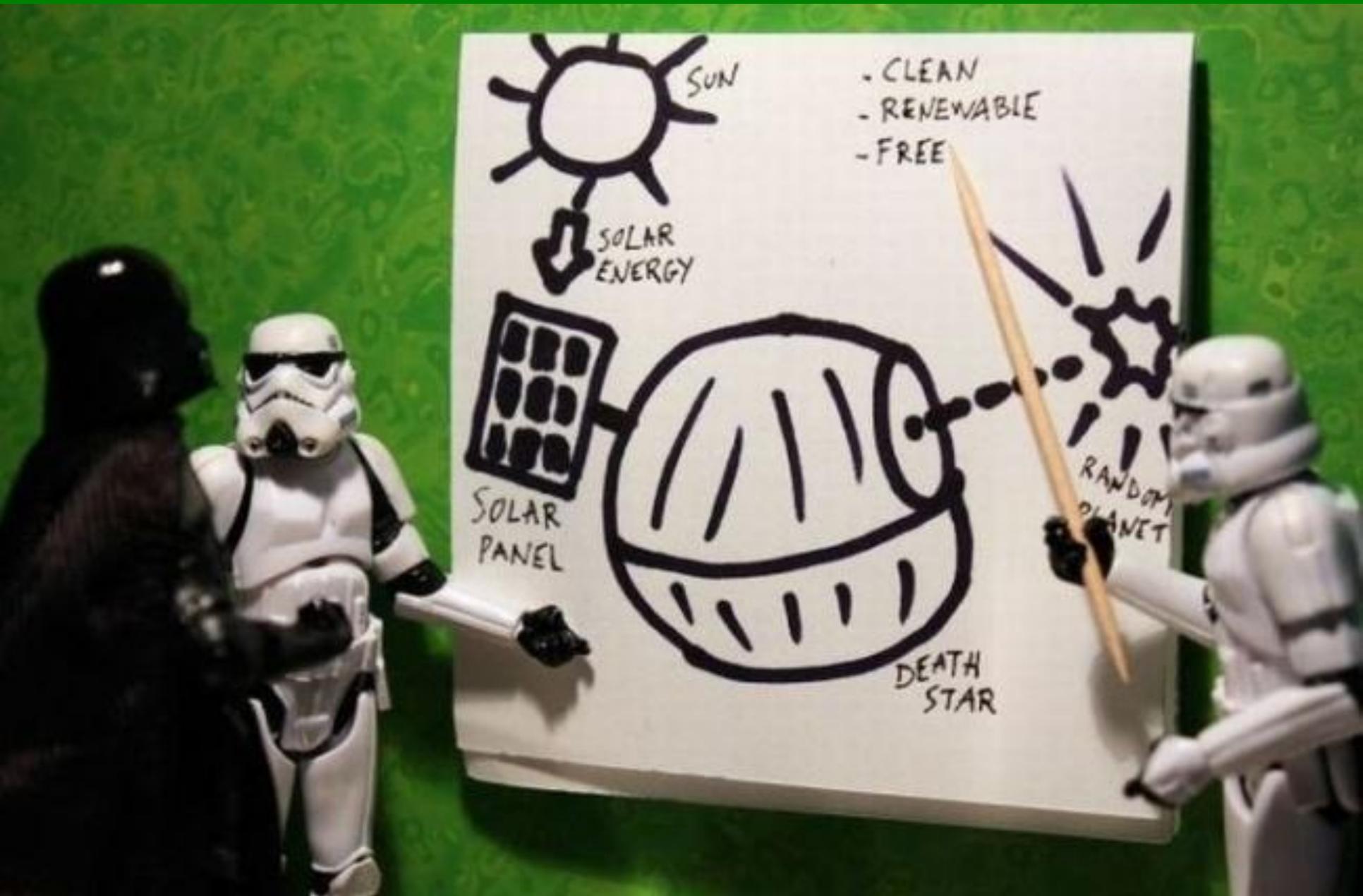
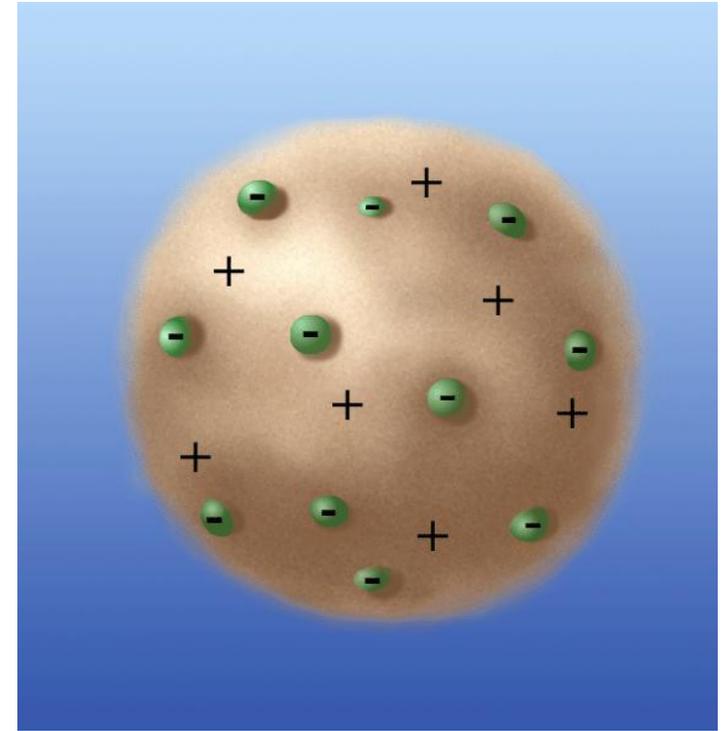
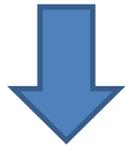


2. Строение атома



Атом Томсона

- Газоразрядные трубки
 - Радиоактивность
- ↓
- Атом сложный
 - В атоме есть электроны



1900 г. «пудинг с изюмом»

sc.tverobr.ru

Неувязочка ☹️
нестабильность системы

Атом Резерфорда

Бомбардировка фольги
 α -частицами



В атоме есть ядро:

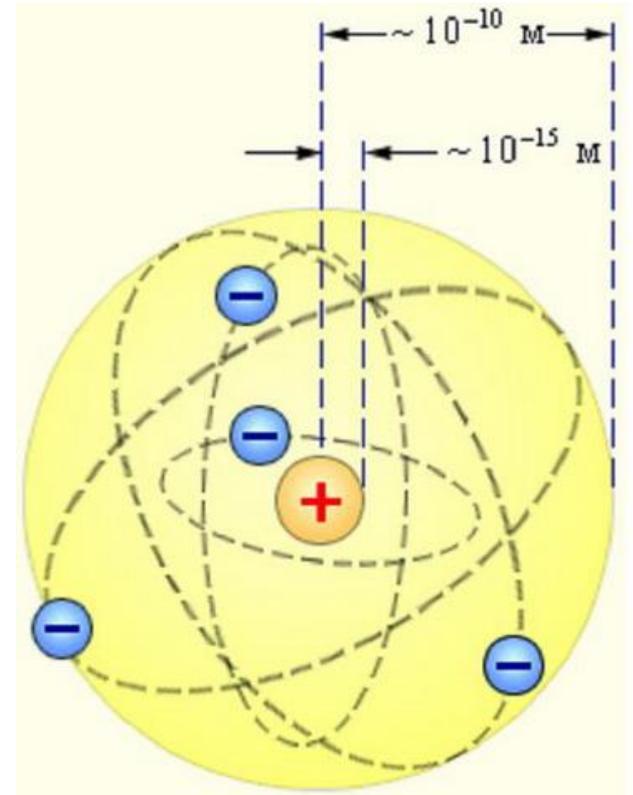
- положительное
- маленькое
- тяжелое



1910 г.

планетарная модель

zdosvita.at.ua



Неувязочки ☹️

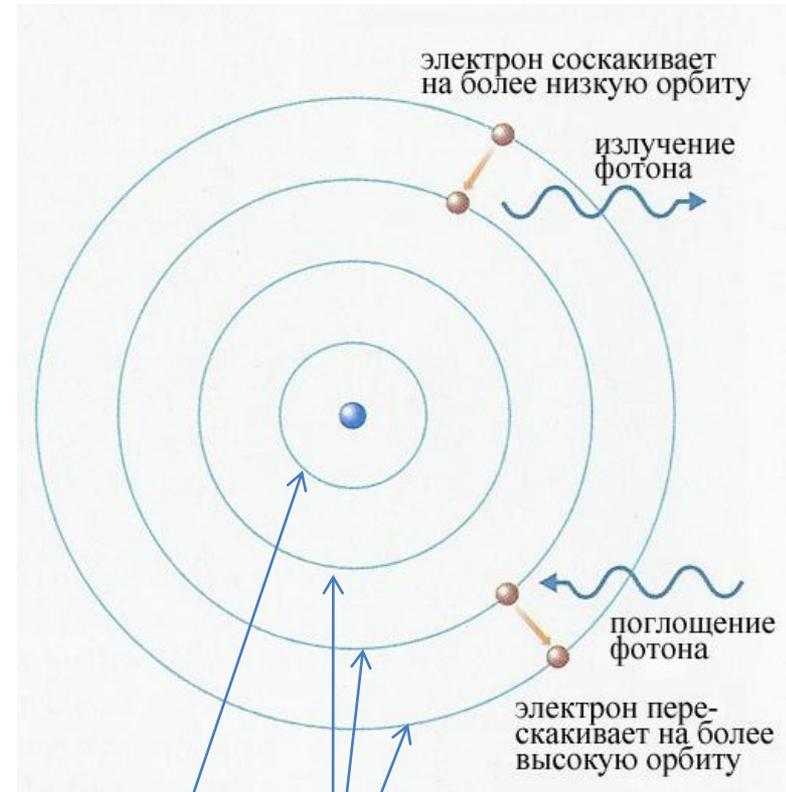
ускоренное движение →
излучение энергии →
изменение траектории →
непрерывный спектр

Атом Бора

elt-preview.host1.elementy.ru

Отказ от
классической физики

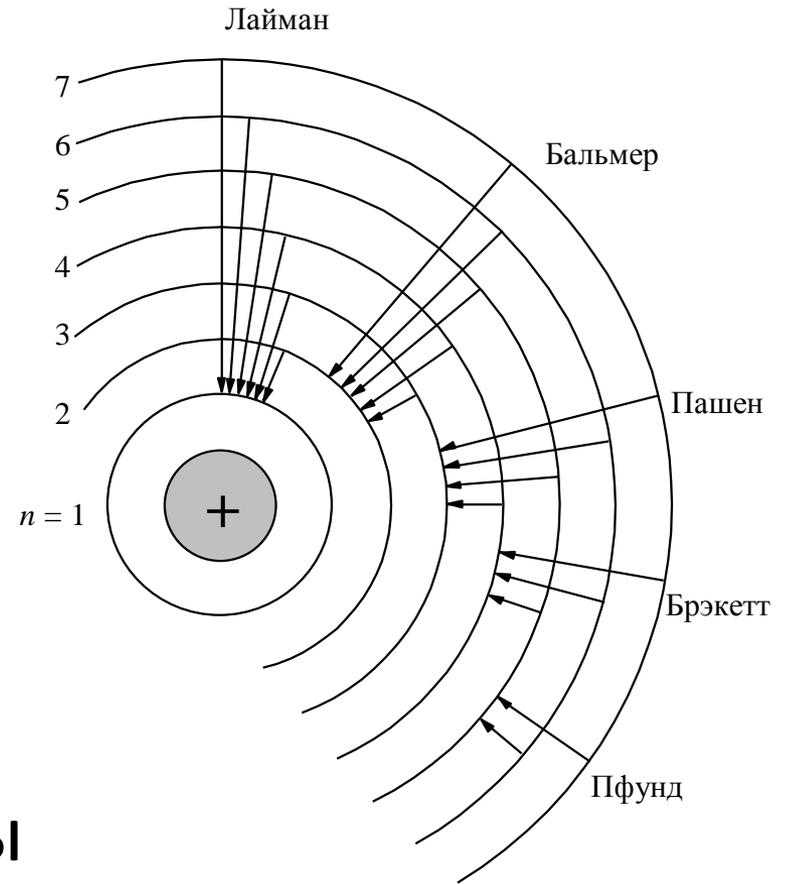
- 1) Электроны вращаются по стационарным орбитам, не излучая
- 2) При переходах между орбитами электрон излучает или поглощает энергию



основное состояние
возбужденные состояния

Атом Бора

- Достижение 😊 – расчет спектра атома Н (1 электрон в поле ядра)
- Неувязочки 😞:
 - атом Н в магнитном поле
 - многоэлектронные атомы
 - образование H_2



Квантовая механика

- Движение e имеет волновой характер
- корпускулярно-волновой дуализм 1905
- соотношение де Бройля 1924: $p = h/\lambda$
- Наши знания о движении e имеют вероятностный характер
- соотношение неопределенностей Гейзенберга 1927: $\Delta p \Delta x > h/2\pi$
- **Электронное облако** – область пространства, в которой вероятность нахождения электрона больше 90-95%



Уравнение Шрёдингера 1926



$$\hat{H}\psi = E\psi$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} \right) + E_p(x, y, z)\Psi = i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t},$$

$|\psi|^2$ – вероятность нахождения электрона в данной области пространства

Для атома H:

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \phi^2} + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \right) + \frac{2m}{\hbar^2} \left(E + \frac{e^2}{r} \right) \psi = 0$$

Решение: $E = -\frac{2\pi^2 m e^4}{n^2 h^2}$

кроме $n - l, m_l (m), m_s (s)$

Главное квантовое число n

- $n = 1, 2 \dots$
- Совокупность всех e с одинаковым значением n образует **энергетический уровень** (электронный слой, оболочку).

Численные значения n	1	2	3	4	5
Буквенное обозначение	K	L	M	N	O

- Физический смысл n : размер эл.облака

$n = 1$ 

$n = 2$ 

$n = 3$ 

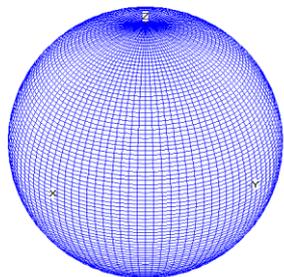
Орбитальное квантовое число l

- $l = 0, 1, \dots, (n - 1)$
- Группа e , имеющих одинаковое значение n и l , образует энергетический подуровень.

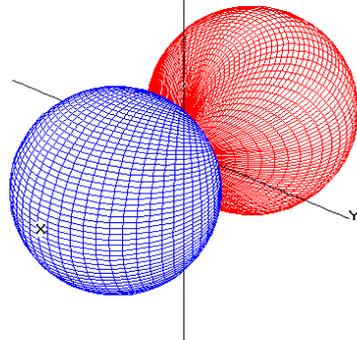
Значение n	1	2		3			4				5				
Значение l	0	0	1	0	1	2	0	1	2	3	0	1	2	3	4
Буквенное обознач. l	<i>s</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>f</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>f</i>	<i>g</i>

- Физический смысл l : форма эл.облака

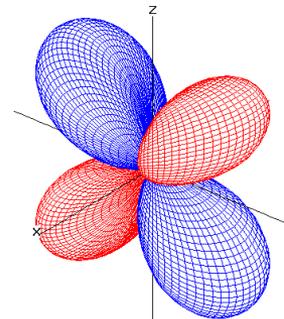
$l = 0$



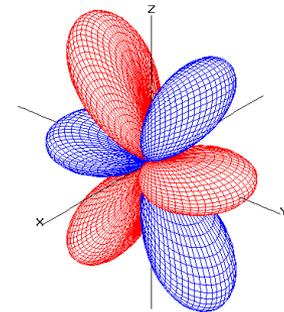
$l = 1$



$l = 2$



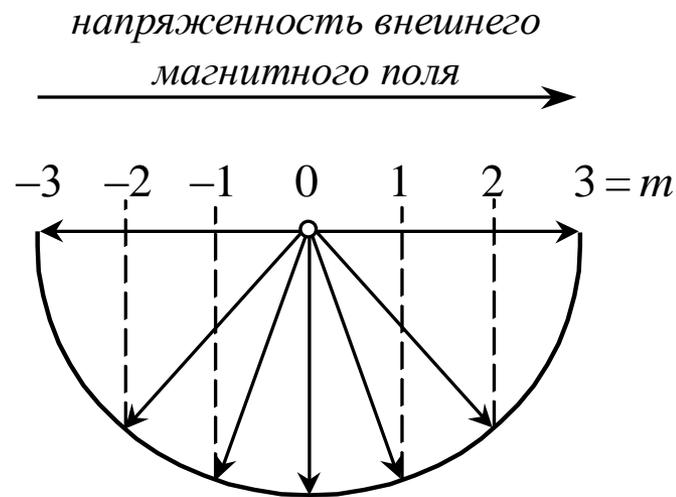
$l = 3$



Магнитное квантовое число m_l (m)

- $m_l = -l \dots 0 \dots +l$

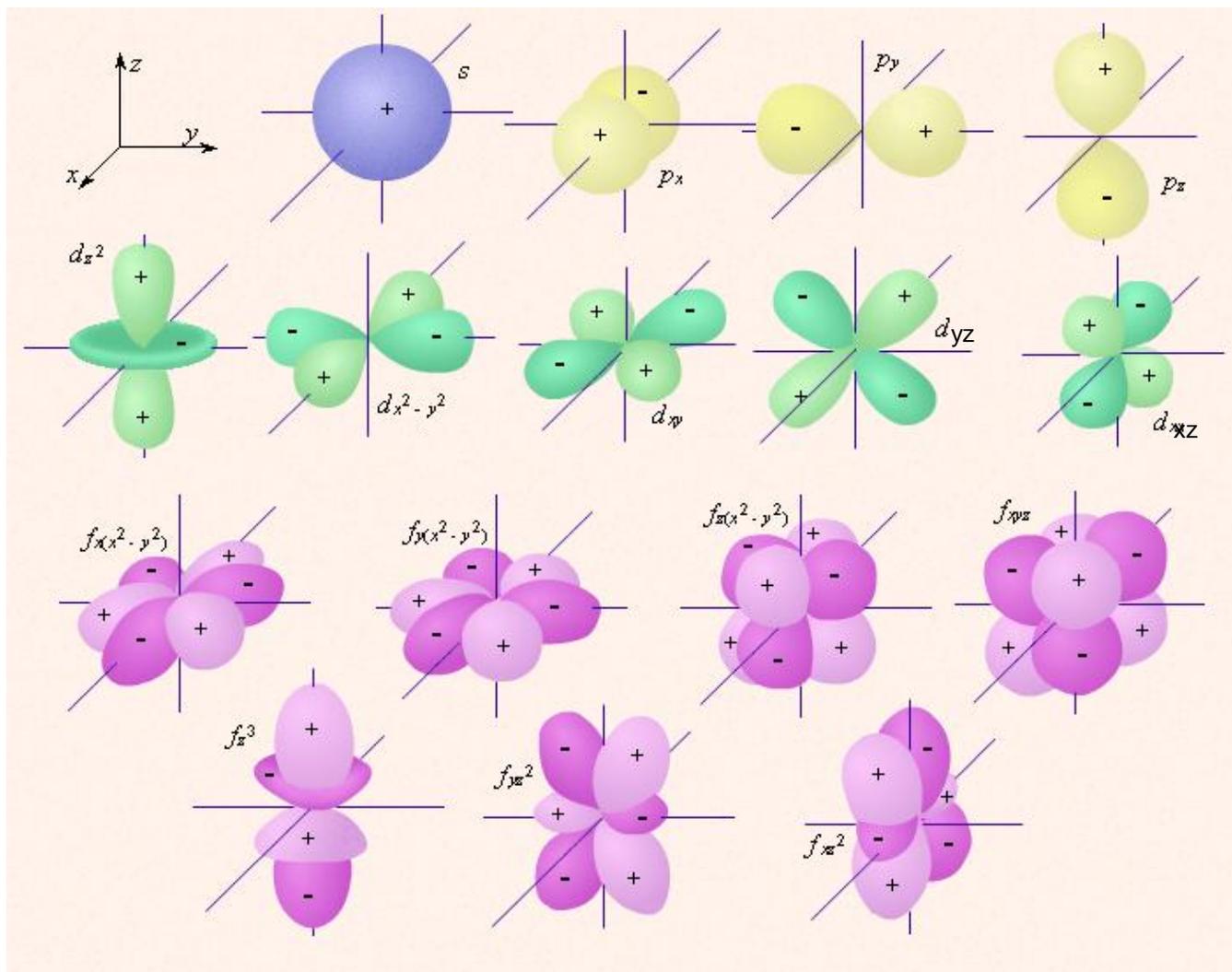
численное значение проекции магнитного момента \mathbf{e} на направление внешнего магнитного поля



- Совокупность значений n, l, m_l полностью характеризует **орбиталь**.

Магнитное квантовое число m_l (m)

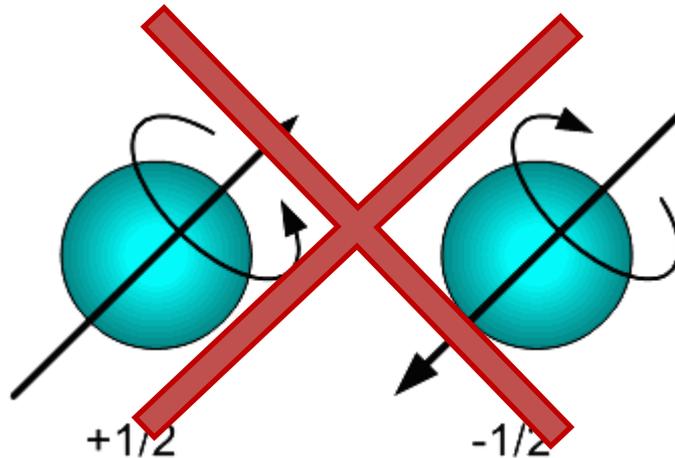
- Физический смысл m_l : расположение эл.облака



Спиновое квантовое число m_s (s)

- $m_s = +1/2$ и $-1/2$

собственный магнитный момент e



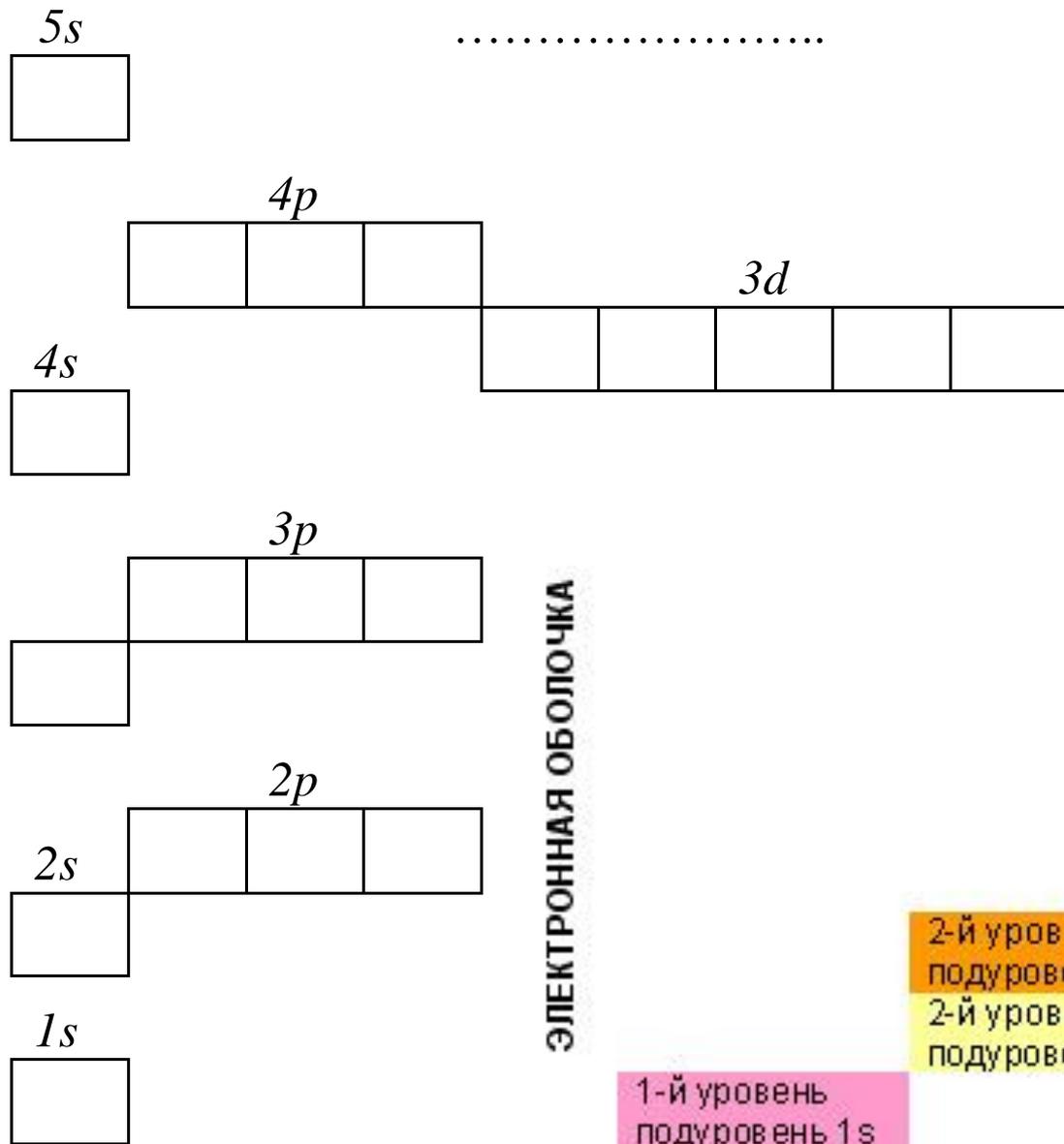
www.orioner.ru

- Физический смысл m_s : на одной орбитали могут находиться не более 2 e

Многоэлектронные атомы

- **Принцип наименьшей энергии:** В атоме каждый e занимает тот подуровень, на котором его энергия минимальна.
- **Принцип Паули:** В одном атоме не может быть двух e с одинаковым набором значений всех 4 квантовых чисел.
- **Правило Хунда:** В пределах одного подуровня e располагаются по орбиталям так, чтобы их суммарный спин был максимальным.

Система орбиталей



ЭЛЕКТРОННАЯ ОБОЛОЧКА

1-й уровень
подуровень 1s

2-й уровень
подуровень 2p
2-й уровень
подуровень 2s

3-й уровень
подуровень 3d
3-й уровень
подуровень 3p
3-й уровень
подуровень 3s

4-й уровень
подуровень 4f
4-й уровень
подуровень 4d
4-й уровень
подуровень 4p
4-й уровень
подуровень 4s

Правило Клечковского

- 1. Заполнение подуровней происходит в порядке увеличения суммы значений $n + l$.
- 2. В случае одинаковых значений этой суммы для нескольких подуровней заполняется сначала тот подуровень, для которого n имеет наименьшее значение.

1s 2s 2p 3s 3p 4s 3d 4p 5s 4d 5p 6s 4f 5d 6p



Заполнение электронных оболочек

$n = 1$



$l = 0$

$m_l = 0$



$n = 2$

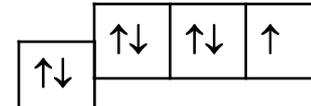
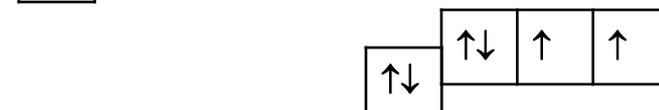
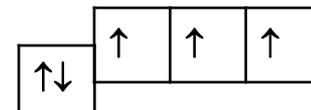
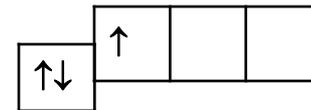
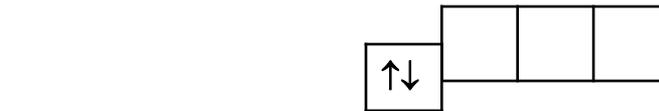
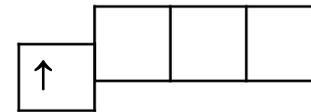
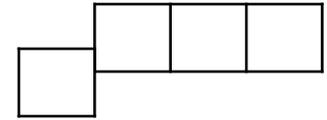
$l = 0$

$m_l = 0$



$l = 1$

$m_l = -1, 0, 1$



Заполнение электронных оболочек

$n = 3$

$l = 0$

$l = 1$

$l = 2$

$m_l = 0$

$m_l = -1, 0, 1$

$m_l = -2, -1, 0, 1, 2$

• Na ... $3s^1$



• Mg ... $3s^2$



• Al ... $3s^2p^1$



• Si ... $3s^2p^2$



• P ... $3s^2p^3$



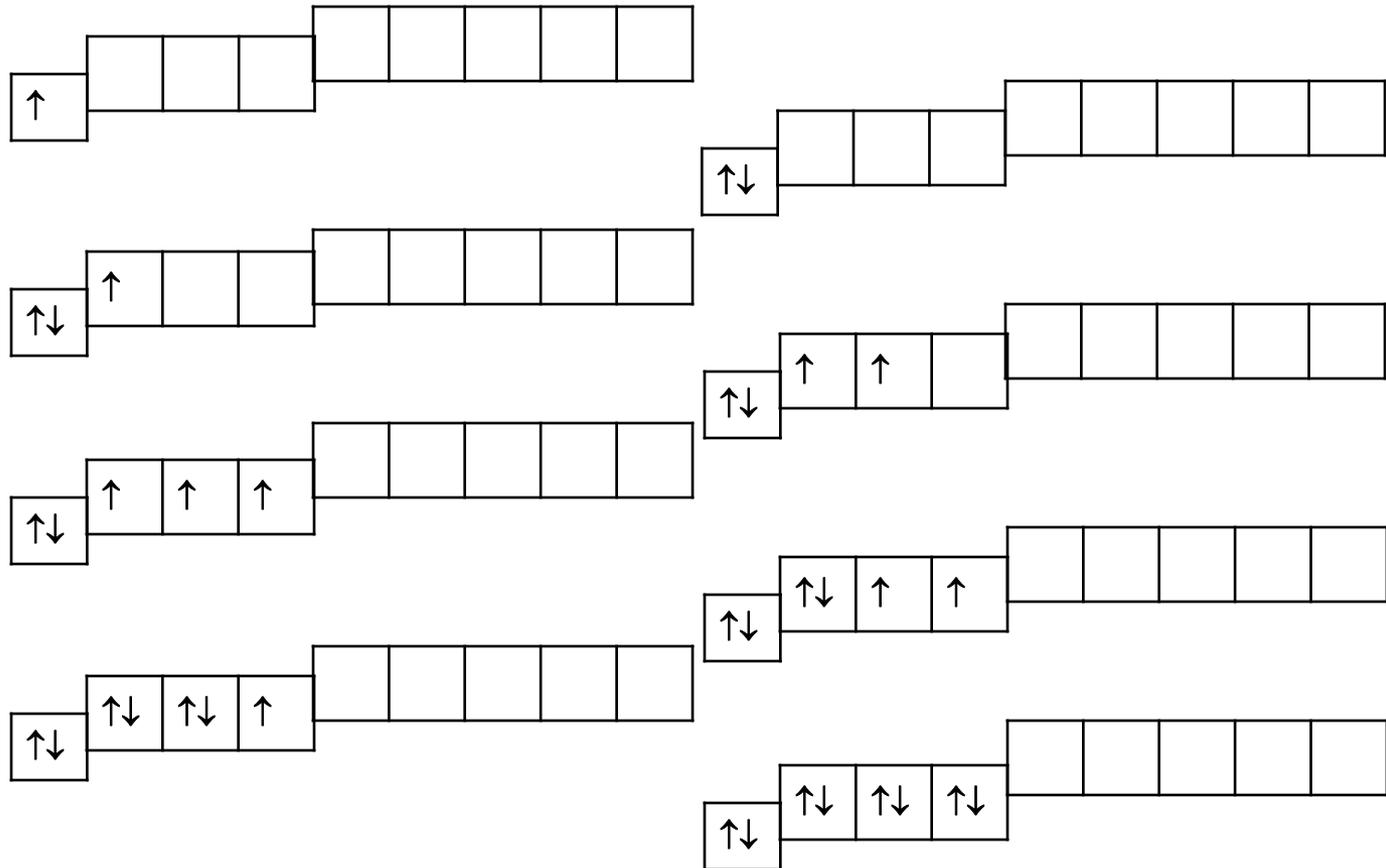
• S ... $3s^2p^4$



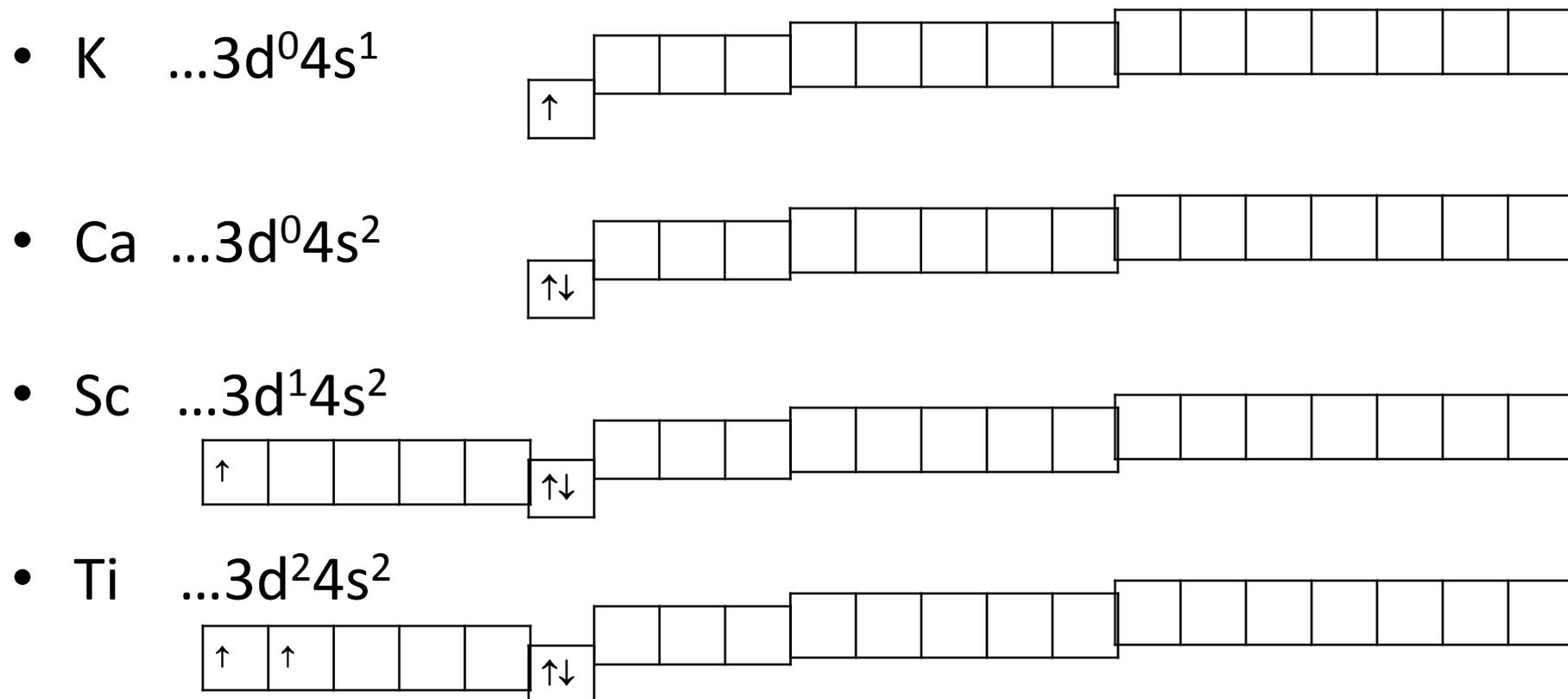
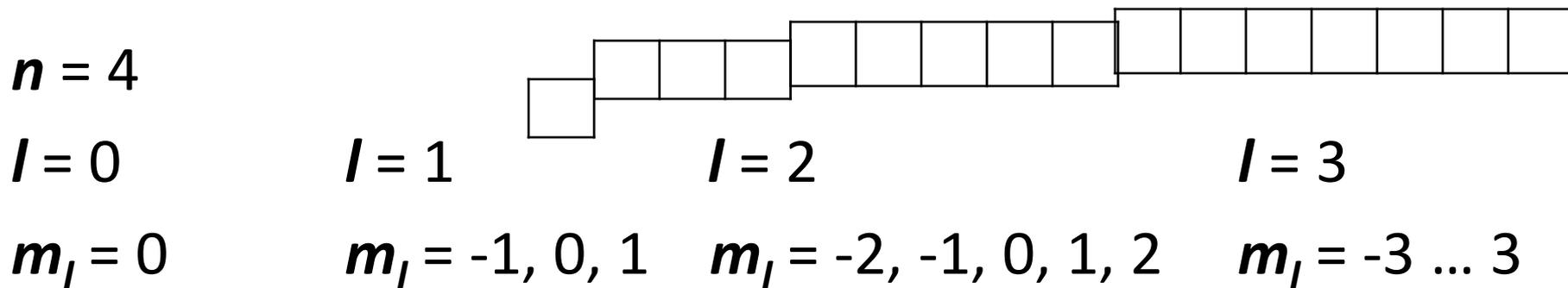
• Cl ... $3s^2p^5$



• Ar ... $3s^2p^6$



Заполнение электронных оболочек



Устойчивость подуровней

Наиболее устойчивые подуровни:

- полностью заполненные
- пустые
- наполовину заполненные



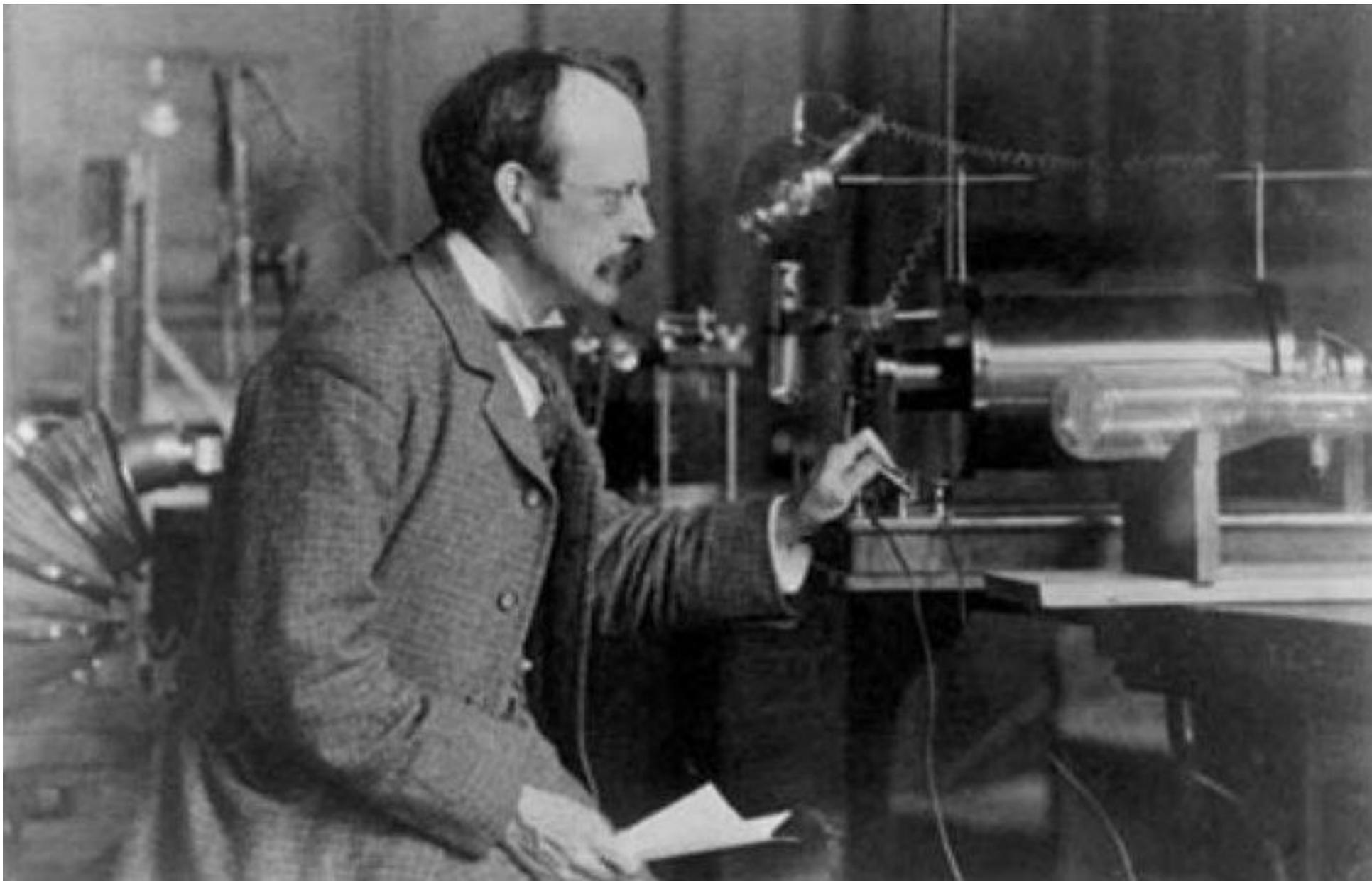
Пора отдохнуть

Лантаноиды и актиноиды



(La)	$5d^16s^2$	+3	(Ac)	$6d^17s^2$	+3
Ce	$4f^26s^2$	+3,+4	Th	$5f^27s^2$	+3,+4
Pr	$4f^36s^2$	+3,+4	Pa	$5f^37s^2$	+3,+4,+5
Nd	$4f^46s^2$	+3	U	$5f^36d^17s^2$	+3,+4,+5,+6
Pm	$4f^56s^2$	+3	Np	$5f^57s^2$	+3,+4,+5,+6
Sm	$4f^66s^2$	+2,+3	Pu	$5f^67s^2$	+3,+4,+5,+6,+7
Eu	$4f^76s^2$	+2,+3	Am	$5f^77s^2$	+2,+3,+4
Gd	$4f^75d^16s^2$	+3	Cm	$5f^76d^17s^2$	+3,+4
Tb	$4f^96s^2$	+3,+4	Bk	$5f^97s^2$	+3,+4
Dy	$4f^{10}6s^2$	+3,+4	Cf	$5f^{10}7s^2$	+2,+3
Ho	$4f^{11}6s^2$	+3	Es	$5f^{11}7s^2$	+2,+3
Er	$4f^{12}6s^2$	+3	Fm	$5f^{12}7s^2$	+2,+3
Tm	$4f^{13}6s^2$	+2,+3	Md	$5f^{13}7s^2$	+2,+3
Yb	$4f^{14}6s^2$	+2,+3	Nb	$5f^{14}7s^2$	+2,+3
Lu	$4f^{14}5d^16s^2$	+3	Lr	$5f^{14}6d^17s^2$	+2,+3

Джозеф Джон Томсон



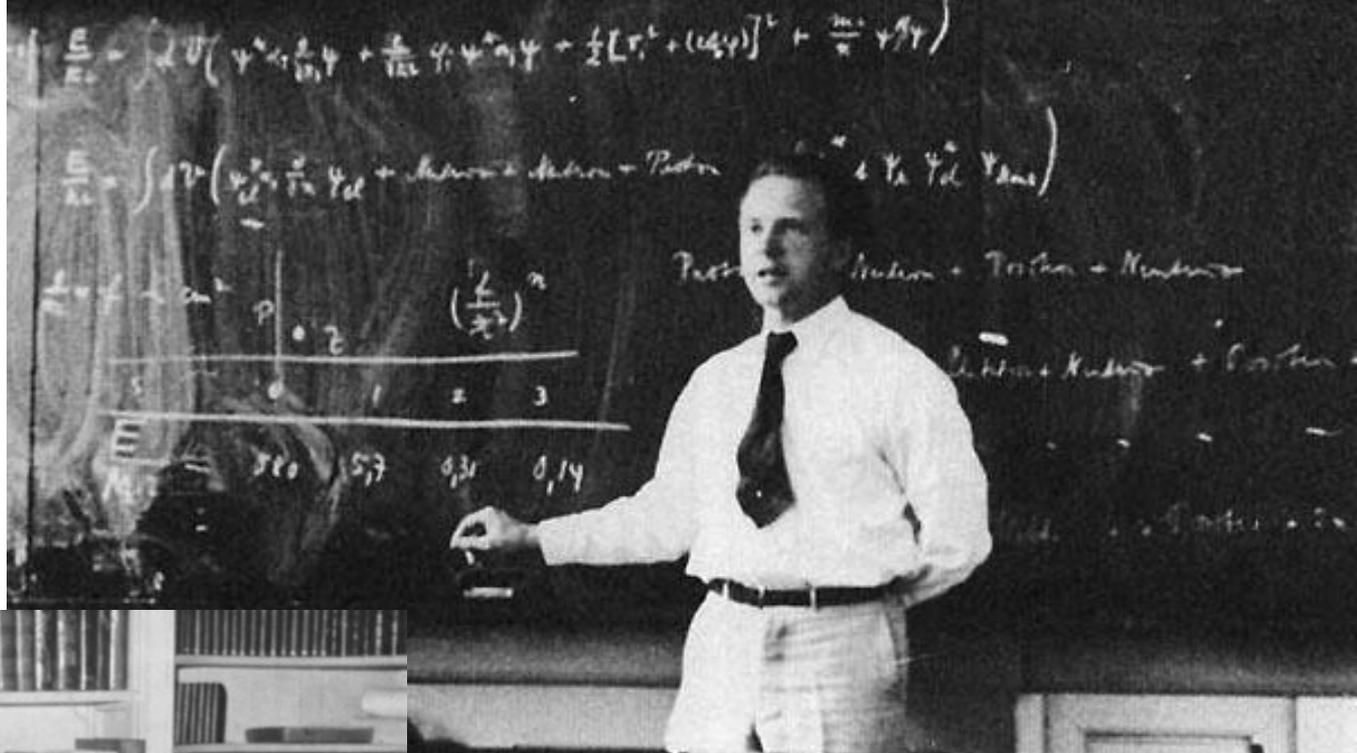


Эрнест Резерфорд



Величайший физик Нильс Бор был также великим спортсменом. Он играл в футбол за сборную Дании в амплуа вратаря.

Вернер Карл Гейзенберг



Луи Виктор Пьер Раймон Де Бройль



Where am I...?
Or what is my momentum...?
Or where am I...?

Oh hell...! Why worry about
all that again...? I'm
not even sure if I'm a
wave or a particle!

= PHOTON SELF-IDENTITY PROBLEMS =





Эрвин Шрёдингер

