |  |  |  | f | | | | | | |
| 2 | L |  |  |  |  | d | | | | | | | | | | | |
| 1 | K |  | p | | | | | | | | | | | | | | |
| | | s | | | | | | | | | | | | | | | |

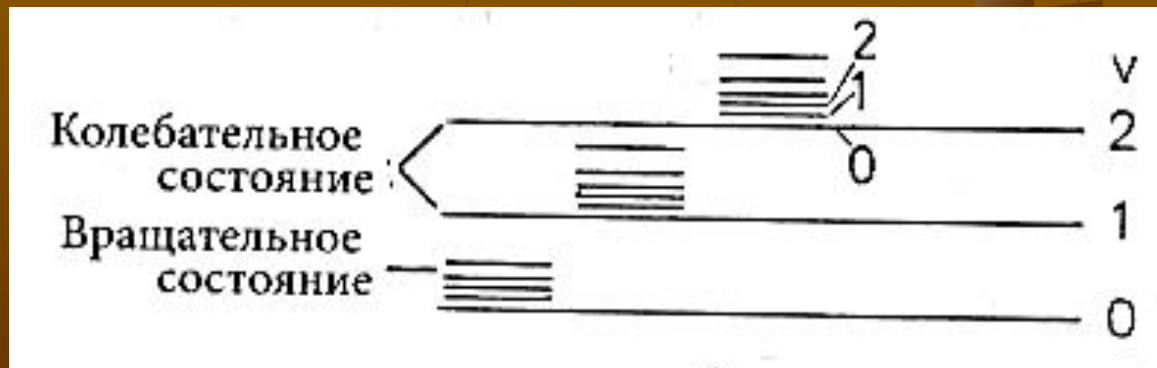
- Спиновое квантовое число s для электрона может принимать только два значения: $1/2$ и $-1/2$

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

