

Теоретска неорганска хемија

неделен фонд: 4+0

предметен наставник: д-р Билјана Пејова,

редовен професор при ИХ

e-mail: biljana@pmf.ukim.mk

<http://hemija.pmf.ukim.edu.mk>

- ✓ Неорганска хемија, Shriver&Atkins
- ✓ Chemical principles, Shriver&Jones
- ✓ Basic inorganic chemistry, Cotton, Wilkinson&Gaus
- ✓ Молекули и кристали, Grdenić
- ✓ Hemiska vrska, Ivan O. Juranić
- ✓ Opšta i neorganska hemija, Filipović&Lipanović

Литература

- ✓ Два колоквиуми
- ✓ Завршен испит

Проверка на знаењето

ЕЛЕКТРОНСКА СТРУКТУРА НА АТОМОТ

Клучните идеи?

Материјата е изградена од атоми.

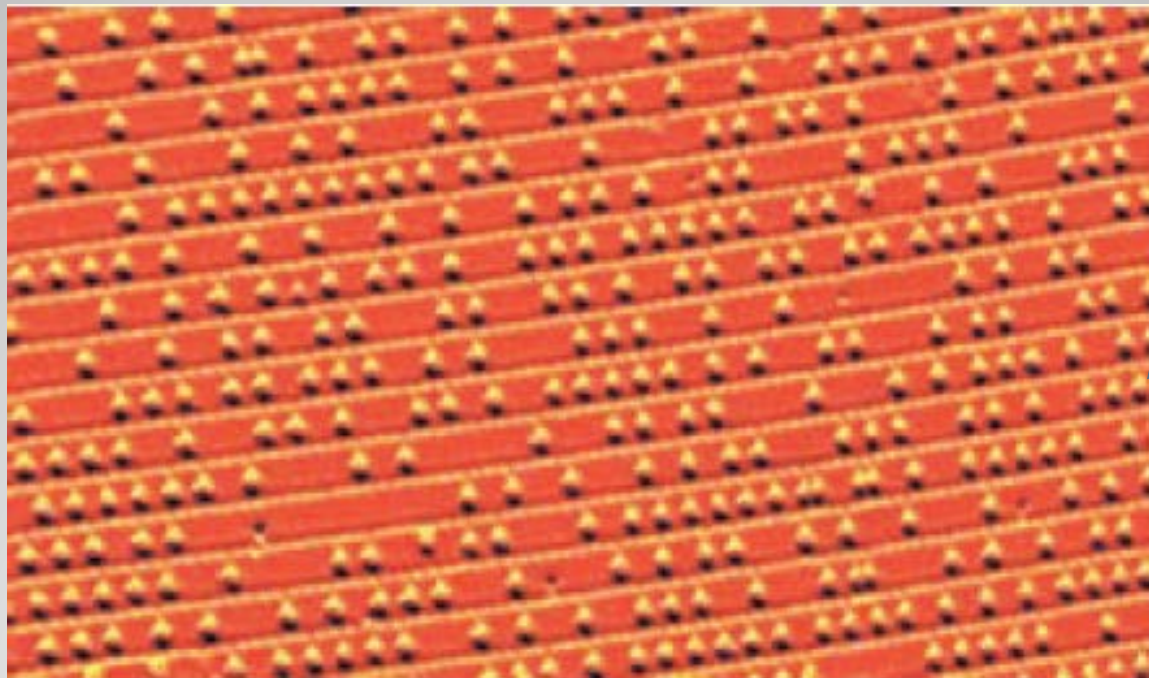
Структурата на атомот може да се разбере во контекст на *квантната механика* т.е.

современата теорија за материјата која се темели на нејзиниот дуализам.

Зошто треба да го знаеме тоа?

Атомите се фундаментални градбени единици на материјата. Речиси сите објаснувања на хемиските појави се темелат на овој концепт.

Скенирачка тунелирачка микроскопија (STM)

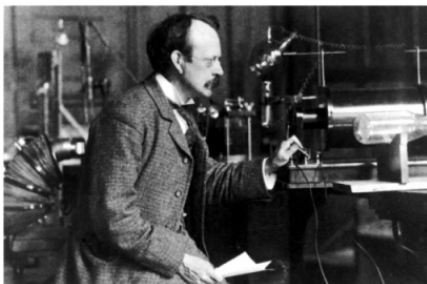


Атоми
на Si

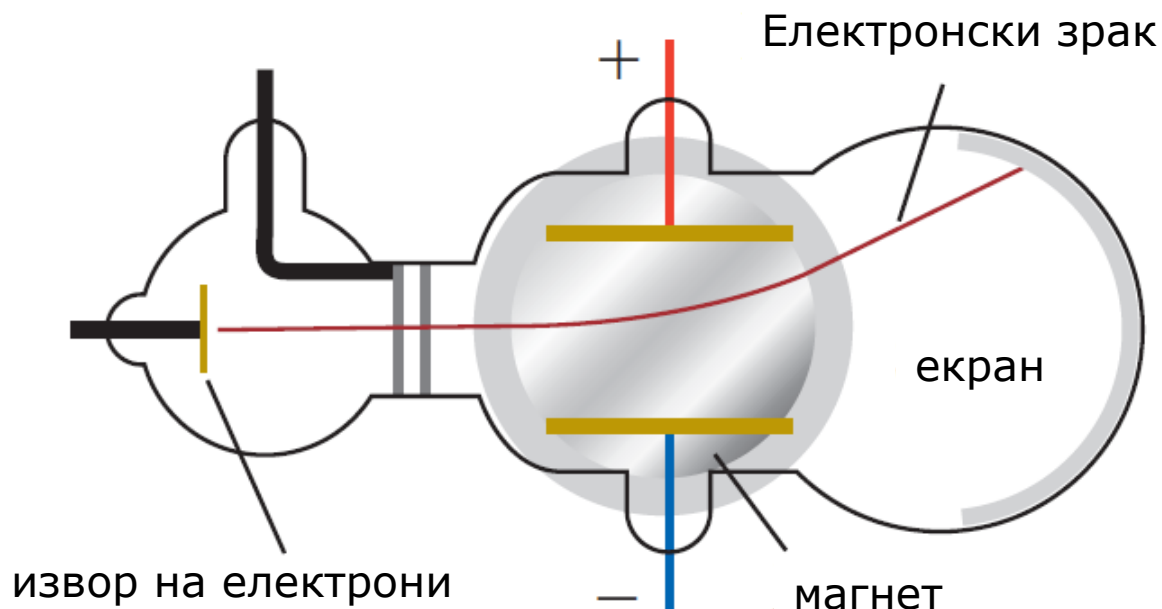
ЕЛЕКТРОНСКА СТРУКТУРА НА АТОМОТ

Најголем дел од експерименталната работа во контекст на електронската структура е направена пред 1913 год.
(Лабораторија Кевендиш во Кембриџ)

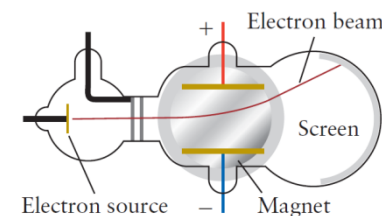
Експеримент на Томсон



Joseph John Thomson
(1856-1940)



Катодни зраци



Електрично поле

Се однесуваат на начин на кој се однесуваат негативно наелектризирани честички

- се движат по парабола кон спротивно наелектризираната електрода (анода)
- силата (F) со која електричното поле (со јачина E) дејствува на катодните зраци е:

$$F = E \cdot q$$



Полнеж
на катодни зраци

Магнетно поле

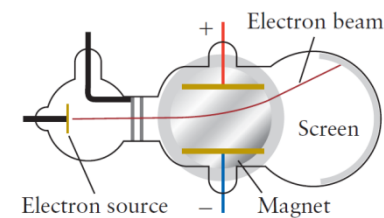
- скршнуваат во насока нормална на рамнината во која се движеле и на насоката на магнетното поле
- силата (F) со која магнетното поле (со магнетна индукција B) дејствува на катодните зраци е:

$$F = B \cdot q \cdot v$$



Брзина на катодни зраци

Катодни зраци



При *рамнотежни услови*:

$$B \cdot q \cdot v = E \cdot q$$

катодните зраци се движат со брзина:

$$v = \frac{E}{B}$$

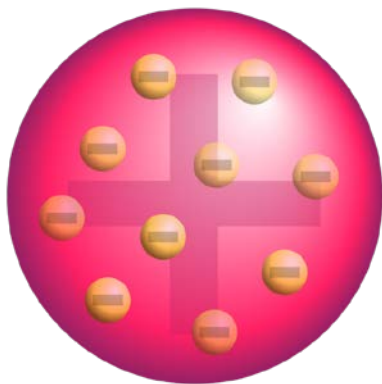
До кои заклучоци дошол Томсон?

- ✓ Катодните зраци се мноштво од негативно наелектризирани честички (подоцна наречени електрони) кои потекнуваат од атомите на негативната електрода (т.е. катодата) и се идентични независно кој метал е користен како електрода.
- ✓ Знаејќи ја брзината на катодните зраци и големината на приложениот напон меѓу електродите (U), ја определил големината на e/m_e (т.н. специфичен полнеж):

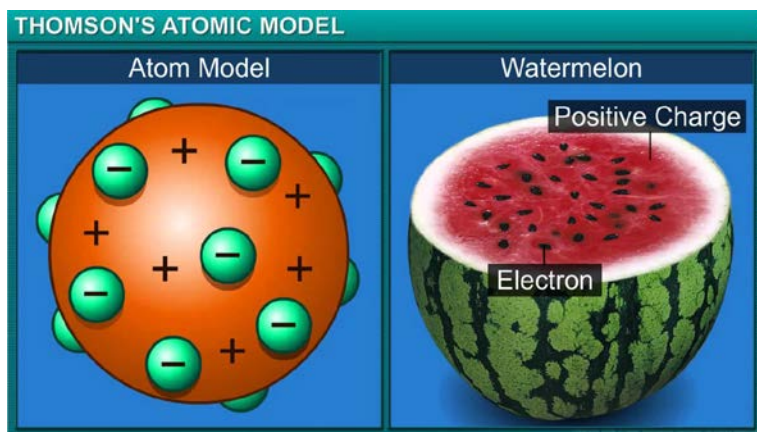
$$e \cdot U = \frac{1}{2} m_e \cdot v^2$$

$$\frac{e}{m_e} = \frac{1}{2} \frac{v^2}{U}$$

Томсонов „пудинг“ модел на атомот

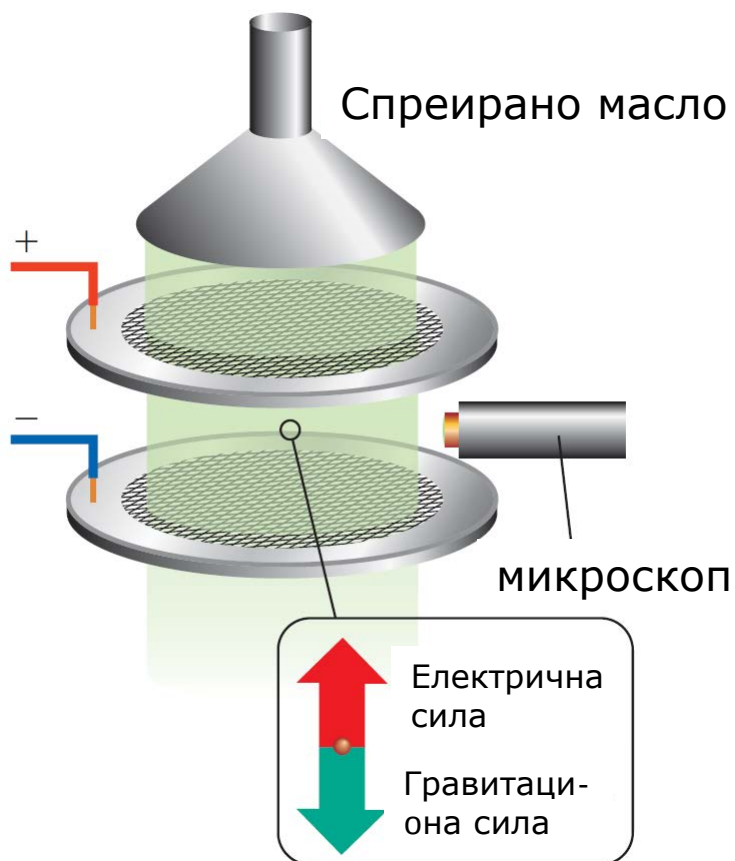


- ✓ Електричната сила која дејствува врз електроните е еднаква на нула и затоа електроните не можат да се движат брзо
- ✓ При загревање, електроните осцилираат околу своите рамнотежни положби и емитираат електромагнетно зрачење
- ✓ Фреквенциите на електромагнетното зрачење би паднале во подрачјето на видливата светлина доколку сферата има дијаметар $\sim 10^{-10}$ m (што во тоа време се знаело дека приближно одговара на големината на атомот)
- ✓ Со помош на овој модел Томсон не успеал да го објасни спектарот на водородниот атом!



ЕЛЕКТРОНСКА СТРУКТУРА НА АТОМ

Експеримент на Миликен



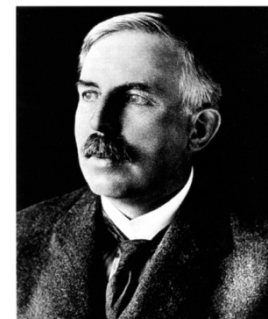
Миликен, врз основа на експерименталните резултати, ги определил следните параметри:

- **Фундаменталниот полнеж:** $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ (според современата наука $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)
- **Масата на електронот** имајќи го предвид фундаменталниот полнеж и количникот e/m_e измерен од Томсон (според современата наука $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$)

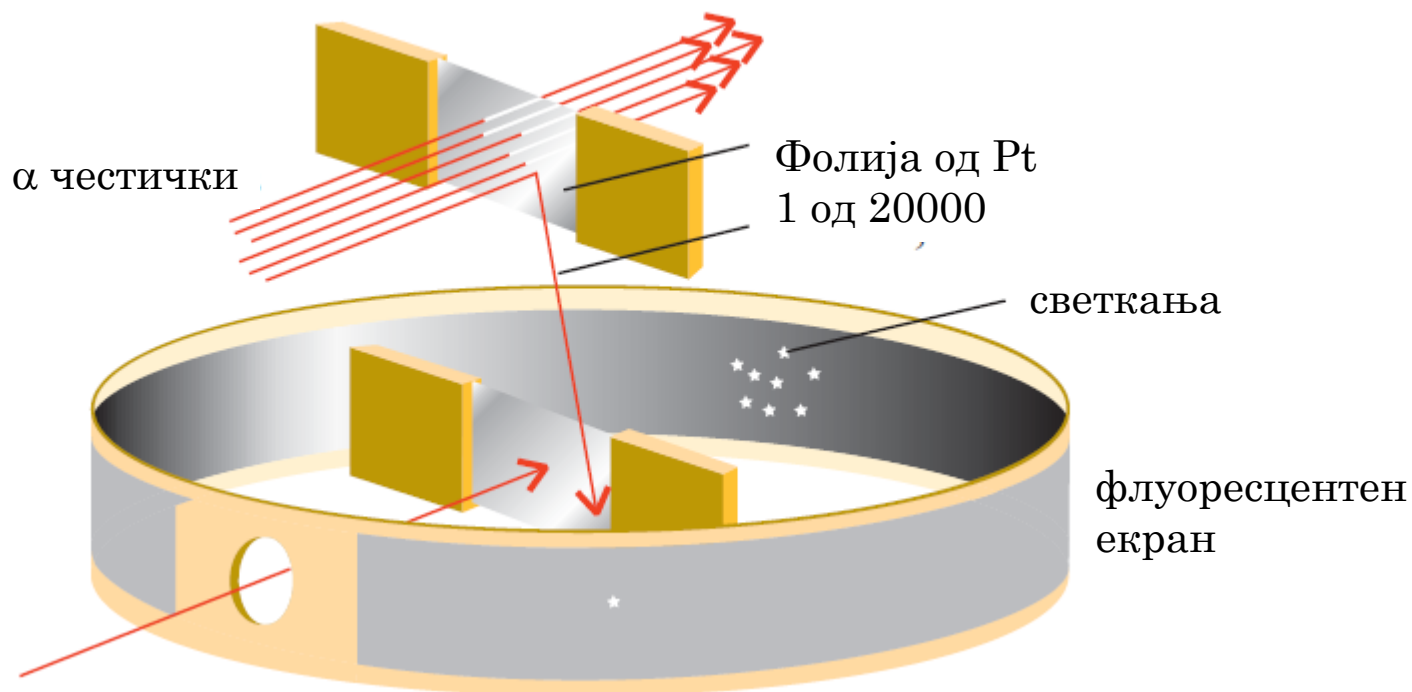
Електронска структура на атомот

Експеримент на Радерфорд

(Гајгер и Марсден)

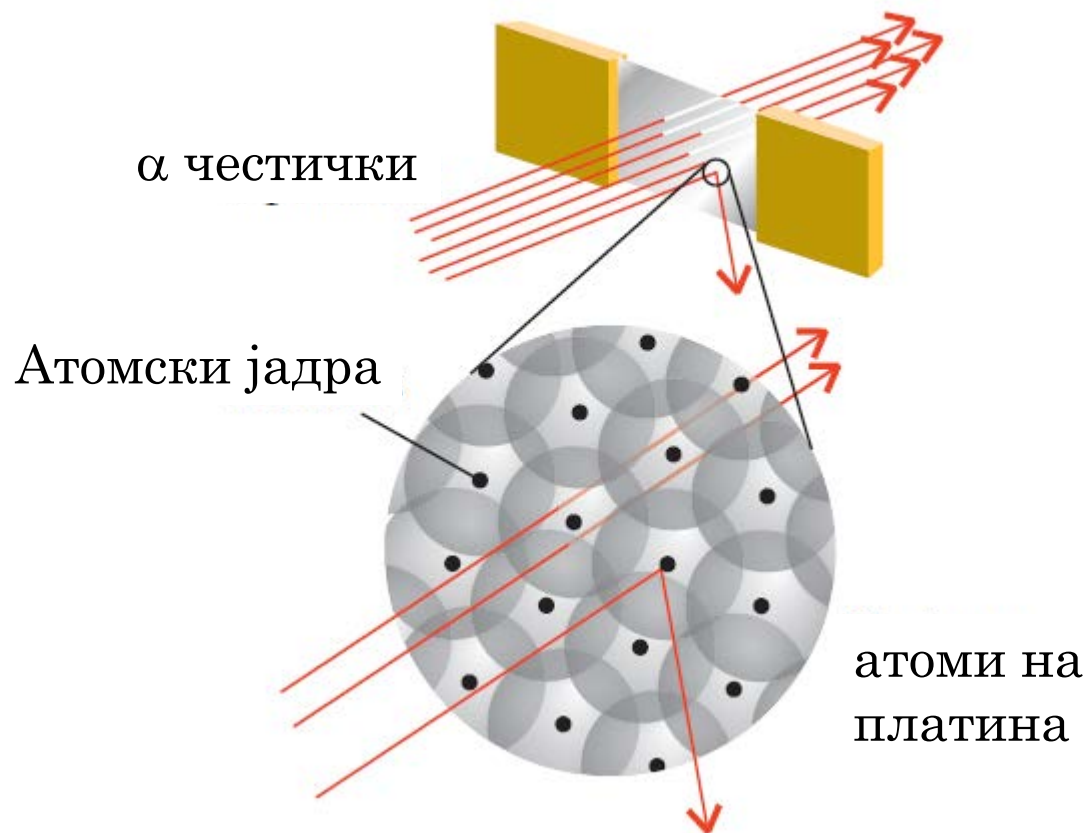


Ernest Rutherford
(1871-1937)

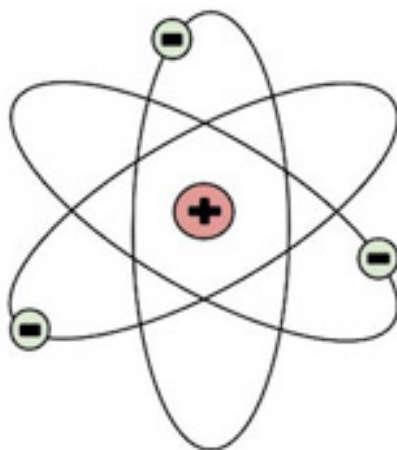


Електронска структура на атомот

Експеримент на Радерфорд



Радерфордов „планетарен“ модел на атом

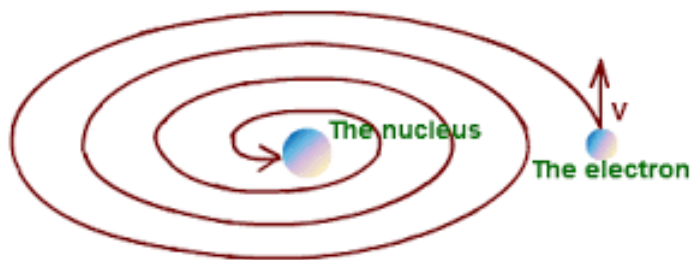
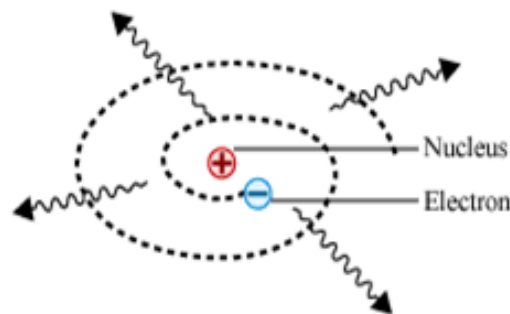


-  јадро (нуклеус)
-  електрон

Радерфордов „планетарен“ модел на атом

НО, имајќи ја предвид **класичната теорија** на Њутн и Максвел:

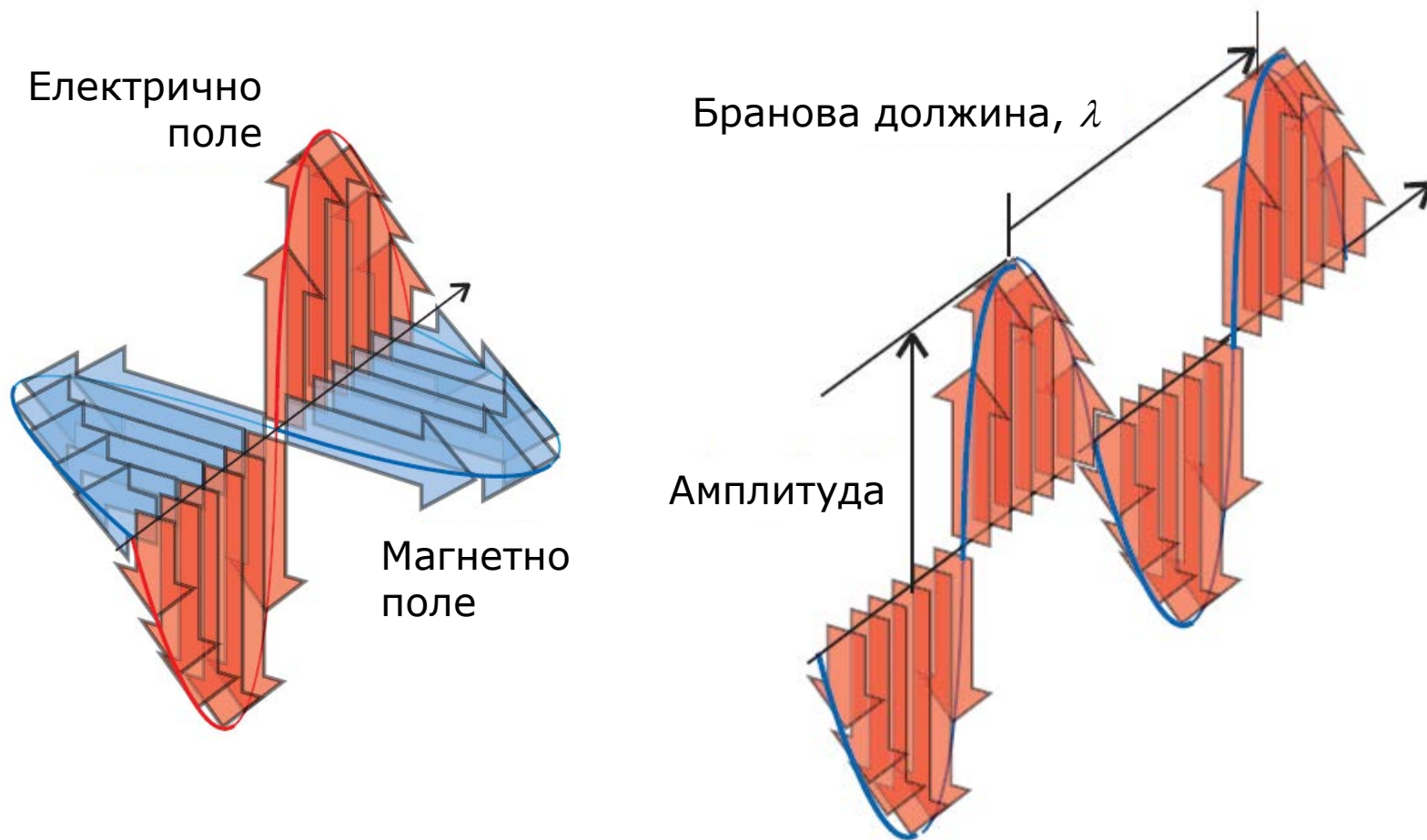
- ✓ Полнеж кој се движи со забрзување континуирано емитира енергија во форма на електромагнетно зрачење
- ✓ Ако електронот зрачи енергија тогаш вкупната енергија на системот (атомот) мора постојано да се намалува
- ✓ Според тоа, радиусот на орбитата мора да се намалува!



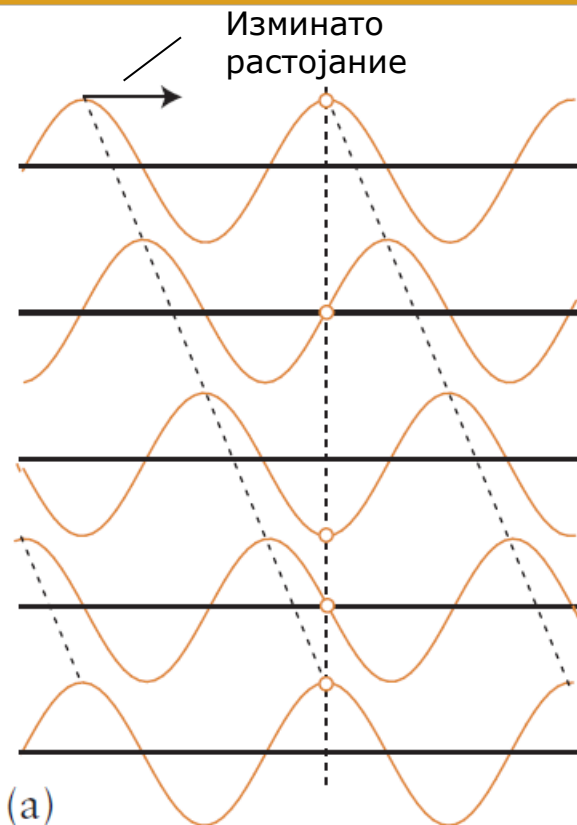
Електронот континуирано ќе емитира енергија, радиусот на неговата орбита ќе станува се помал и помал, додека на крајот електронот не удри во јадрото ($\sim 1 \text{ ns}$).

Како се распределени електроните околу атомското јадро ?

СПЕКТРОСКОПИЈА: корисна метода за индиректно набљудување на внатрешната структура на атомот



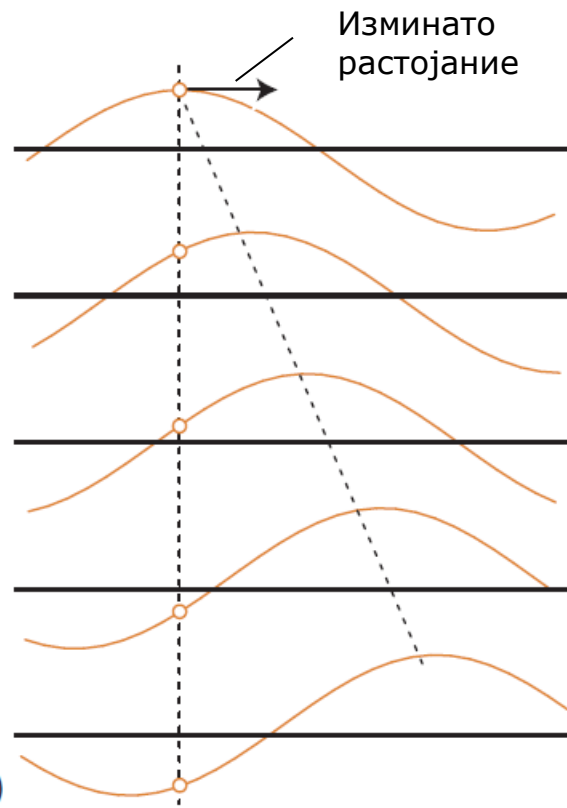
Големи промени во
електричното поле



а) Мала бранова должина,
голема фреквенција

Изминато
растојание

(b)



б) Голема бранова должина,
мала фреквенција

Мали промени во
електричното поле

Брановата должина и фреквенцијата се ОБРАТНОПРОПОРЦИОНАЛНИ!

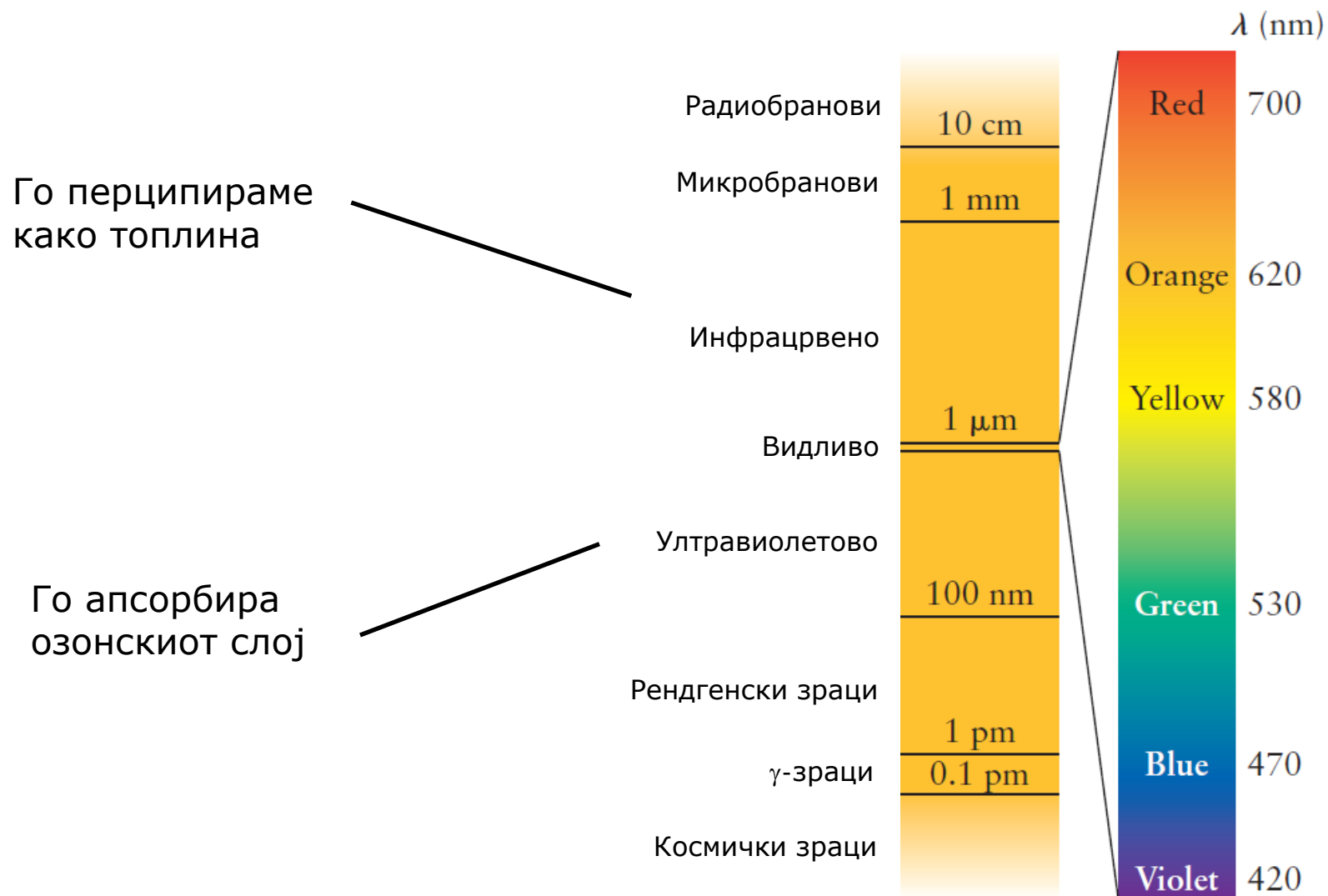
Бранова должина × фреквенција = брзина на светлина

$$\underbrace{\lambda}_{\lambda} \times \underbrace{\nu}_{\nu} = \underbrace{c}_{c}$$

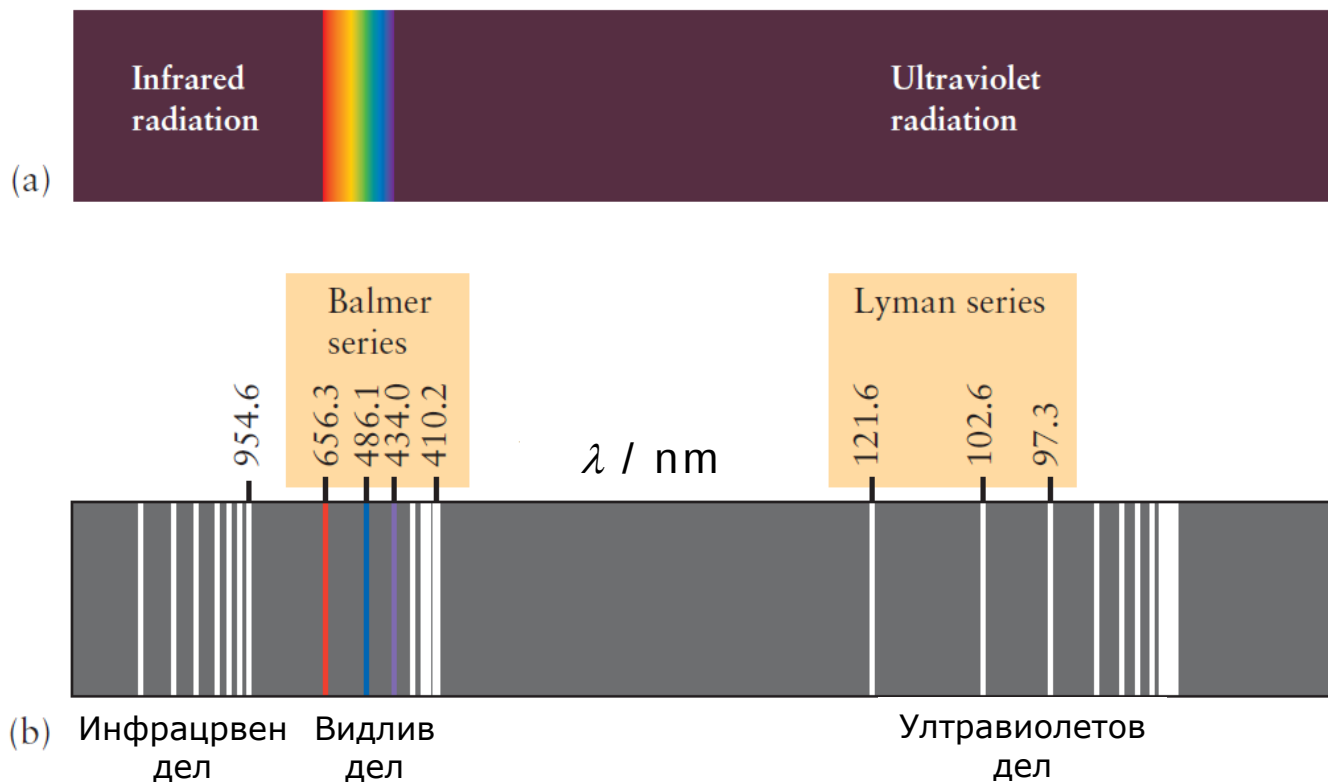
Боја, фреквенција и бранова должина на електромагнетното зрачење

Вид на зрачење	Фреквенција (10^{14} Hz)	Бранова должина (nm)	Енергија на фотон (10^{-19} J)
х-зраци и γ-зраци	$\geq 10^3$	≤ 3	$\geq 10^3$
ултравиолетово	8.6	350	5.7
видливо			
виолетово	7.1	420	4.7
сино	6.4	470	4.2
зелено	5.7	530	3.8
жолто	5.2	580	3.4
портокалово	4.8	620	3.2
црвено	4.3	700	2.8
инфрацрвено	3.0	1000	2.0
микробранови и радиобранови	$\leq 10^{-3}$	$\geq 3 \times 10^6$	$\leq 10^{-3}$

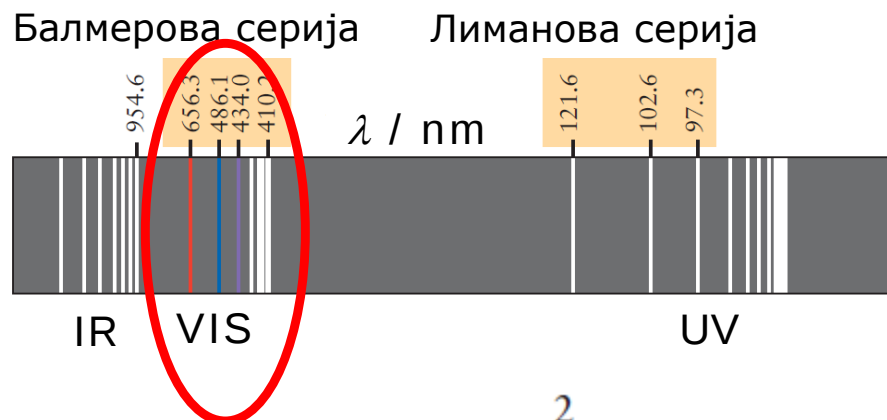
Електромагнетен спектар



Спектар на атомарен водород



Спектар на атомарен водород



Балмер, 1885 г.:

$$\lambda \propto \frac{n^2}{n^2 - 4} \quad n = 3, 4, \dots$$

Ридберг:

$$\frac{1}{\lambda} \propto \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \quad n = 3, 4, \dots$$

Проширен израз кој важи и за останатите подрачја од електромагнетниот спектар:

$$\nu = \mathcal{R} \left\{ \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right\} \quad n_1 = 1, 2, \dots, \quad n_2 = n_1 + 1, \quad n_1 + 2, \dots$$

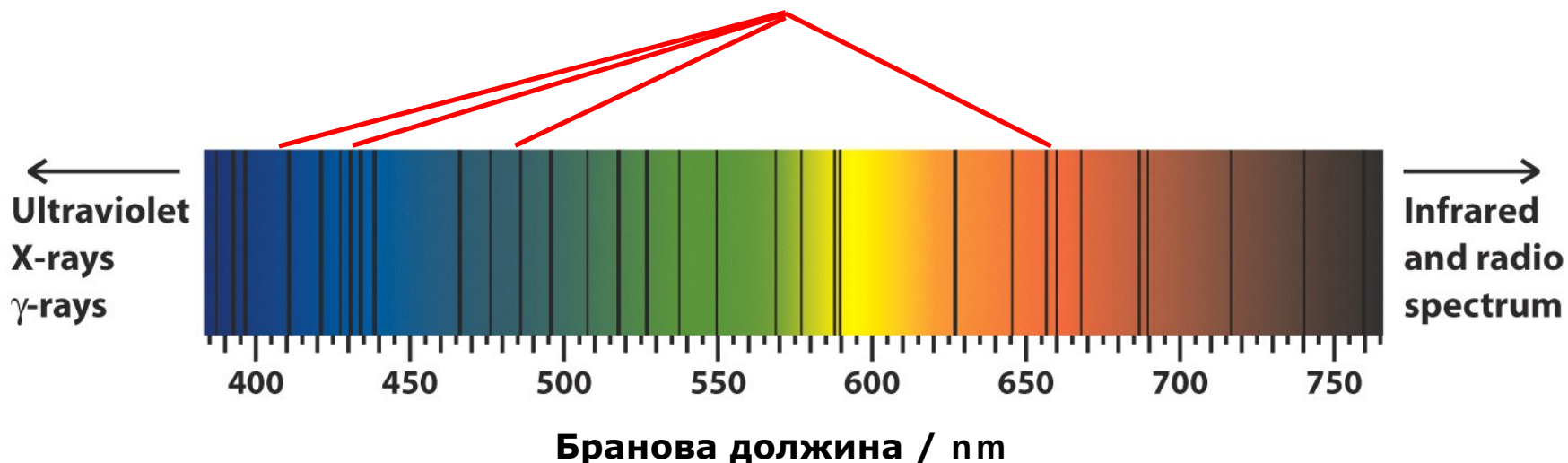
Балмерова серија: $n_1 = 2; n_2 = 3, 4, \dots$

Лиманова серија: $n_1 = 1; n_2 = 2, 3, \dots$

Ридбергова константа

Апсорпционен спектар на сонцето

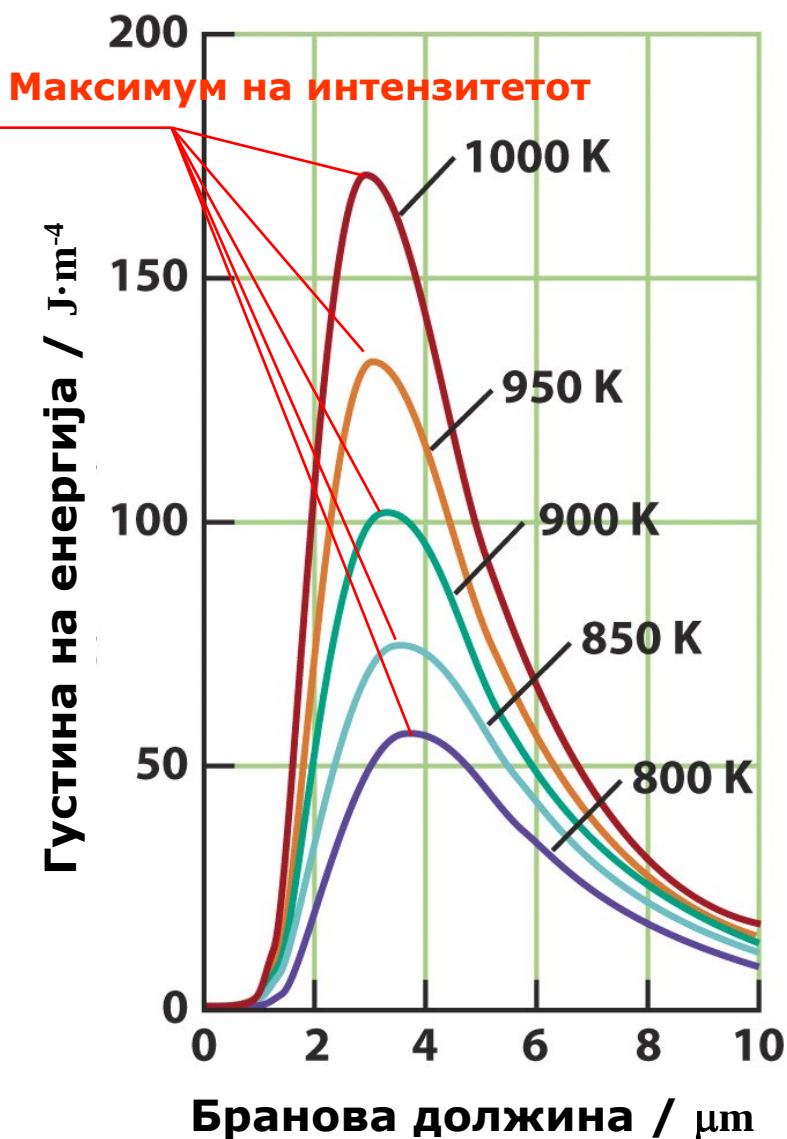
Линии кои се должат на водородот



Темните линии се должат на апсорпцијата на зрачење со точно определени фреквенции од страна на атомите. Фреквенциите на апсорбираното зрачење се идентични со фреквенциите на емитираното зрачење од страна на ексцитираните атоми.

Врз основа на апсорпциониот спектар може да се идентификуваат елементите во надворешните слоеви на звездите.

Зрачење на загреано црно тело



Континуиран спектар

Со зголемување на температурата:

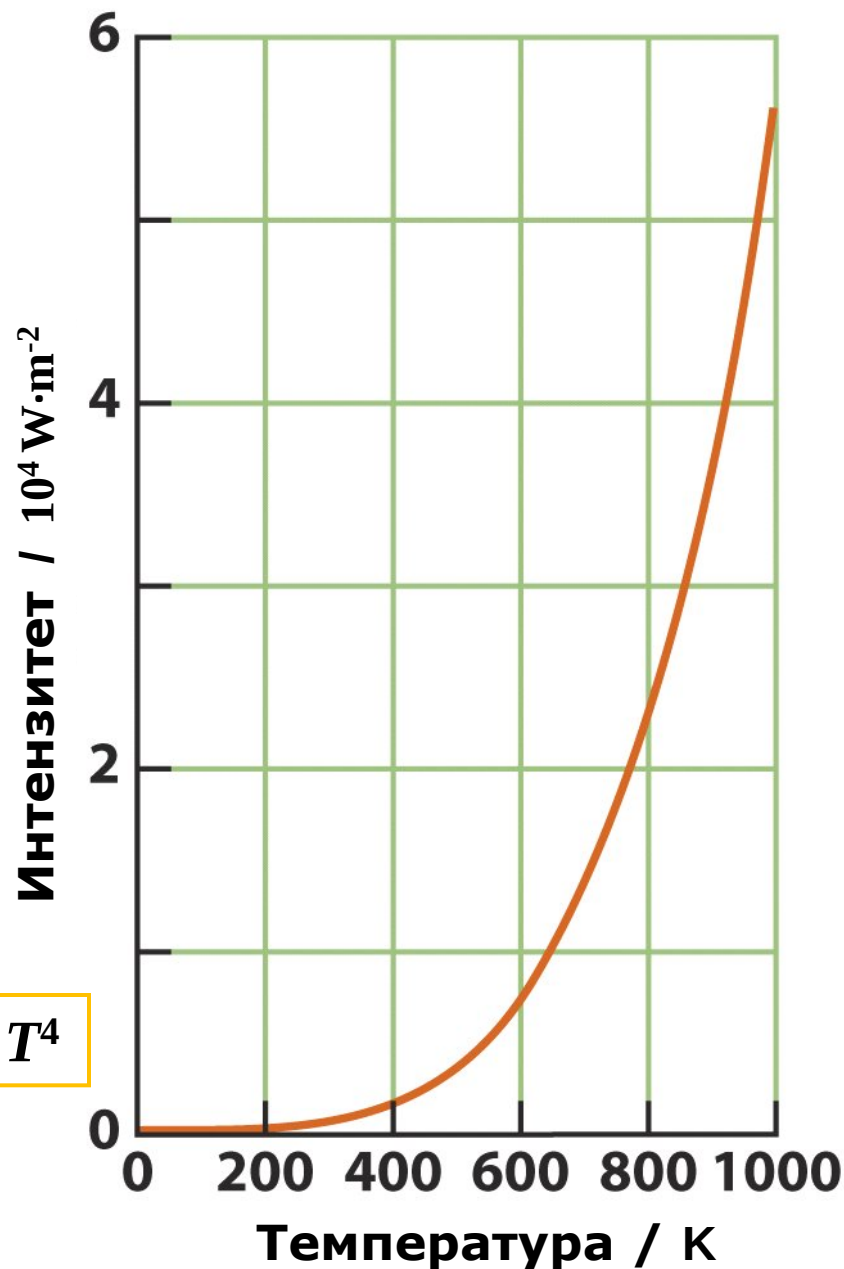
- ✓ вкупната емитирана енергија (плоштината на површината под кривата) брзо се зголемува
- ✓ максимумот на интензитетот на зрачење се поместува кон помали бранови должини.

Зошто загреан метален предмет најправо зрачи црвена, а потоа бела светлина?

Штефан-Болцманов закон

По експериментален пат било утврдено дека интензитетот на зрачењето што го емитира загреано црно тело се зголемува со температурата на следниот начин:

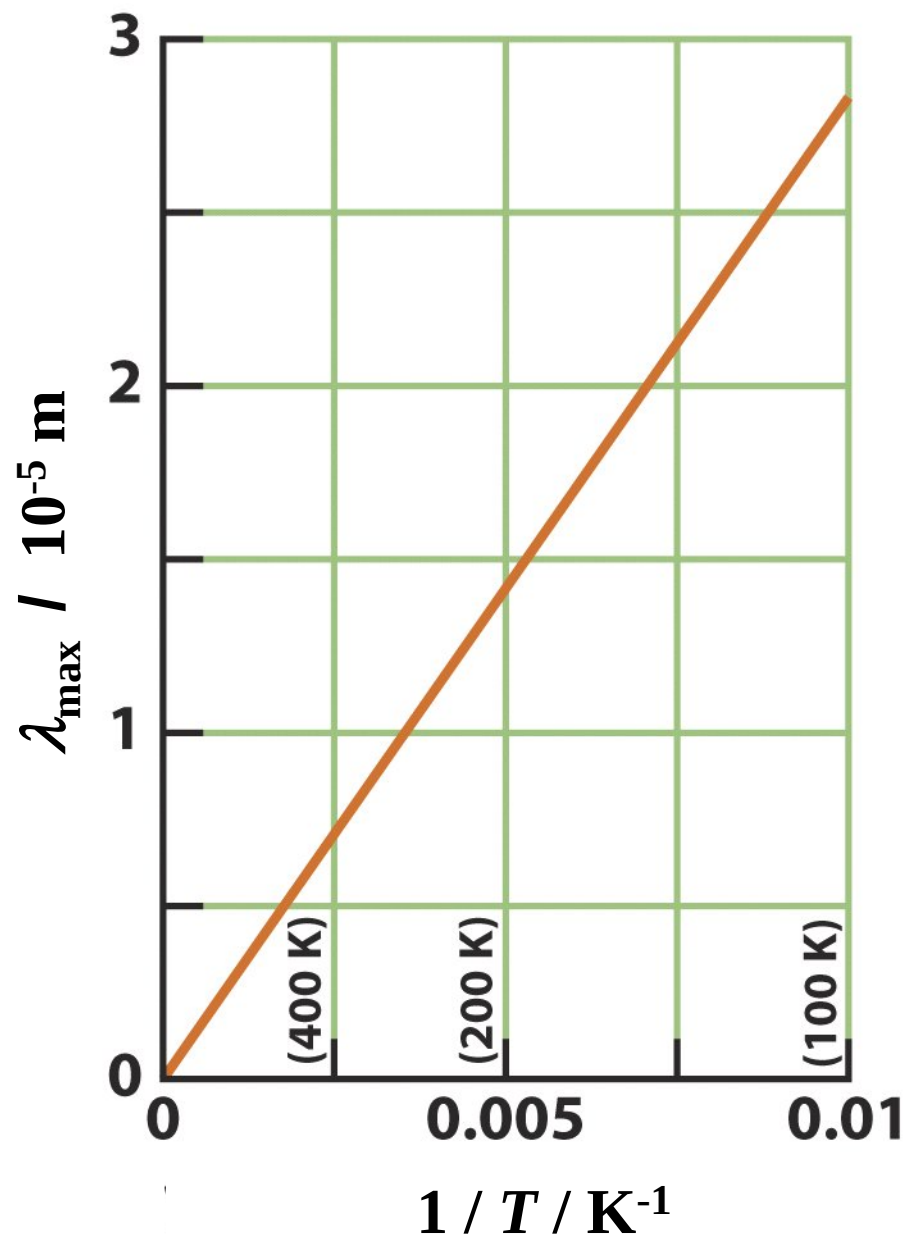
$$\text{Вкупен интензитет} = \text{константа} \times T^4$$



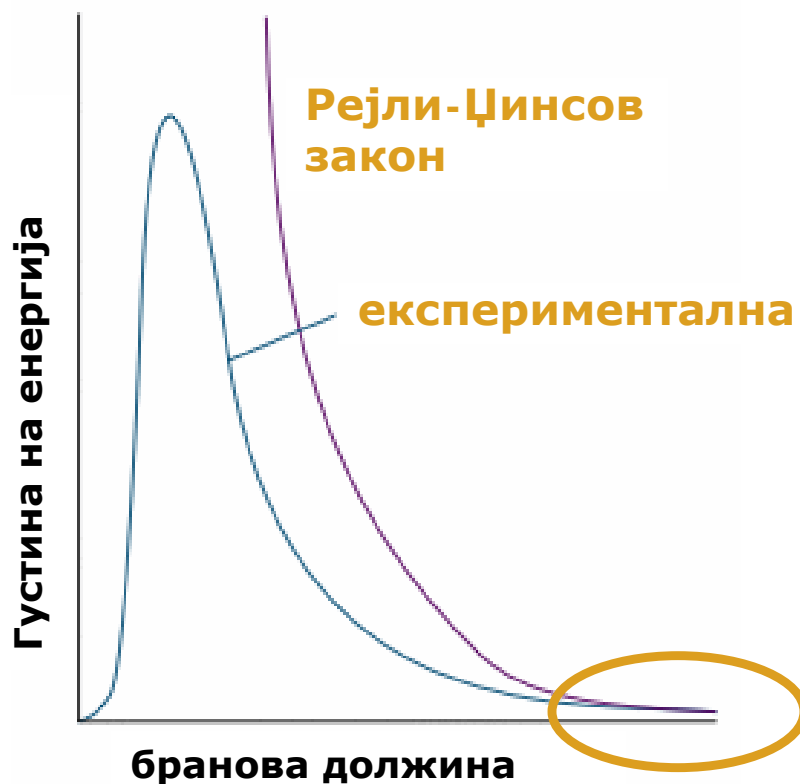
Винов закон

$$T \cdot \lambda_{\max} = \text{константа}$$

Со зголемување на T ,
 $\lambda_{\max}$ се намалува.



Интерпретација на зрачењето на црното тело во рамките на класичната физика?



Ултравиолетова катастрофа

Отворен проблем,
без решение во рамките на класичната теорија!

Хипотеза на Планк

- ✓ Осцилаторите (од електромагнетна природа) може да имаат дискретни енергии определени со изразот:

$$E = n h \nu$$

каде n е цел број, ν е фреквенцијата на зрачење, а h е константа денес позната како **Планкова константа**.

- ✓ Осцилаторите може да апсорбираат или емитираат дискретни енергетски пакети, односно енергија која е целоброен производ од основниот квант на енергија.

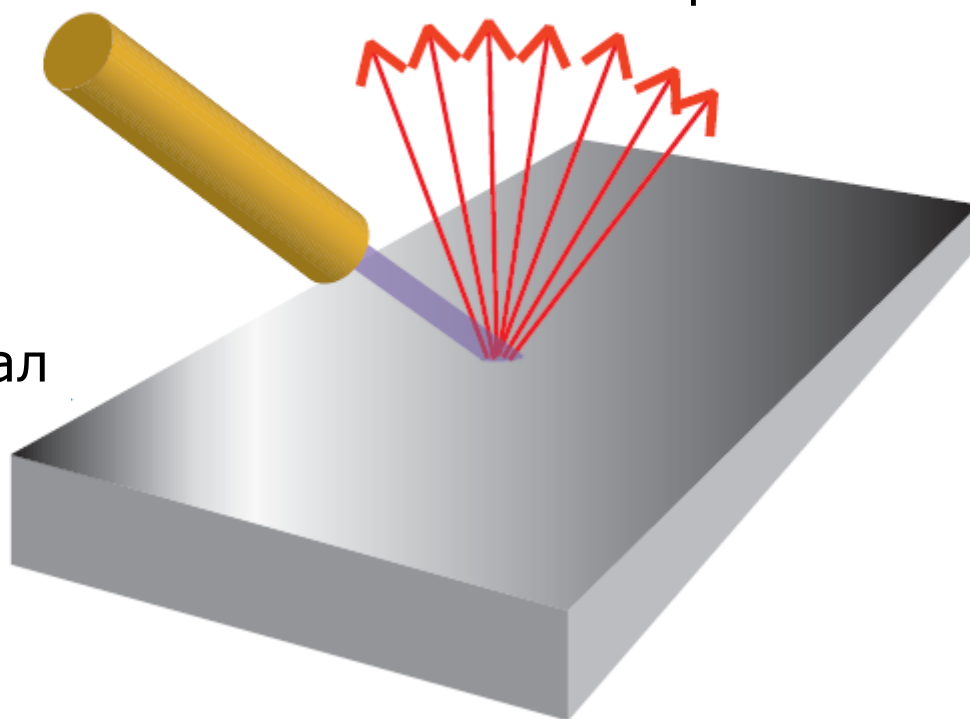
$$\Delta E = h \nu$$

Фотоелектричен ефект

Извор на
ултравиолетово
зрачење

Електрони

Метал



- ❑ До емисија на електрони не доаѓа се додека фреквенцијата на упадното зрачење не биде над некоја критична големина карактеристична за металот
- ❑ Електроните се исфрлуваат веднаш
- ❑ Кинетичката енергија на електроните зависи линеарно од фреквенцијата на упадното зрачење

**Неколку експериментални
факти во врска со фотоелектричниот ефект**

Како може да се интерпретираат експерименталните факти ?

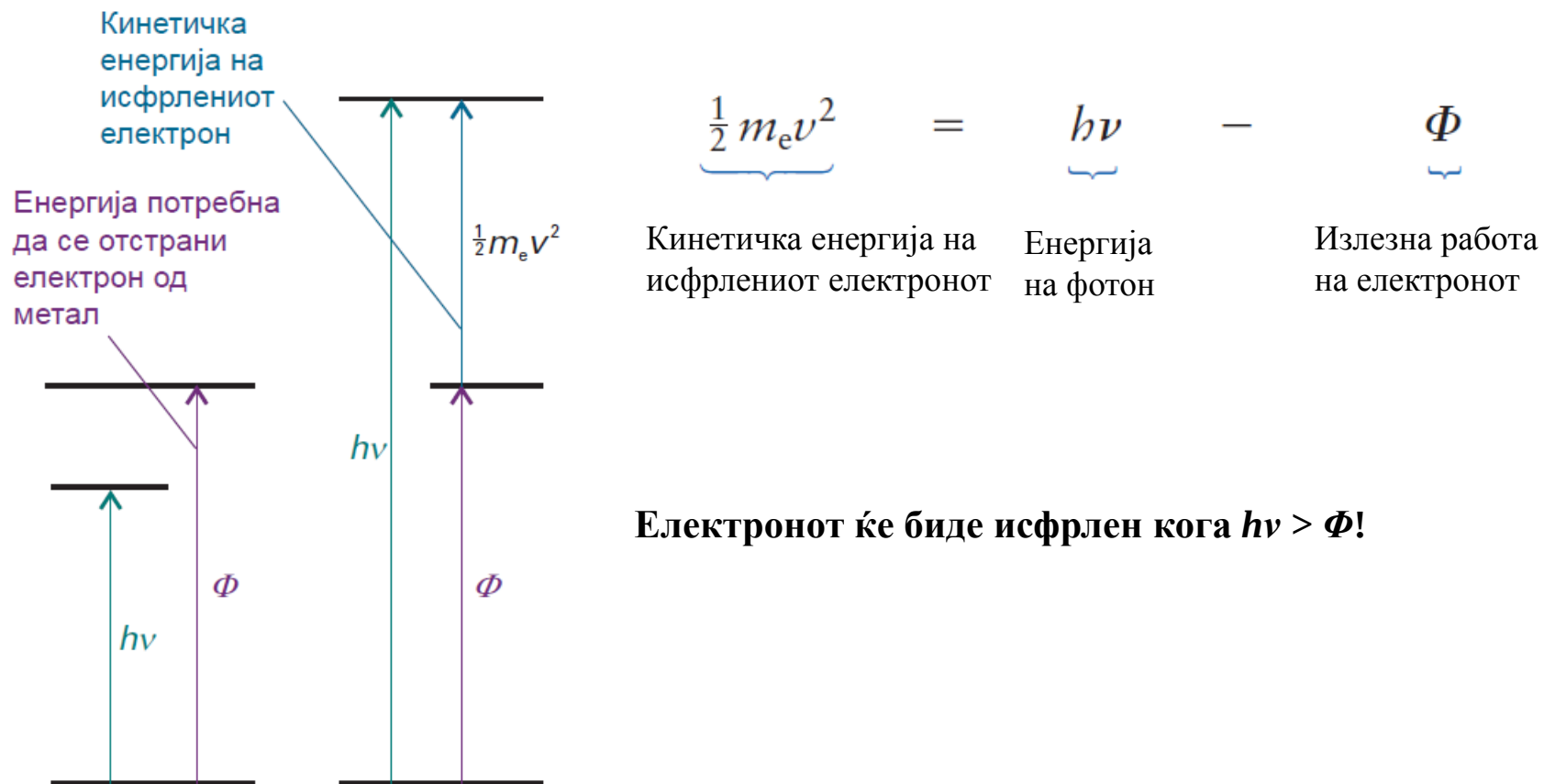
Анштајн:

темелна промена на
концептот за
електромагнетно зрачење

Фотон – енергетски пакет со енергија $E = h\nu$

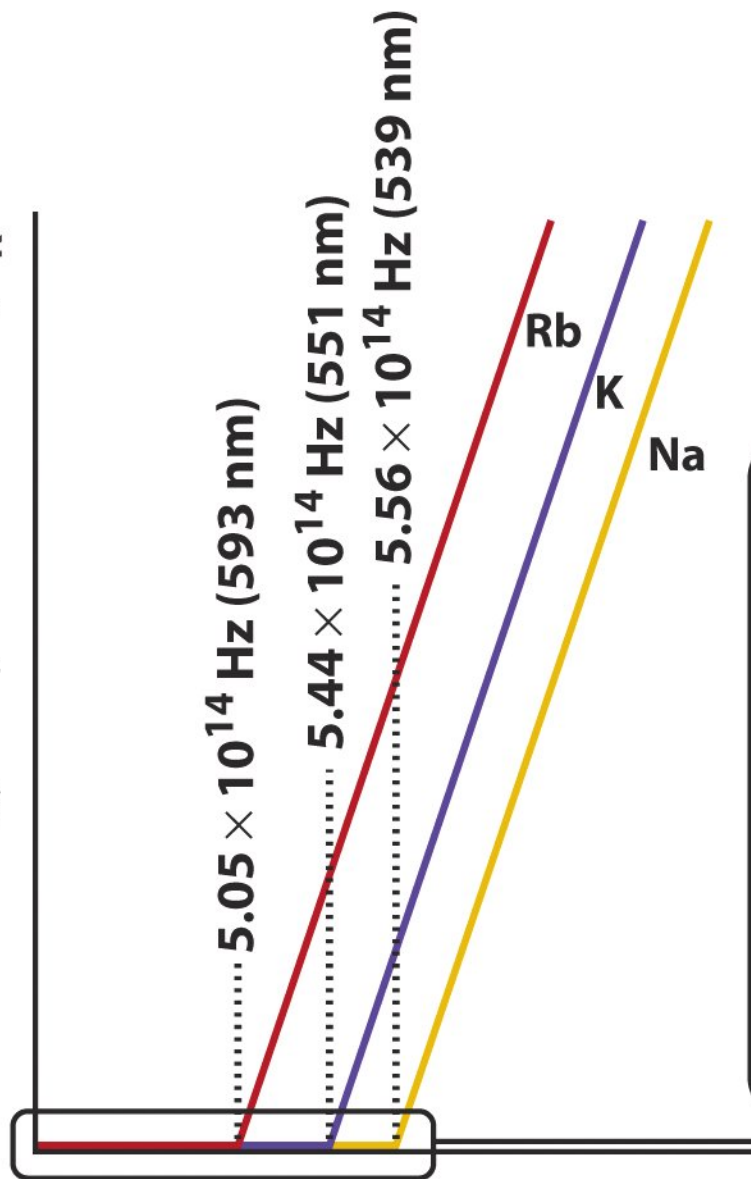
Интензитет на зрачење – пропорционален со
бројот на фотони

Интерпретација на фотоелектричниот ефект според теоријата на Ајнштајн



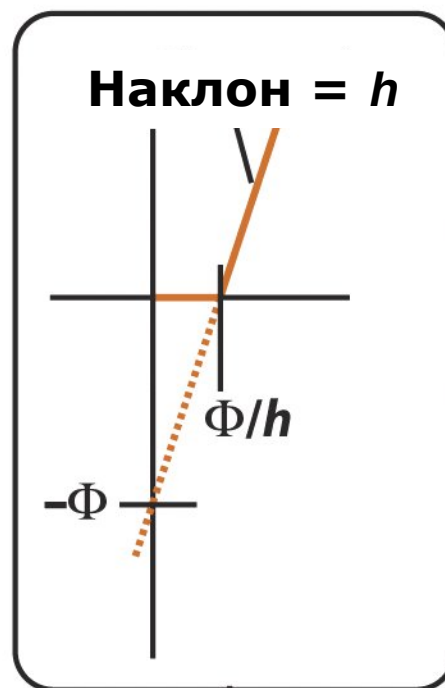
Експериментална потврда за корпускуларната природа на електромагнетното зрачење.

Кинетичка енергија на исфрлениот електрон, E_k



Фреквенција на упадното зрачење, ν

$\frac{1}{2}m_e v^2$	=	$h\nu$	-	Φ
y	=	ax	+	b



Експериментални факти во врска со фотоелектричниот ефект

- ✓ До емисија на електрони не доаѓа се додека фреквенцијата на упадното зрачење не биде над некоја критична големина карактеристична за металот
- ✓ Електроните се исфрлуваат веднаш
- ✓ Кинетичката енергија на електроните зависи линеарно од фреквенцијата на упадното зрачење

Интерпретација на овие факти според теоријата на Ајнштајн

- ✓ За да се исфрли еден електрон од металот неопходно е при судирот со фотонот да прими енергија која е нешто поголема од неговата излезна работа (во случајот на конкретниот метал). Вишокот на енергија се трансформира во кинетичка енергија на електронот.
- ✓ Ако електронот се здобие со потребната енергија, тој се исфрла веднаш.
- ✓ Во согласност со:

$$\frac{1}{2}m_e v^2 = h\nu - \Phi$$

Зрачењето на загреано црно тело

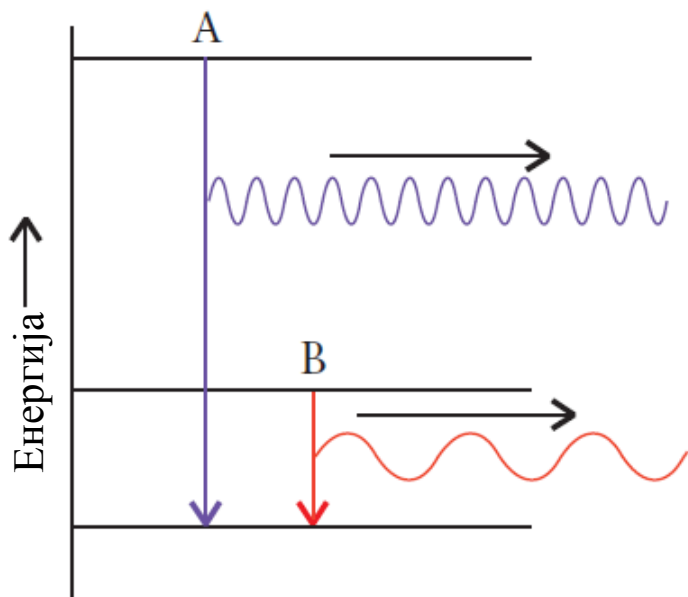


Хипотеза на Планк



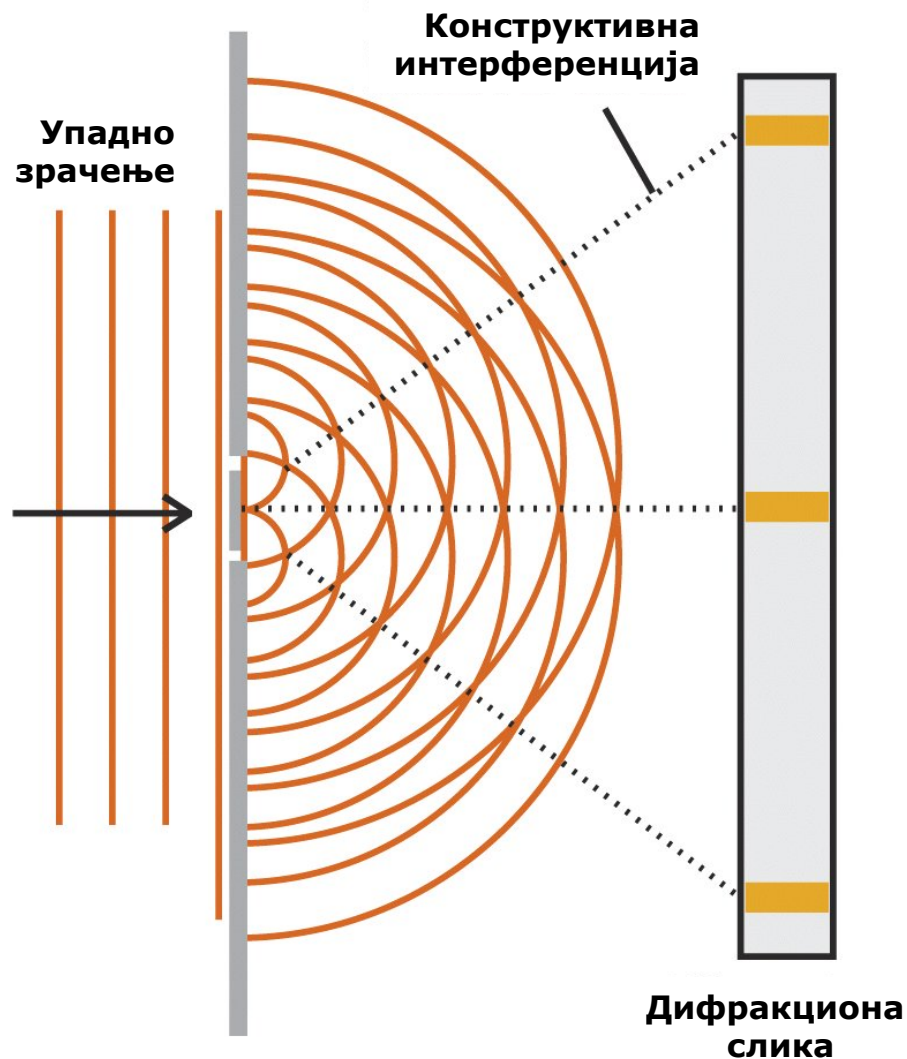
Фотоелектричен ефект

(потврда за корпускуларната природа на електромагнетното зрачење)

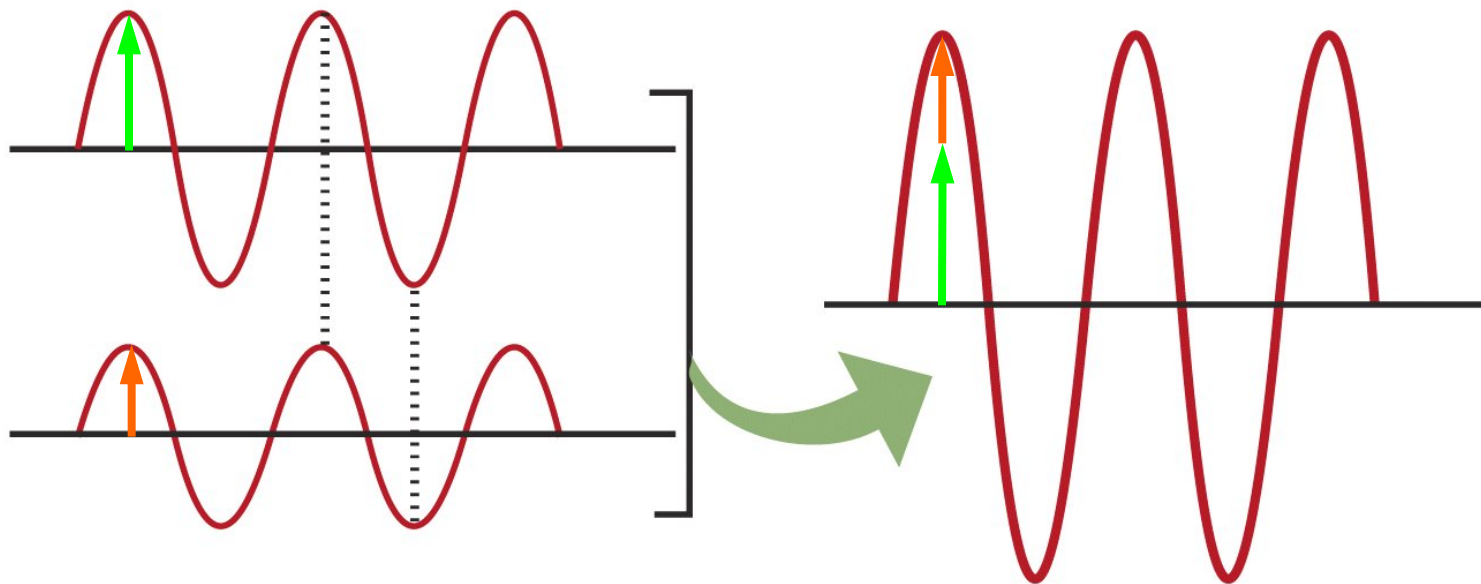


$$h\nu = \Delta E$$

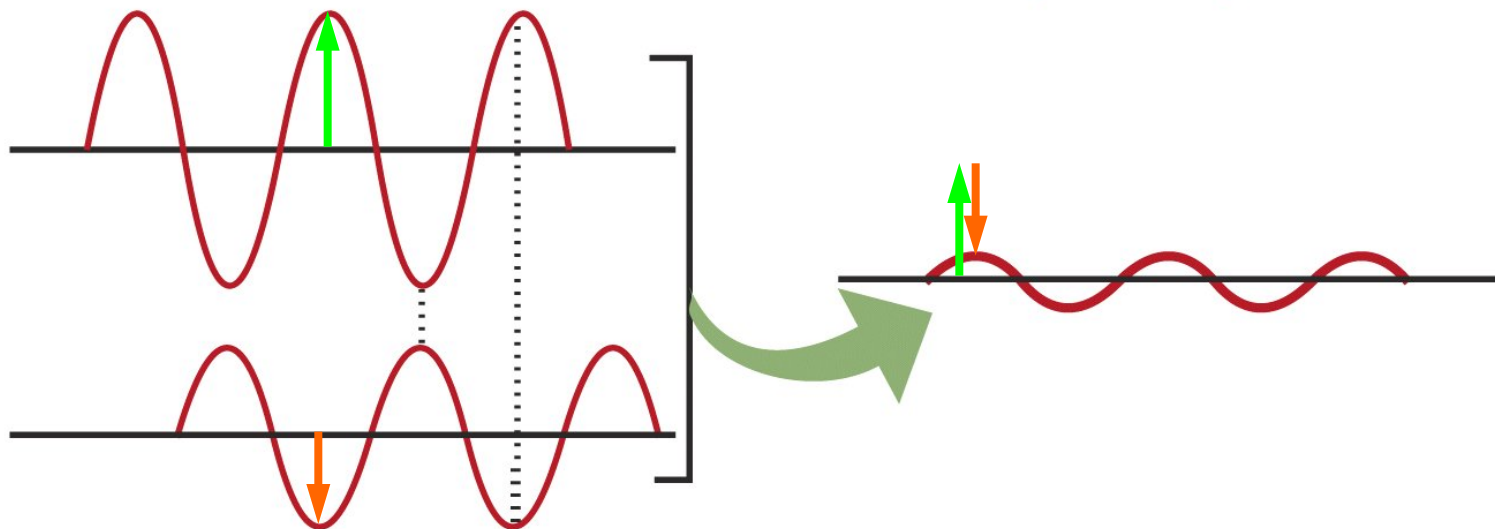
Дуална (браново-корпускуларна) природа на електромагнетното зрачење



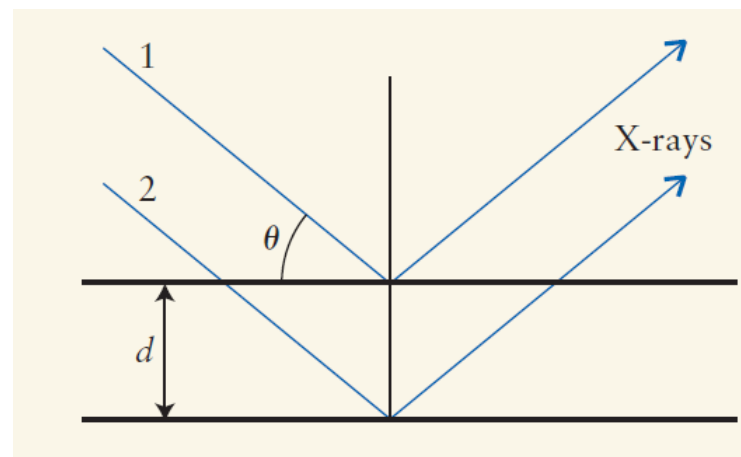
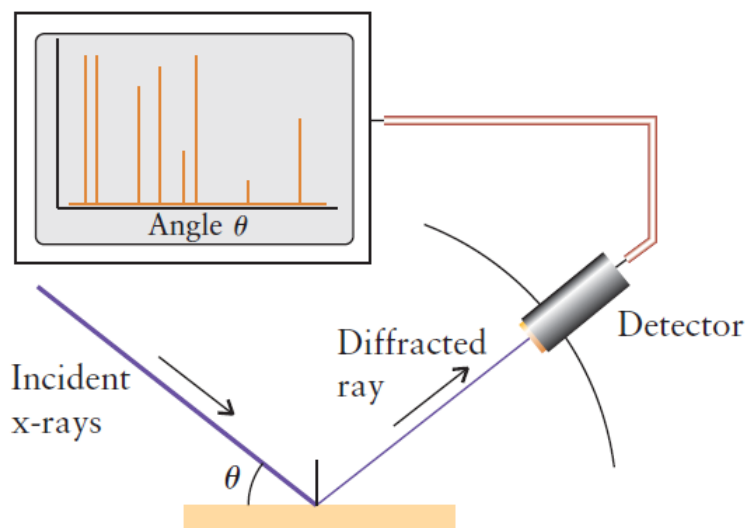
Конструктивна
интерференција



Деструктивна
интерференција



Дифракција на рендгенски зраци



Ако електромагнетното зрачење има дуална природа, дали материјата освен корпускуларна може да манифестира и бранова природа?

Хипотеза на де Броли

Планк: $E = h\nu$

Ајнштајн: $E = mc^2$

$$h\nu = mc^2 \Rightarrow \nu = \frac{mc^2}{h} \Rightarrow \frac{c}{\lambda} = \frac{mc^2}{h} \Rightarrow \boxed{\lambda = \frac{h}{mc}}$$

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

импулс на
честичката

Де Бролиева равенка:
ги поврзува брановите и
корпускуларните својства
на материјата.

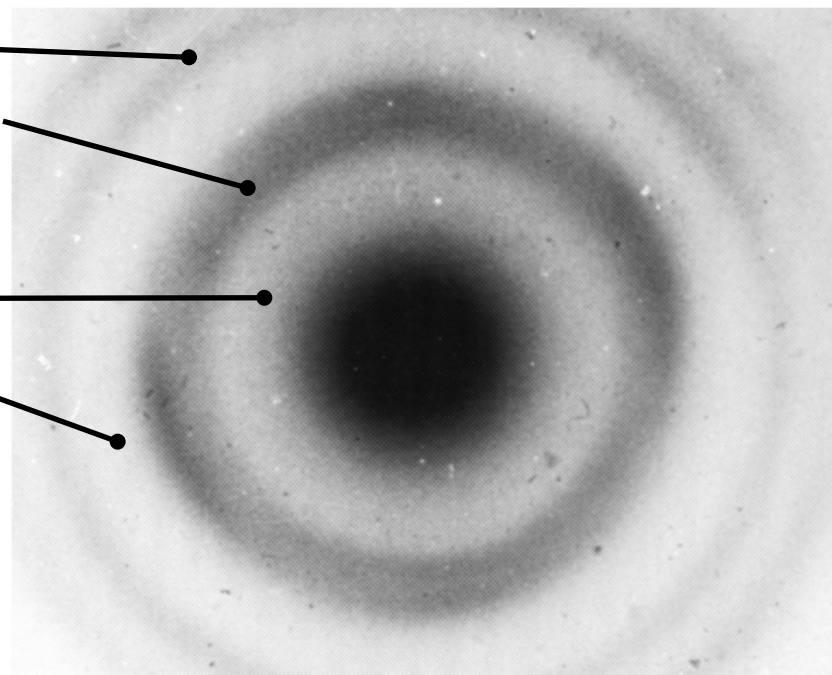
Електронска дифракција

Потврда за брановата природа на електронот
(и материјата воопшто)



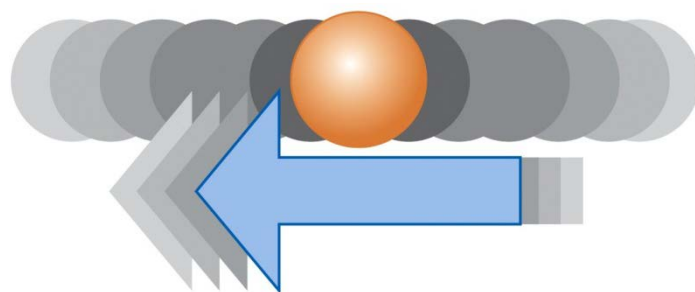
**Конструктивна
интерференција**

**Деструктивна
интерференција**



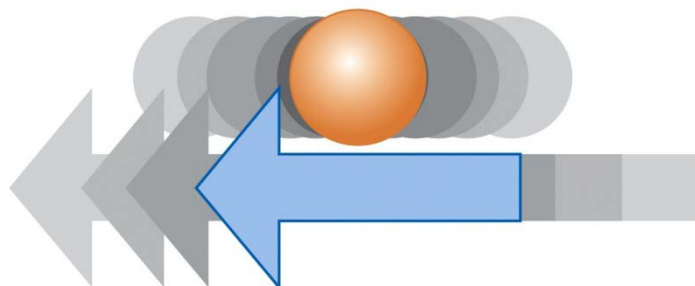
Принцип на неопределеност

(Heisenberg, 1927)



Лошо дефинирана положба

Добро дефиниран импулс



Добро дефинирана положба

Лошо дефиниран импулс

$$\Delta p \cdot \Delta x \geq \frac{1}{2} \frac{h}{2\pi} \Rightarrow \Delta p \cdot \Delta x \geq \frac{1}{2} \hbar$$

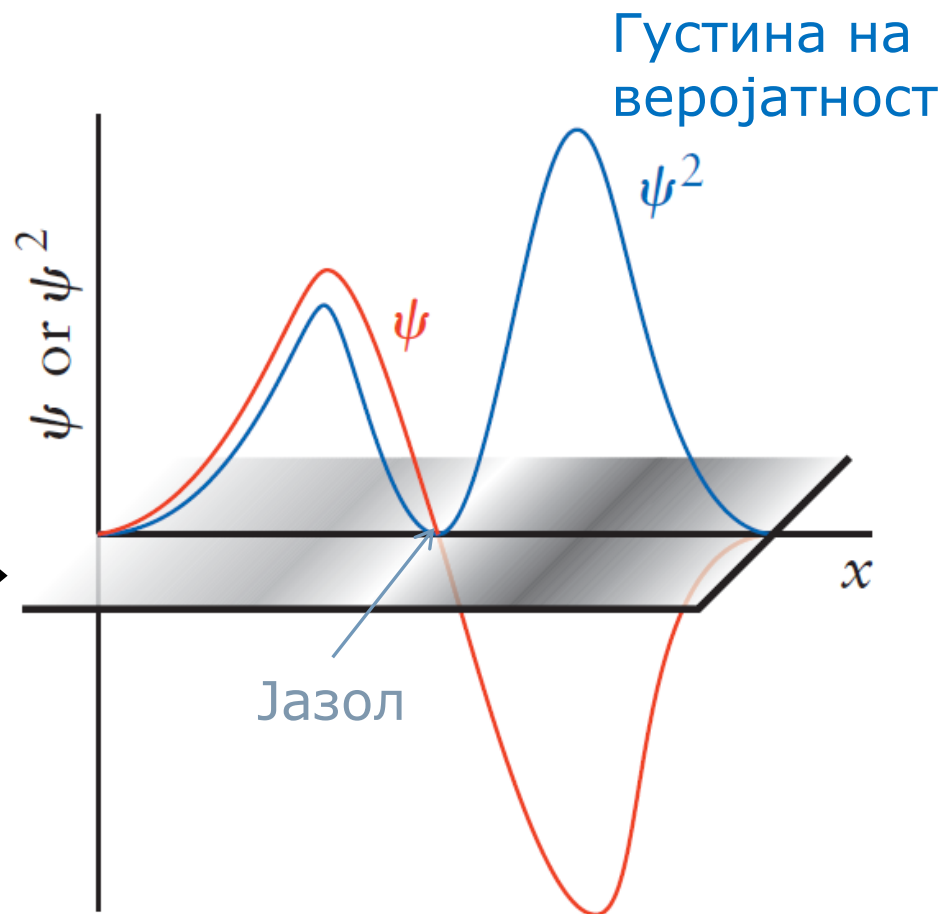
- ✓ Положбата и импулсот на електронот се комплементарни. Тие не можат да се определат истовремено со доволна точност.
- ✓ Последиците од принципот на неопределеност се незначителни за макроскопските објекти.

Интерпретација на брановата функција според Макс Борн

Во јазолот:

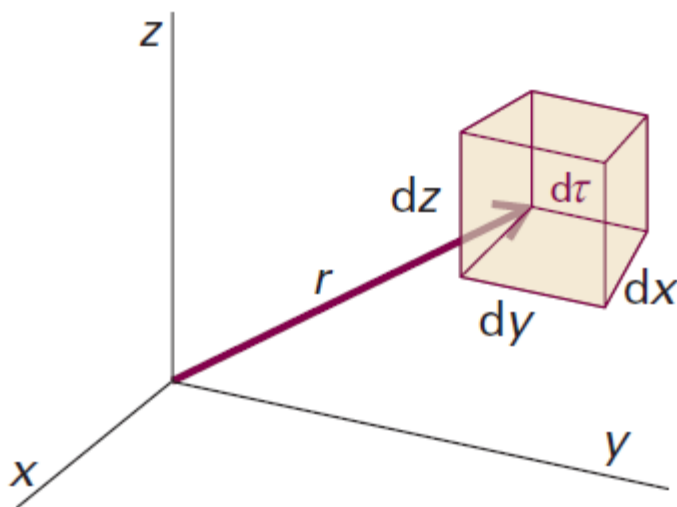
- о $\psi^2 = 0$ (нема електронска густина)
- о ψ минува низ 0

Електронска густина

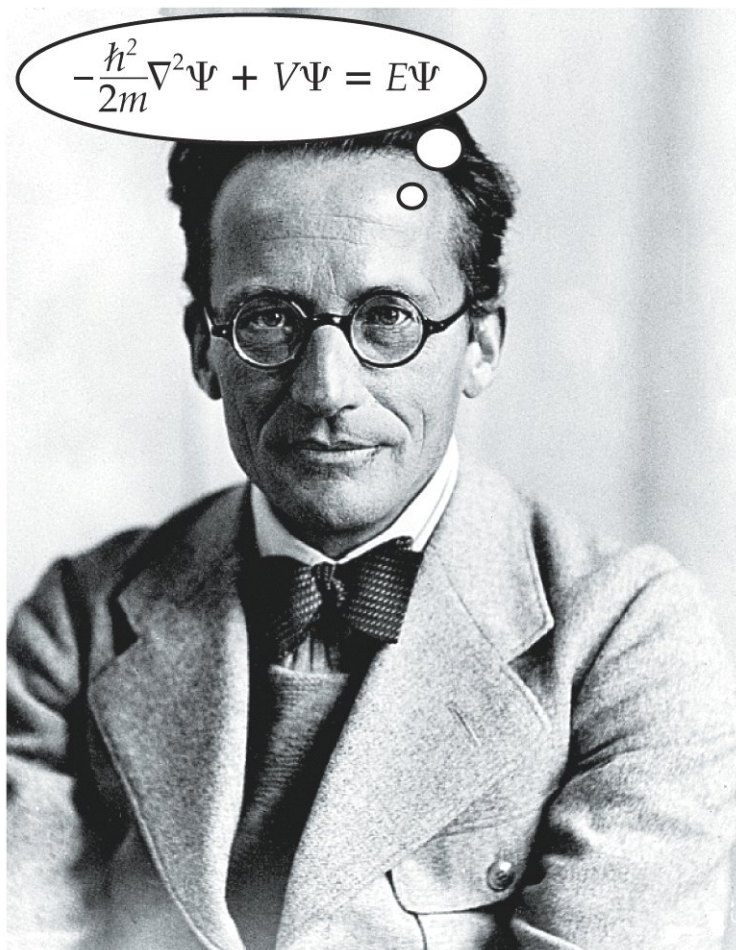


Интерпретација на брановата функција според Макс Борн

Веројатноста за наоѓање на честичката во определен дел од просторот е пропорционално со ψ^2



Erwin Schrödinger



Карактеристики на равенката:

- ✓ Има решенија во одредени случаи.
- ✓ Левата страна често се запишува како $H\Psi$.
- ✓ H е познат како “хамилтонијан”.

Честичка со маса m во еднодимензионална кутија

Кинетичка енергија Потенцијална енергија Вкупна енергија

$$\underbrace{-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi}{dx^2}}_{\text{Кинетичка енергија}} + \underbrace{V(x) \cdot \psi}_{\text{Потенцијална енергија}} = \underbrace{E \cdot \psi}_{\text{Вкупна енергија}}$$

$$\underbrace{-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi}{dx^2} + V(x) \cdot \psi}_{H\psi} = E \cdot \psi$$

$$H\psi = E \cdot \psi$$

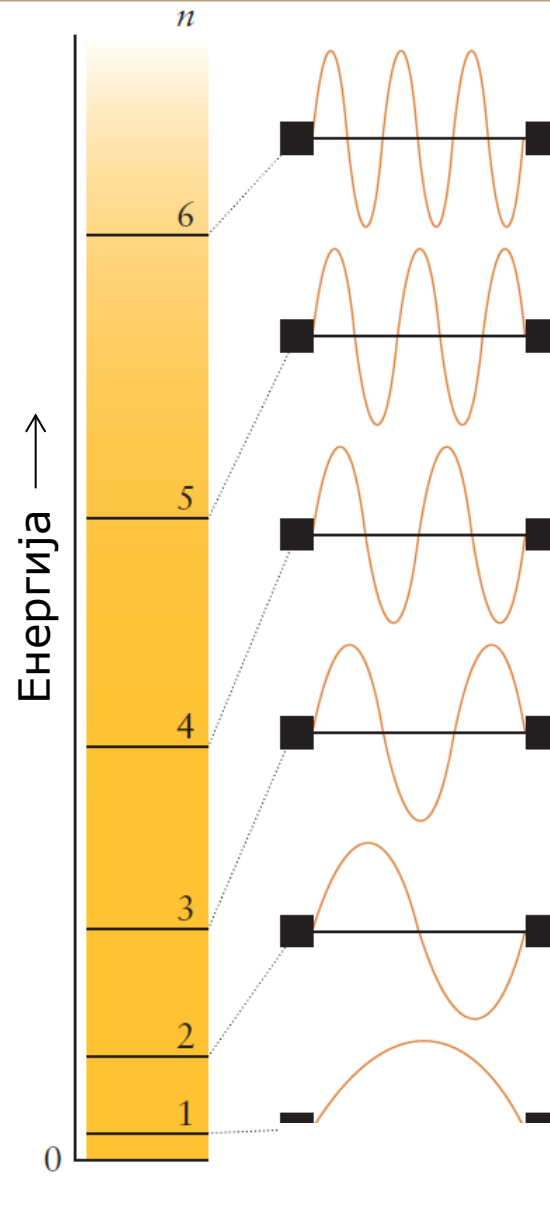
Честичка со маса m во еднодимензионална кутија

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi}{dx^2} + V(x) \cdot \psi = E \cdot \psi$$

РЕШЕНИЈА НА РАВЕНКАТА:

$$\psi_n(x) = \left(\frac{2}{L}\right)^{1/2} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \quad n = 1, 2, \dots$$

$$E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2} \quad n = 1, 2, \dots \quad ?$$



Честичка со маса m во еднодимензионална кутија

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \frac{\overbrace{(mv)}^p}{m} = \frac{\overbrace{(p)}^{h/\lambda}}{2m} = \frac{(h/\lambda)^2}{2m} = \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

(равенка на де Броли)

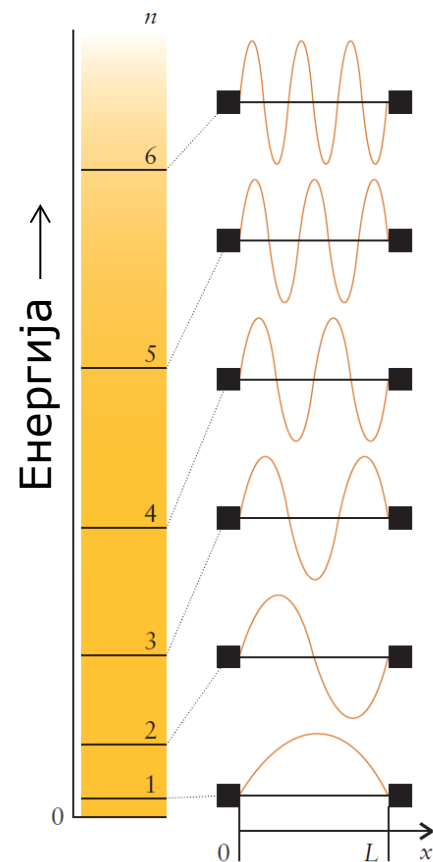
$$L = \frac{1}{2}\lambda, \frac{2}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \dots = n \frac{1}{2}\lambda \quad n = 1, 2, \dots$$

Дозволени бранови должини:

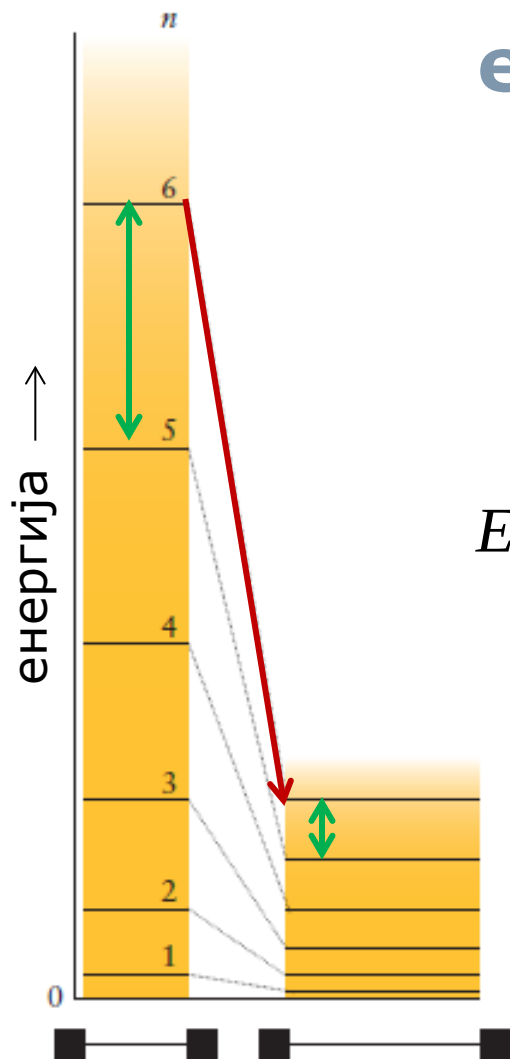
$$\lambda = \frac{2L}{n} \quad n = 1, 2, \dots$$

Енергијата на честичката во состојбата дефинирана со n (под претпоставка дека $E_p = 0$ внатре во кутијата):

$$E_n = \frac{h^2}{2m\lambda^2} = \frac{h^2}{2m(2L/n)^2} = \frac{n^2 h^2}{8mL^2} \quad n = 1, 2, \dots$$



Честичка со маса m во еднодимензионална кутија



$$E_{n+1} - E_n = \overbrace{\frac{(n+1)^2 h^2}{8mL^2}}^{\text{Енергија на } n+1 \text{ нивото}} - \overbrace{\frac{n^2 h^2}{8mL^2}}^{\text{Енергија на } n \text{ нивото}} = 2(n+1) \frac{h^2}{8mL^2}$$

АКО L СЕ ЗГОЛЕМУВА:

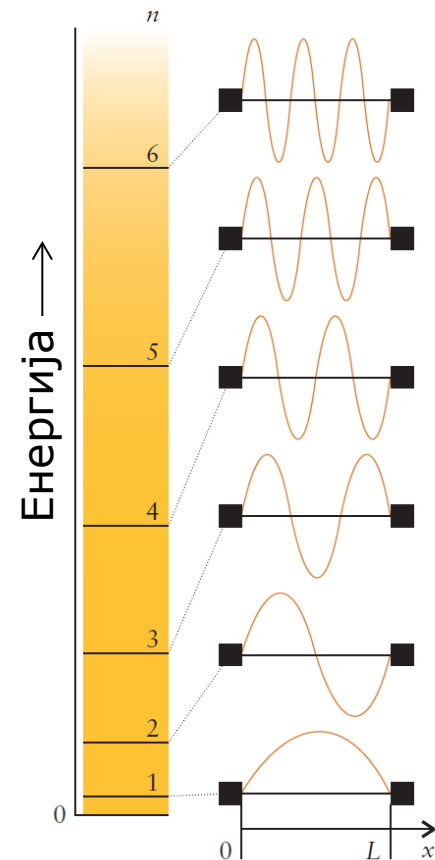
- ❑ енергиите на нивоата се намалуваат
- ❑ растојанијата меѓу нивоата се намалуваат

Честичка со маса m во еднодимензионална кутија

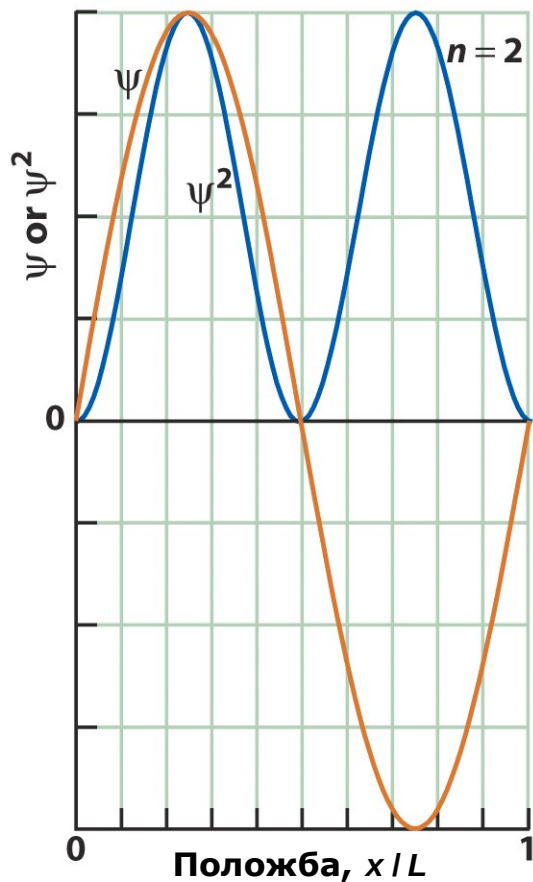
$$E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2} \quad n = 1, 2, \dots$$

Честичката во кутија **не може**
да има енергија $E = 0$.

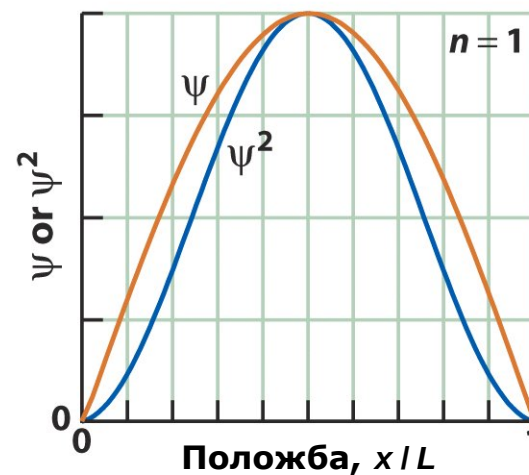
Најниската возможна енергија: $E_1 = \frac{h^2}{8mL^2}$



Во согласност со *принципот на неопределеност!*

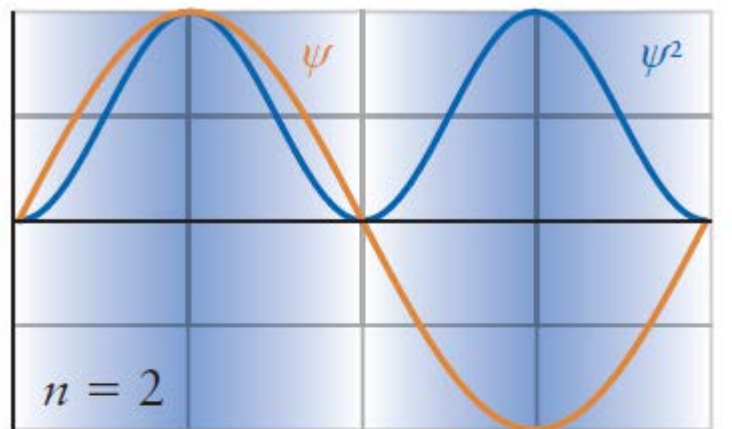


Бранова функција (ψ)
Густина на веројатност (ψ^2)



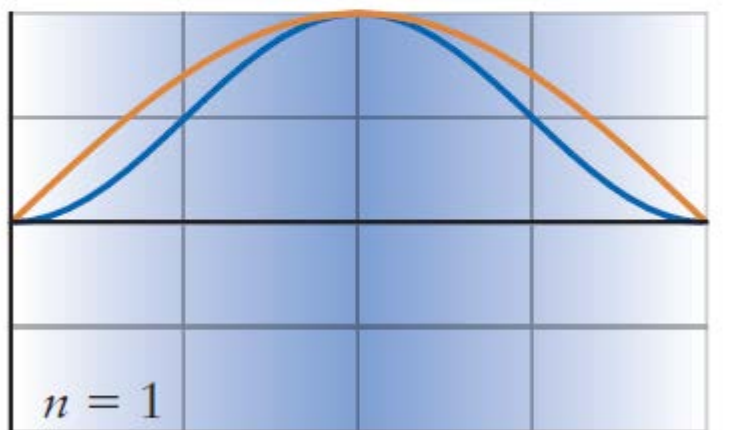
Најмала густина

Најголема густина

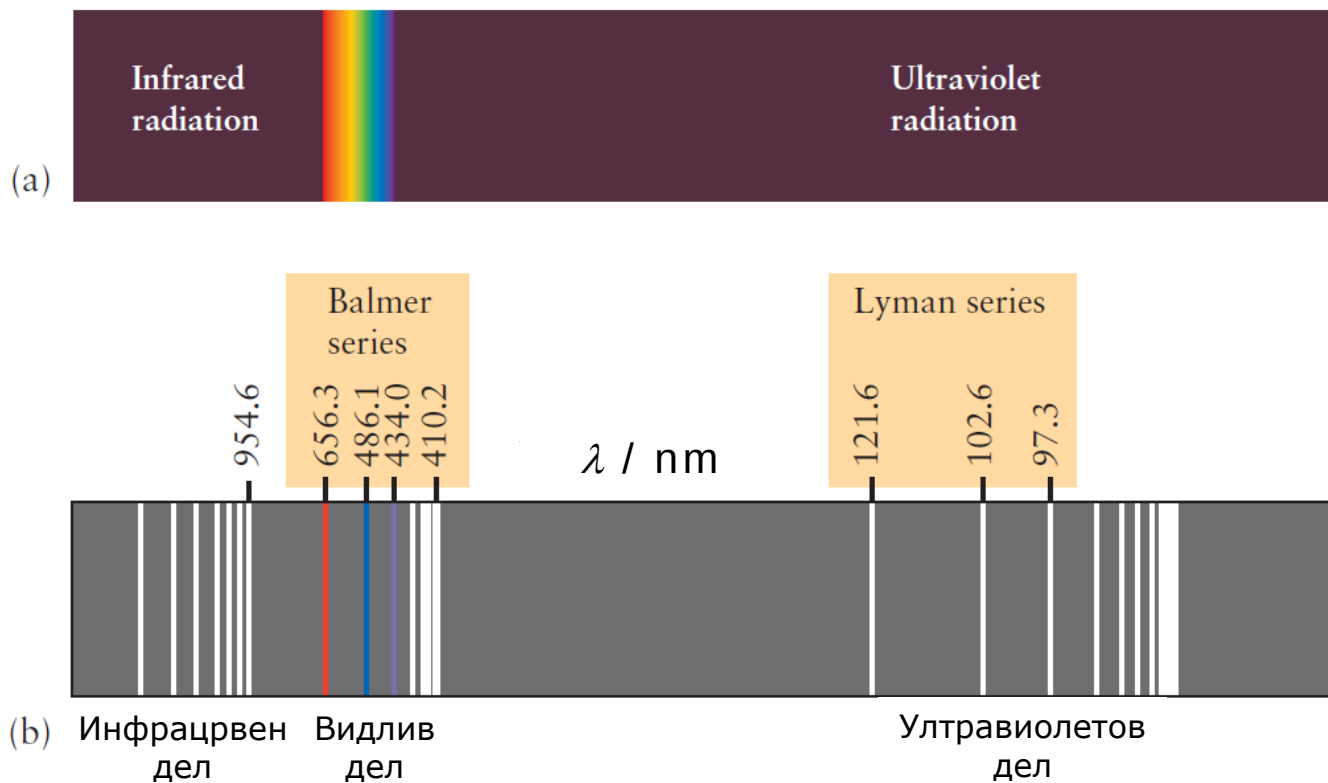


Бранова функција (ψ)

Густина на веројатност (ψ^2)

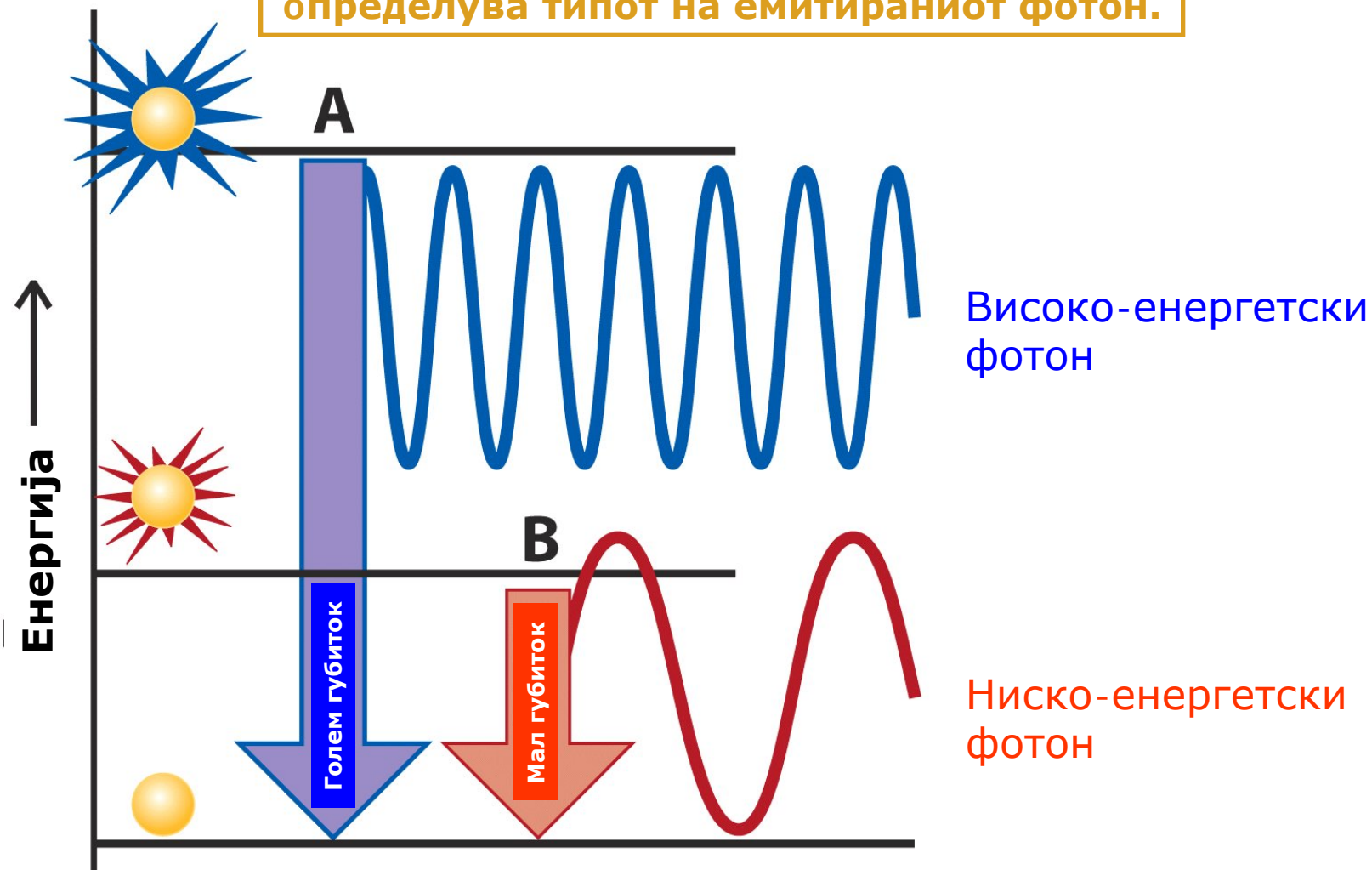


Спектар на атомарен водород



Потекло на спектралните линии

Количеството на емитирано зрачење го определува типот на емитираниот фотон.

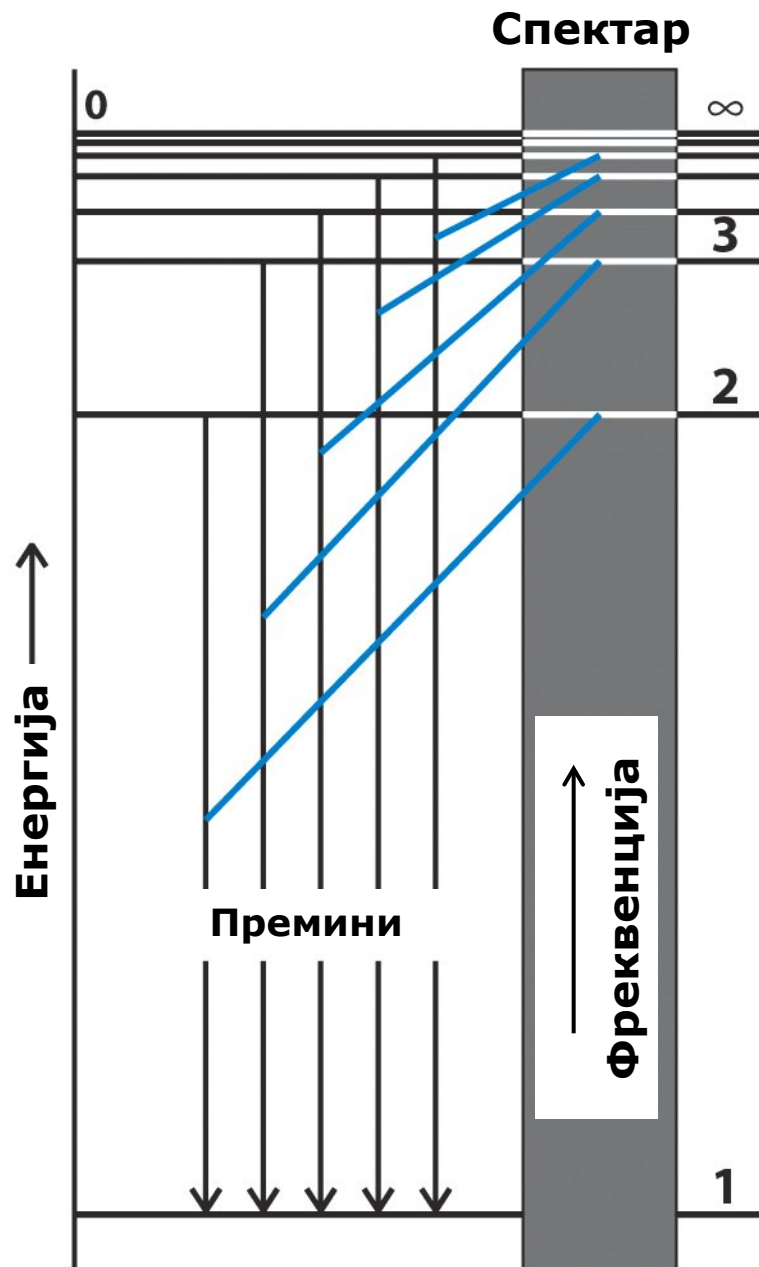


Спектар на атом на водород

Секоја спектрална линија соодветствува на електронски премин меѓу две специфични состојби.

Фреквенцијата на емитираниот фотон е пропорционална со енергетската разлика меѓу двете енергетски нивоа.

$$h\nu = E_{\text{повисоко}} - E_{\text{пониско}}$$



Шредингерова равенка за електрон во атом на водород (едноелектронски систем)

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} \right) + V(r) \cdot \psi = E \cdot \psi$$



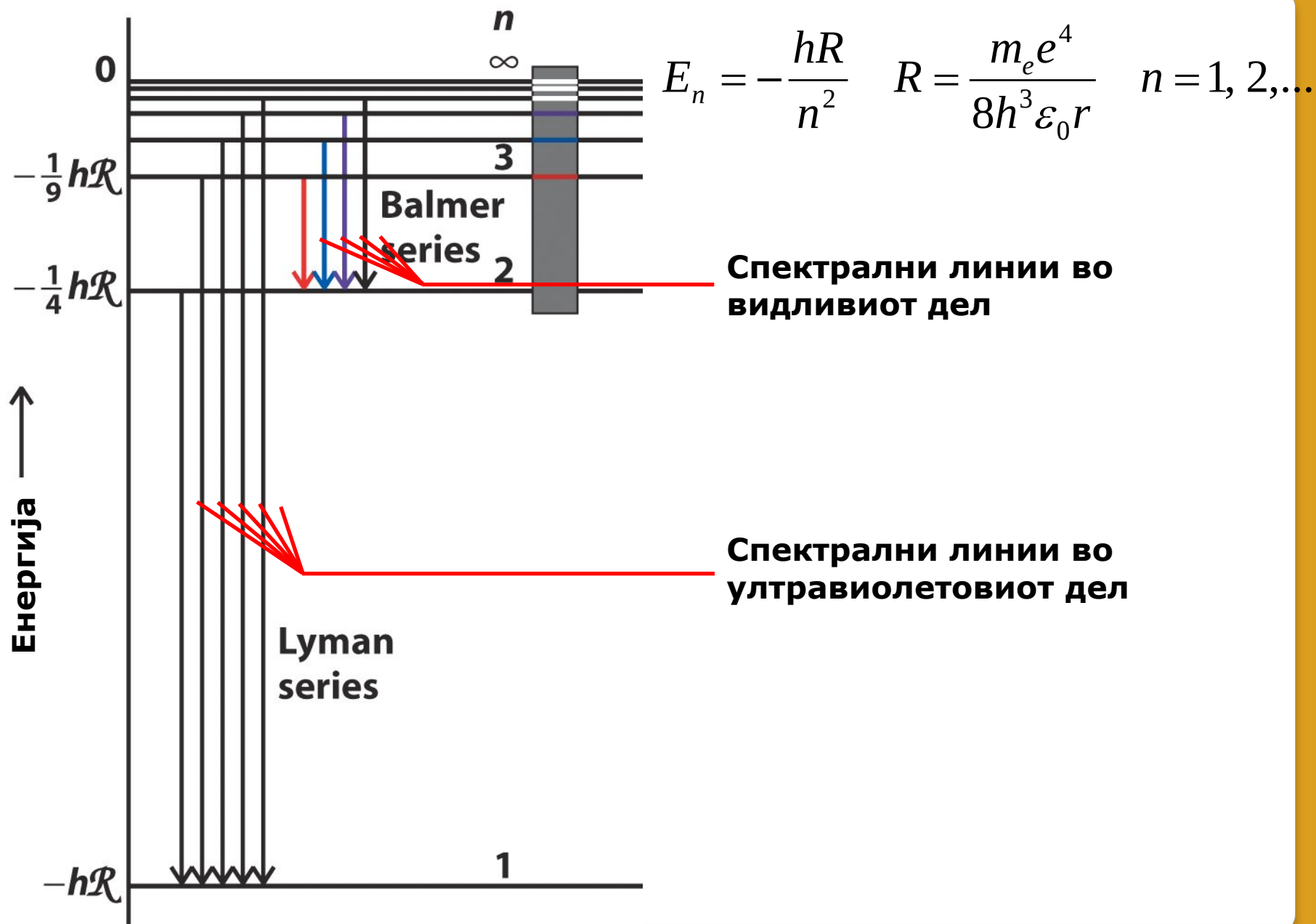
Потенцијална енергија на електростатска интеракција меѓу електронот со полнеж $-e$ и јадрото со полнеж $+e$ на растојание r :

$$V(r) = \frac{(-e) \cdot (+e)}{4\pi\epsilon_0 r} = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

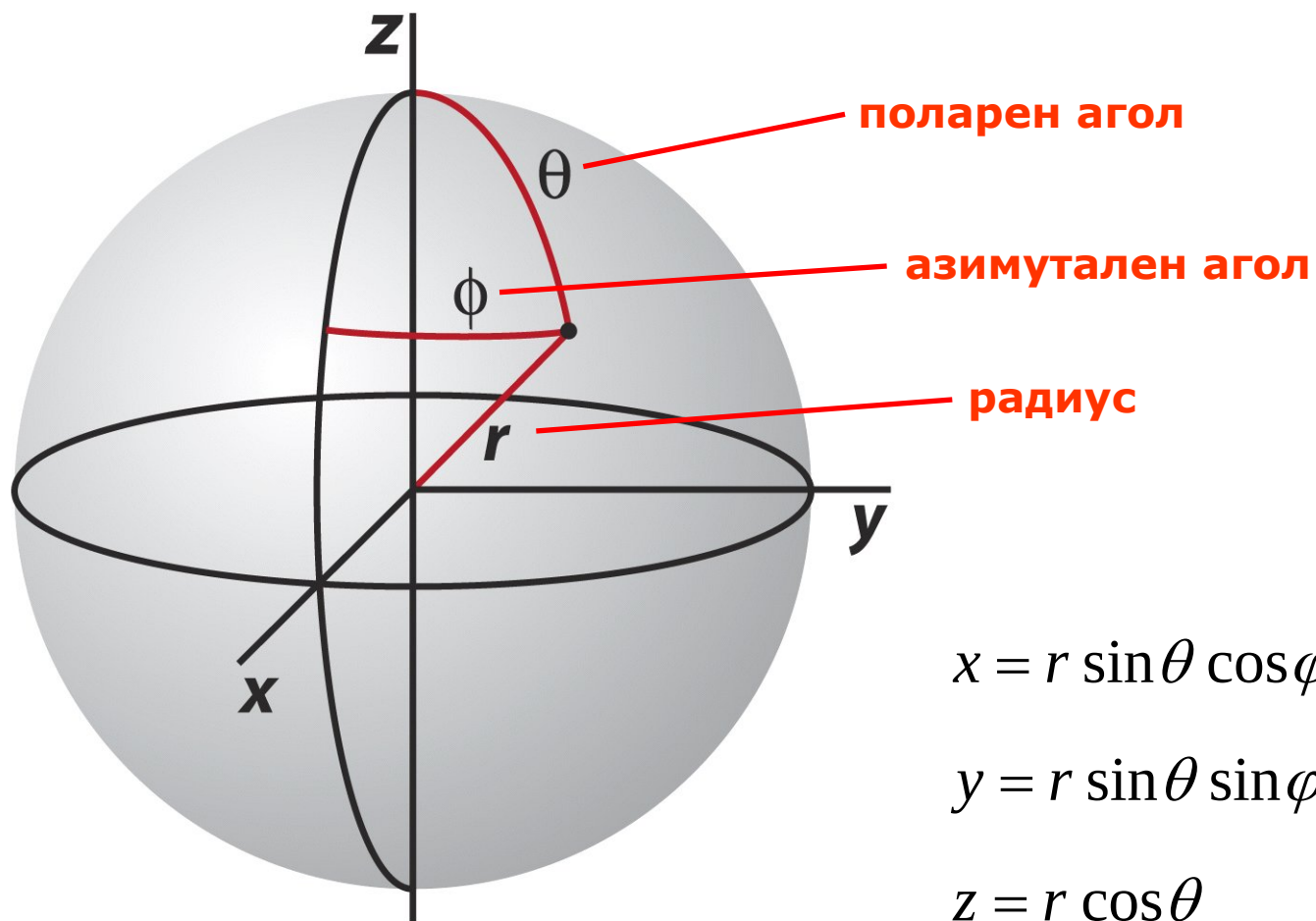
Дозволен
енергетски нивоа:

$$E_n = -\frac{h}{n^2} \frac{m_e e^4}{8h^3 \epsilon_0 r} \quad n = 1, 2, \dots$$

$$E_n = -\frac{hR}{n^2} \quad R = \frac{m_e e^4}{8h^3 \epsilon_0 r} \quad n = 1, 2, \dots$$



Сферни поларни координати



Атомска орбитала, $\psi(r, \theta, \phi)$

Радијален дел на брановата ф-ја Аголен дел на брановата ф-ја

$$\psi(r, \theta, \phi) = R(r) \times Y(\theta, \phi)$$

АТОМ НА ВОДОРОД:

а) Основна состојба ($n=1$) б) Прва возбудена состојба ($n=2$)

$$\psi(r, \theta, \phi) = \underbrace{\frac{2e^{-r/a_0}}{a_0^{3/2}}}_{R(r)} \times \underbrace{\frac{1}{2\pi^{1/2}}}_{Y(\theta, \phi)}$$

Боров атомски радиус

$$\psi(r, \theta, \phi) = \underbrace{Nre^{-r/2a_0}}_{R(r)} \underbrace{\sin \theta \cos \phi}_{Y(\theta, \phi)}$$
$$N = \left(\frac{1}{32\pi a_0^5} \right)^{1/2}$$

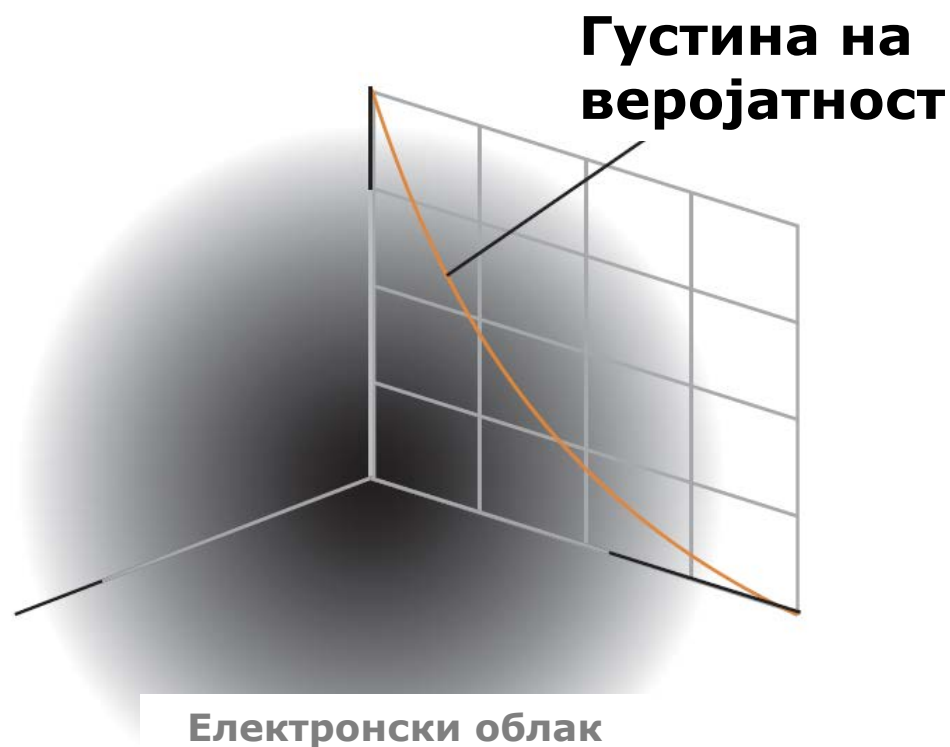
Атом на водород во основна состојба

$$\psi(r, \theta, \phi) = \underbrace{\frac{2e^{-r/a_0}}{a_0^{3/2}}}_{R(r)} \times \underbrace{\frac{1}{2\pi^{1/2}}}_{Y(\theta, \phi)}$$

Сферно-симетрична
бранова функција

$$\psi^2(r, \theta, \phi) = \frac{e^{-\frac{2r}{a_0}}}{\pi a_0^3}$$

Експоненцијална зависност



Бранови функции (атомски орбитали) кај атом на водород

$$\Psi = RY$$

магнетен
квантен број

Радијален дел на брановата функција, $R_n(r)$

Аголен дел на брановата функција, $Y_{l,m_l}(\theta, \phi)$

n	l	$R_{nl}(r)$	l	" m_l "*	$Y_{lm_l}(\theta, \phi)$
1	0	$2\left(\frac{Z}{a_0}\right)^{3/2} e^{-Zr/a_0}$	0	0	$\left(\frac{1}{4\pi}\right)^{1/2}$
2	0	$\frac{1}{2\sqrt{2}}\left(\frac{Z}{a_0}\right)^{3/2}\left(2 - \frac{Zr}{a_0}\right)e^{-Zr/2a_0}$	1	x	$\left(\frac{3}{4\pi}\right)^{1/2} \sin \theta \cos \phi$
	1	$\frac{1}{2\sqrt{6}}\left(\frac{Z}{a_0}\right)^{3/2}\left(\frac{Zr}{a_0}\right)e^{-Zr/2a_0}$		y	$\left(\frac{3}{4\pi}\right)^{1/2} \sin \theta \sin \phi$
3	0	$\frac{1}{9\sqrt{3}}\left(\frac{Z}{a_0}\right)^{3/2}\left(3 - \frac{2Zr}{a_0} + \frac{2Z^2r^2}{9a_0^2}\right)e^{-Zr/3a_0}$		z	$\left(\frac{3}{4\pi}\right)^{1/2} \cos \theta$
	1	$\frac{2}{27\sqrt{6}}\left(\frac{Z}{a_0}\right)^{3/2}\left(2 - \frac{Zr}{3a_0}\right)e^{-Zr/3a_0}$	2	xy	$\left(\frac{15}{16\pi}\right)^{1/2} \sin^2 \theta \cos 2\phi$
	2	$\frac{4}{81\sqrt{30}}\left(\frac{Z}{a_0}\right)^{3/2}\left(\frac{Zr}{a_0}\right)^2 e^{-Zr/3a_0}$		yz	$\left(\frac{15}{4\pi}\right)^{1/2} \cos \theta \sin \theta \sin \phi$
				zx	$\left(\frac{15}{4\pi}\right)^{1/2} \cos \theta \sin \theta \cos \phi$
				$x^2 - y^2$	$\left(\frac{15}{16\pi}\right)^{1/2} \sin^2 \theta \sin 2\phi$
				z^2	$\left(\frac{5}{16\pi}\right)^{1/2} (3 \cos^2 \theta - 1)$

главен
квантен број

орбитален
квантен број

Кај атом на водород, ($Z = 1$) $a_0 = 4\pi\epsilon_0^2/m_e e^2$ или блиско до 52,9 nm

Квантни броеви

име	симбол	вредности	дефинира	индикација за
главен	n	$1, 2, \dots$	слој	големина
орбитален	l	$0, 1, \dots, n - 1$	подслој: $l = 0, 1, 2, 3, 4, \dots$ $s, p, d, f, g, \dots$	форма
магнетен	m_l	$l, l - 1, \dots, -l$	орбитали од подслој	ориентација
спински	m_s	$+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$	спинска состојба	насока на спинот

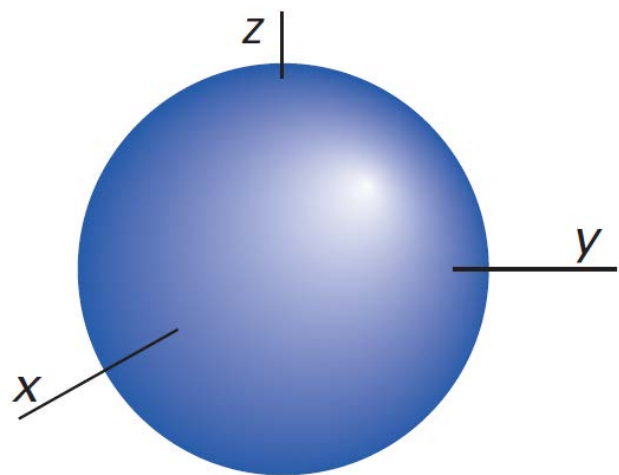
Принцип на Паули:

Два електрони во еден атом не може да имаат исти вредности за четирите квантни броеви.

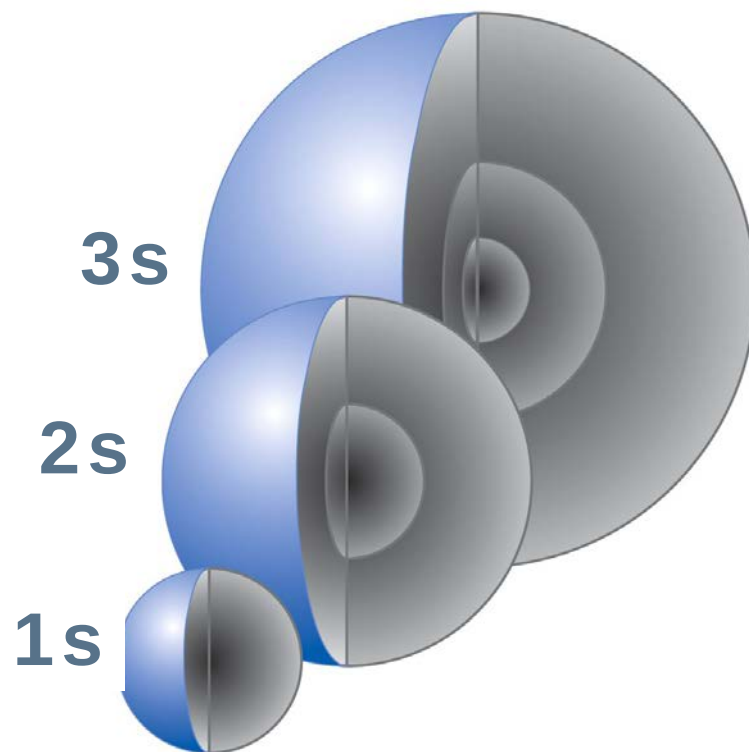
Дозвољени комбинации на квантните броеви

слој	подслој	орбитали
$n = 3$	$l = 2$ d	m_l -2 -1 0 +1 +2
	$l = 1$ p	m_l -1 0 +1 3p
	$l = 0$ s	m_l 0 3s
$n = 2$	$l = 1$ p	m_l -1 0 +1 2p
	$l = 0$ s	m_l 0 2s
$n = 1$	$l = 0$ s	m_l 0

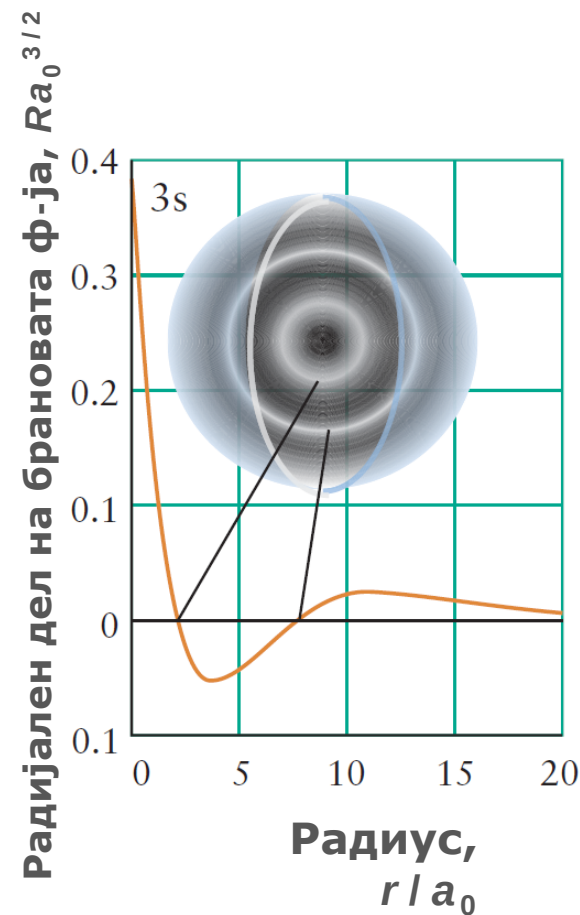
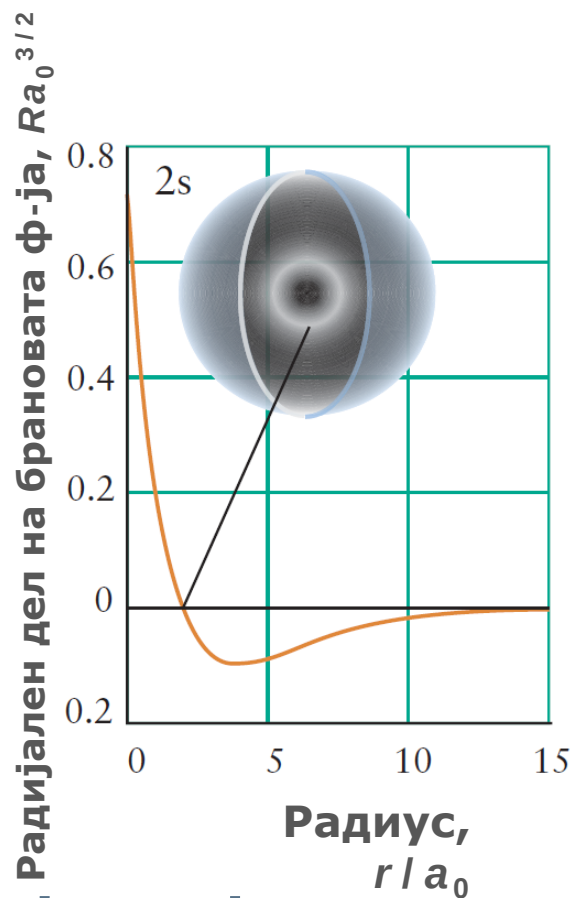
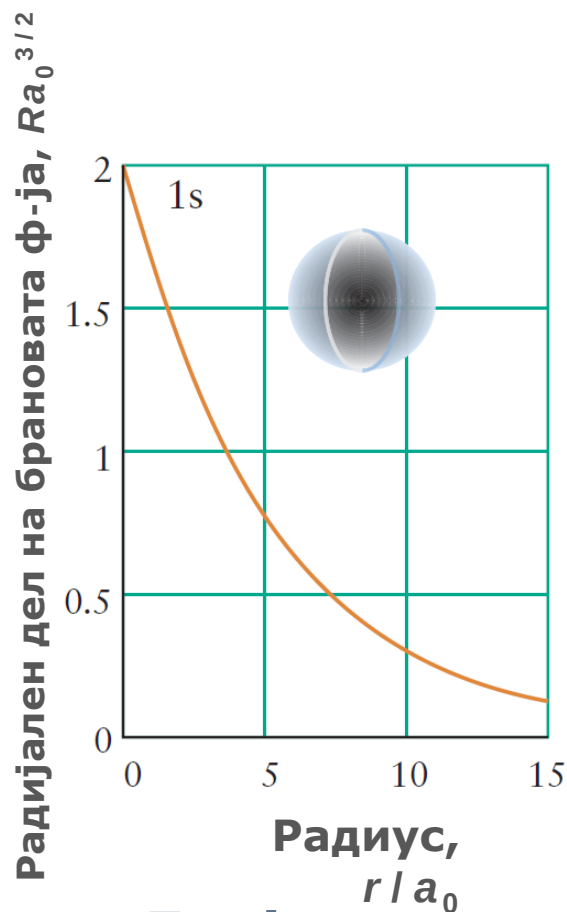
s - орбитала



Сферна
гранична површина
на s-орбитала



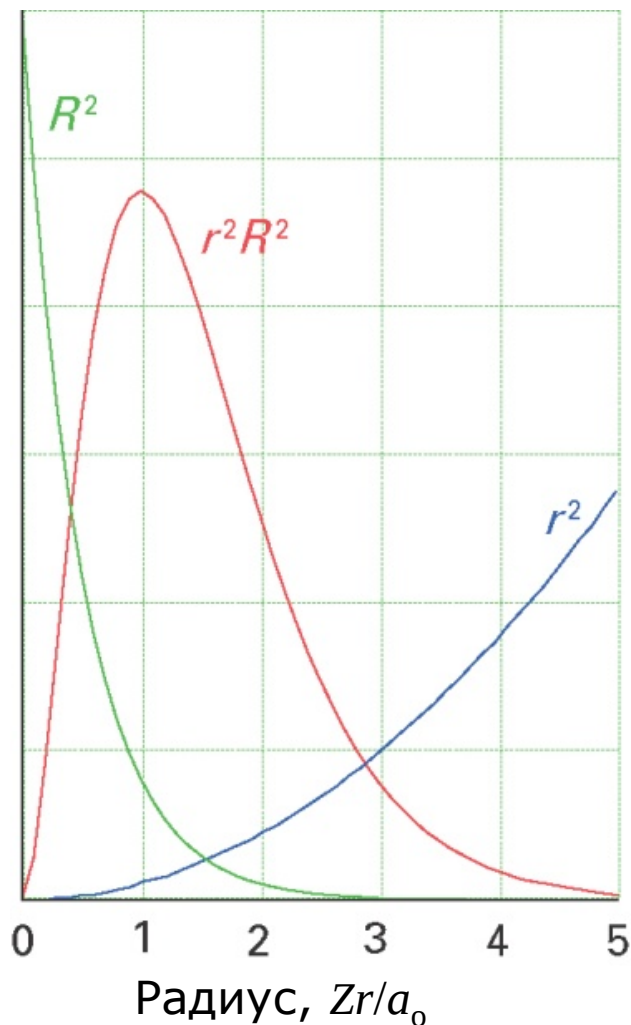
Радијалните делови на првите три s-орбитали кај атом на водород



Бројот на радијални јазли се зголемува, како и просечното растојание на електронот од јадрото.

Радијална функција на распределба, $P(r)$

Веројатноста за наоѓање на електронот на определено растојание r од јадрото независно од насоката



$$P(r) = r^2 R^2(r)$$

$$\psi(r, \theta, \varphi) = R(r) \cdot Y(\theta, \varphi)$$

$$R(r) = \frac{\psi(r, \theta, \varphi)}{Y(\theta, \varphi)}$$

$$P(r) = r^2 \frac{\psi^2(r, \theta, \varphi)}{Y^2(\theta, \varphi)}$$

$P(r)$ versus $\psi^2(r, \theta, \varphi)$?!

✓ $P(r)\delta r$:

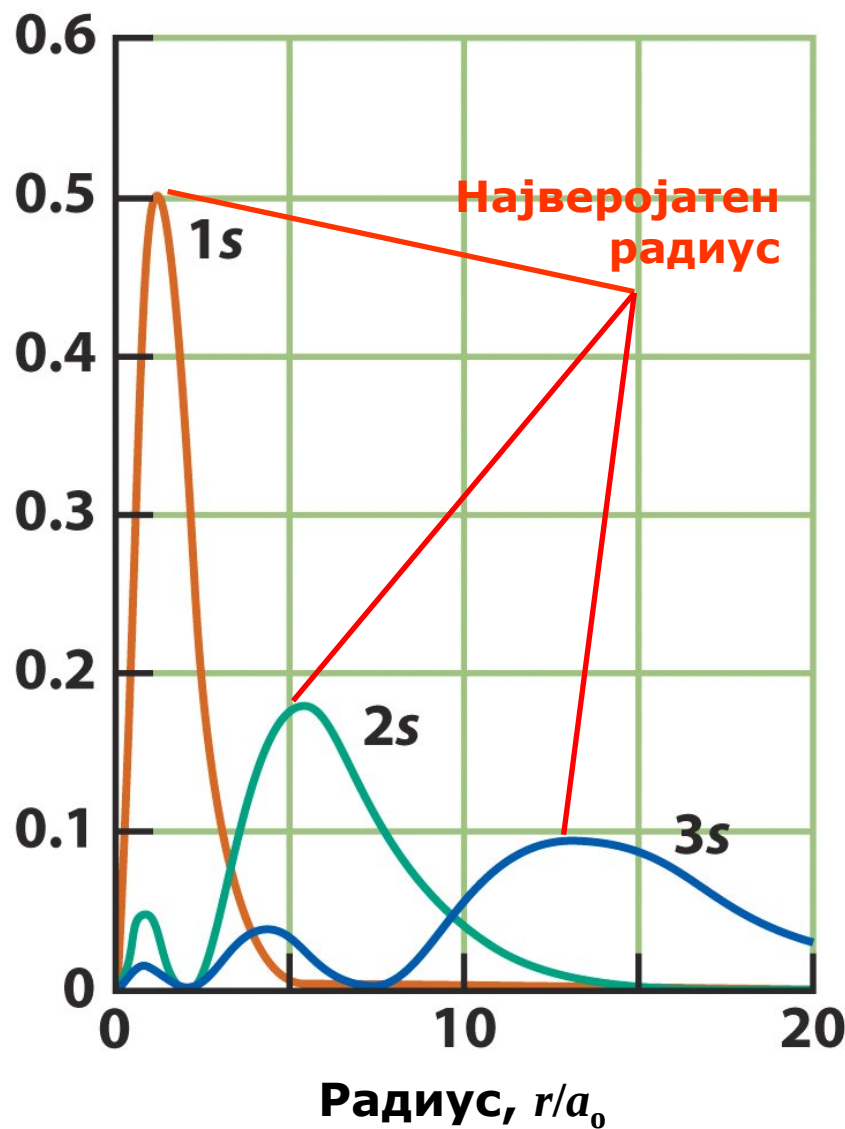
веројатност за наоѓање на електронот во тенок слој со радиус r и дебелина δr .

✓ $\psi^2(r, \theta, \varphi) \delta V$

веројатност за наоѓање на електронот во мал волумен δV околу точка чија положба е определена со координатите r , θ и φ .

Радијална функција на распределба, $P(r)$

Радијална функција на распределба, $4\pi r^2 \psi^2 a_0$



$$P(r) = r^2 \frac{\psi^2(r, \theta, \varphi)}{Y^2(\theta, \varphi)}$$

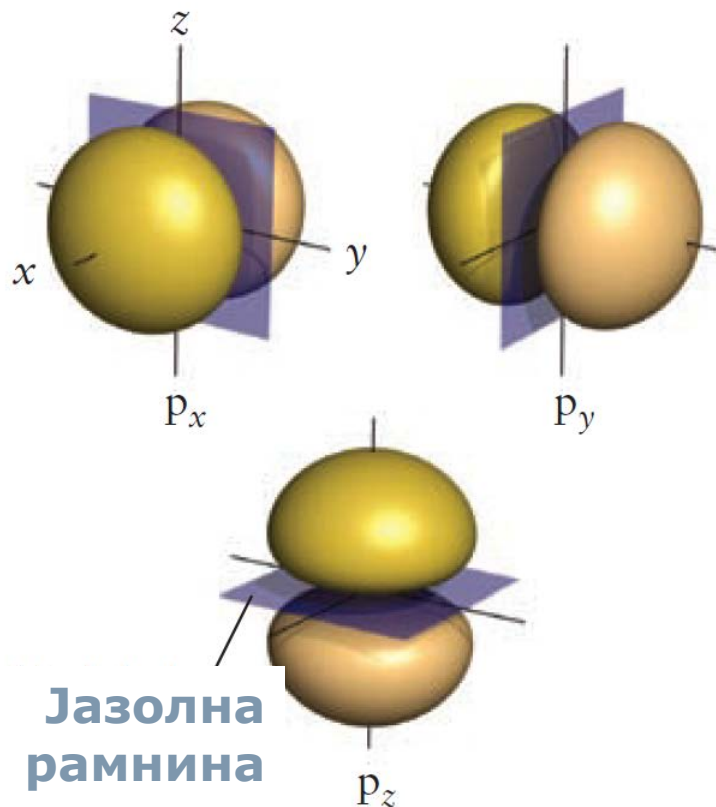
1s орбитала: $Y(\theta, \varphi) = \left(\frac{1}{4\pi} \right)^{1/2}$

$$P(r) = r^2 \frac{\psi^2(r, \theta, \varphi)}{\left(\frac{1}{4\pi} \right)^{1/2 \cdot 2}}$$

$$P(r) = 4\pi r^2 \psi^2(r, \theta, \varphi)$$

Најверојатниот радиус се зголемува како што се зголемува n .

p - орбитали



**Гранични површини
на p-орбиталите**

$$\psi_{n,l,m_l}$$

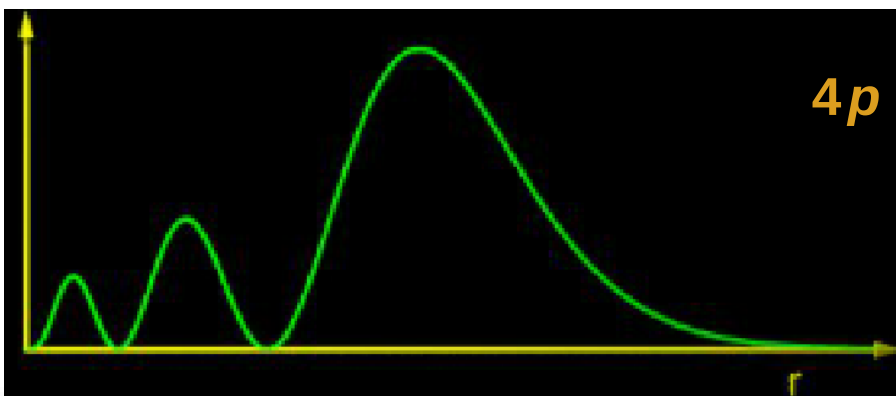
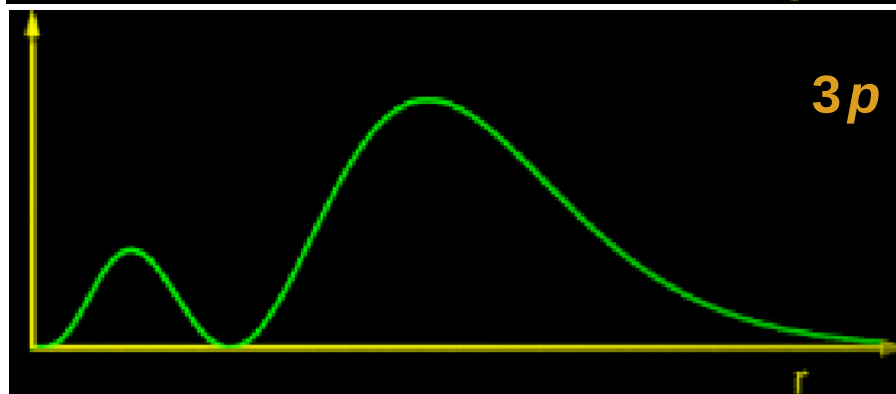
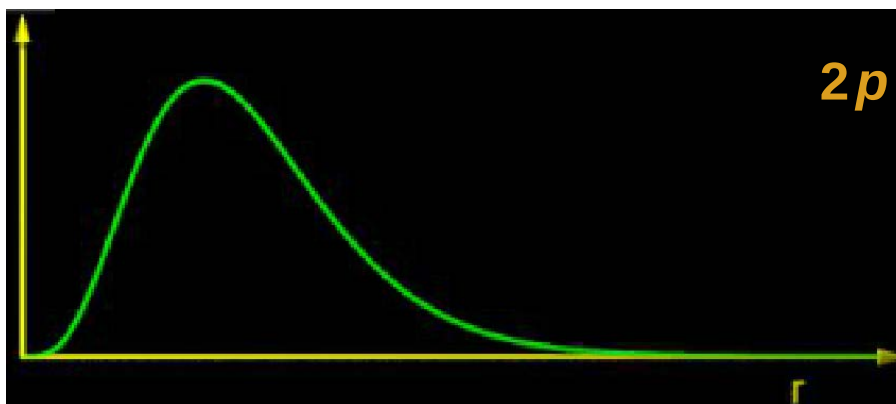
$$n = 2, 3, \dots$$

$$l = 1$$

$$m_l = -1, 0, +1$$

**ОРБИТАЛА СО
ОРБИТАЛЕН КВАНТЕН
БРОЈ l ИМА l ЈАЗОЛНИ
РАМНИНИ.**

Радијална функција на распределба



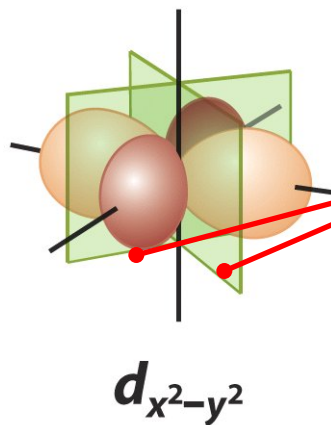
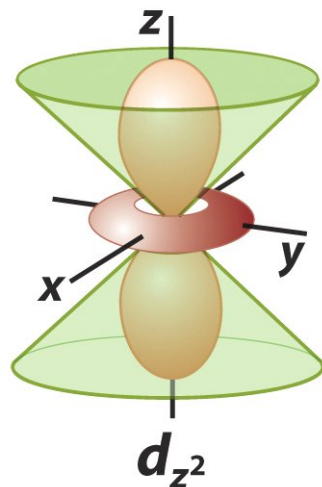
d - орбитали

$$n = 3, 4, \dots$$

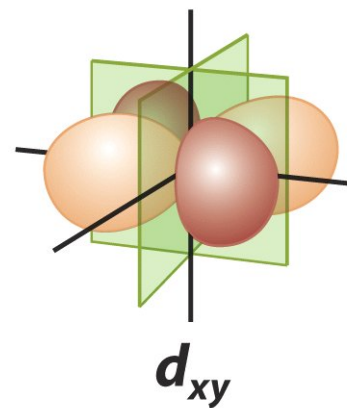
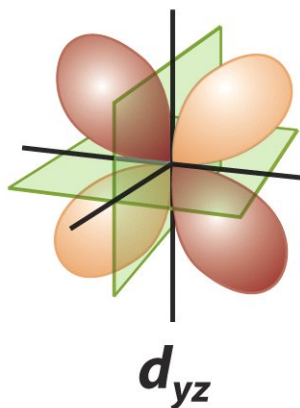
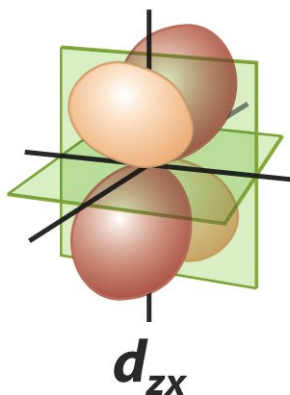
$$\psi_{n,l,m_l}$$

$$l = 2$$

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



Јазолни рамнини



Гранични површини на d-орбиталите

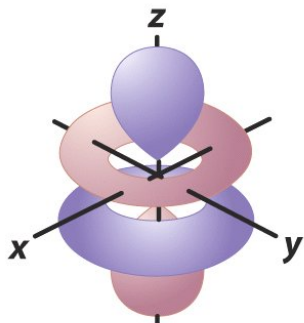
f - орбитали

$$\psi_{n,l,m_l}$$

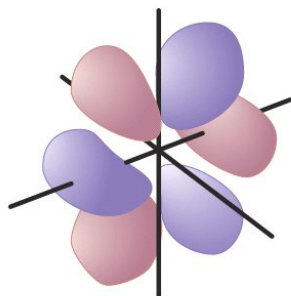
$$n = 4, 5, \dots$$

$$l = 3$$

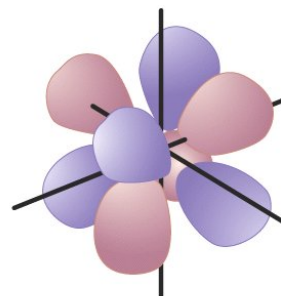
$$m_l = -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3$$



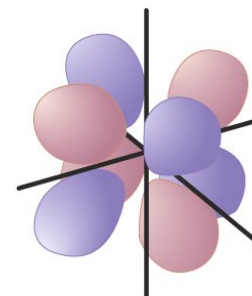
$$5z^3 - 3zr^2$$



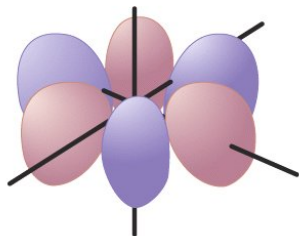
$$5xz^2 - xr^2$$



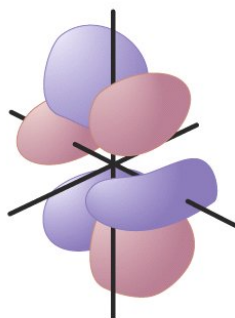
$$zx^2 - zy^2$$



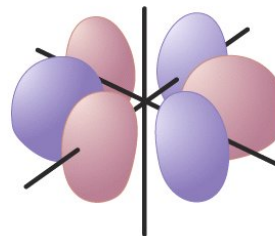
$$xyz$$



$$y^3 - 3yx^2$$



$$5yz^2 - yr^2$$



$$x^3 - 3xy^2$$

Гранични површини на f-орбиталите

Дозвољени орбитали

Дозвољени подслојеви

4f	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3
4d	+2	+1	0	-1	-2		
4p	+1	0	-1				
4s	0						

2 електрони
во орбитала

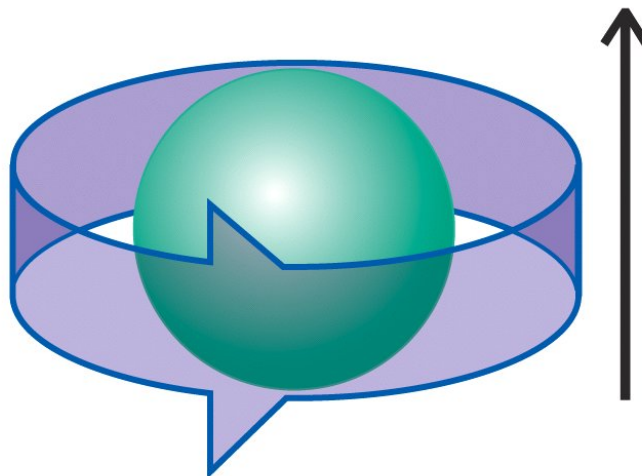
Максимум 32
електрони
во слојот со
 $n = 4$

16

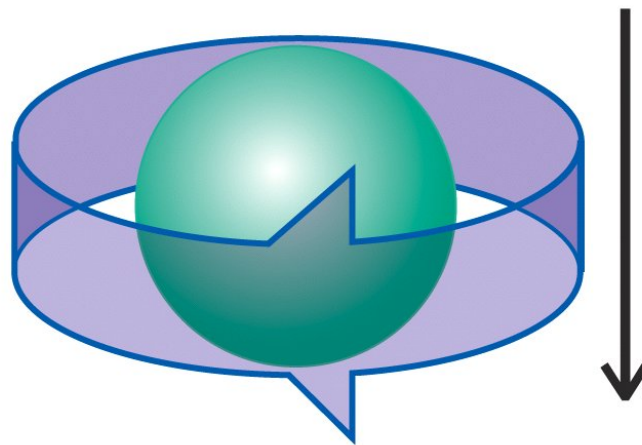
Спински состојби на електронот

Спинскиот квантен број (m_s) има две можни вредности:

$$m_s = +\frac{1}{2}$$



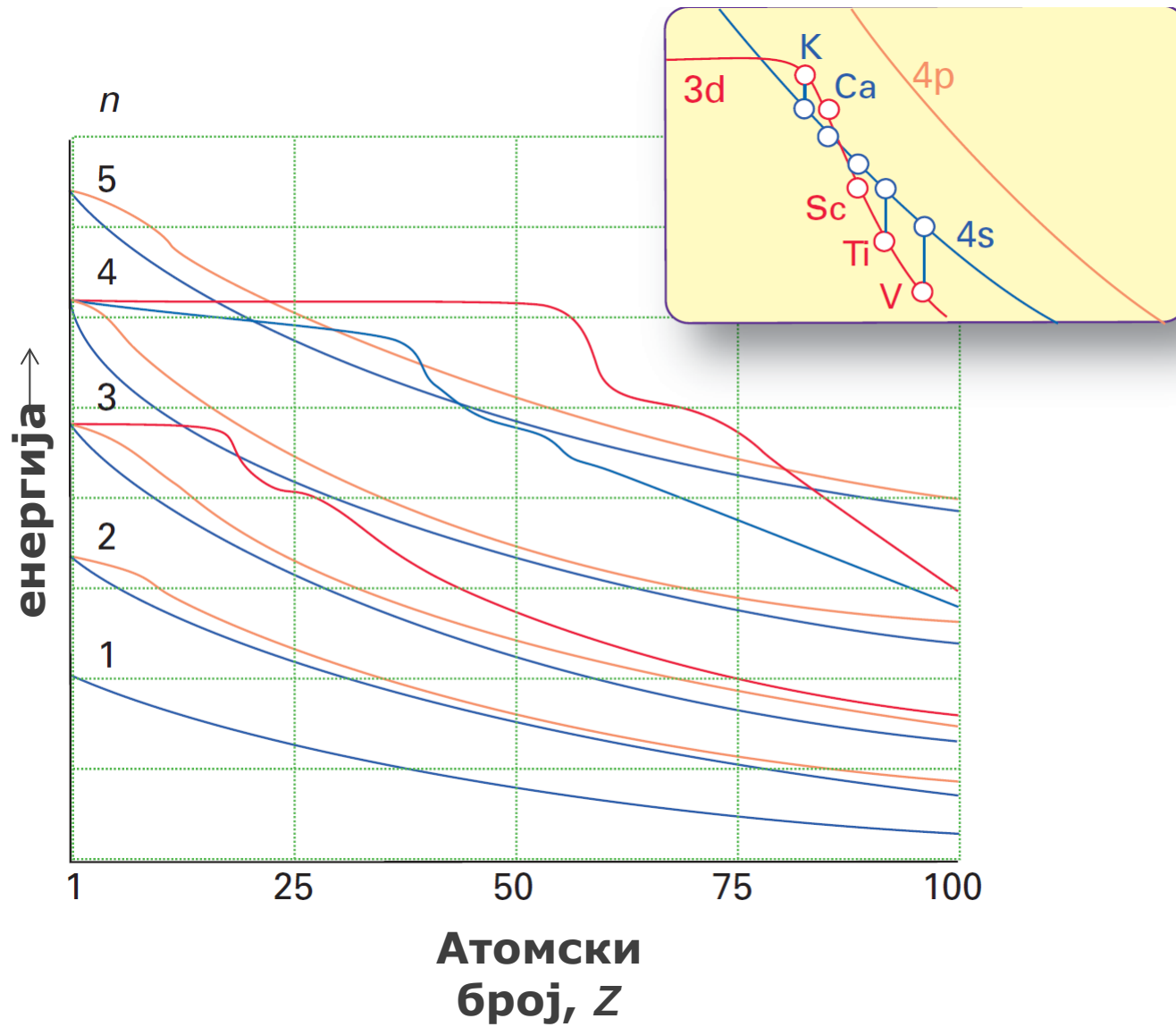
$$m_s = -\frac{1}{2}$$



Енергии на орбиталите кај повеќеелектронски атом

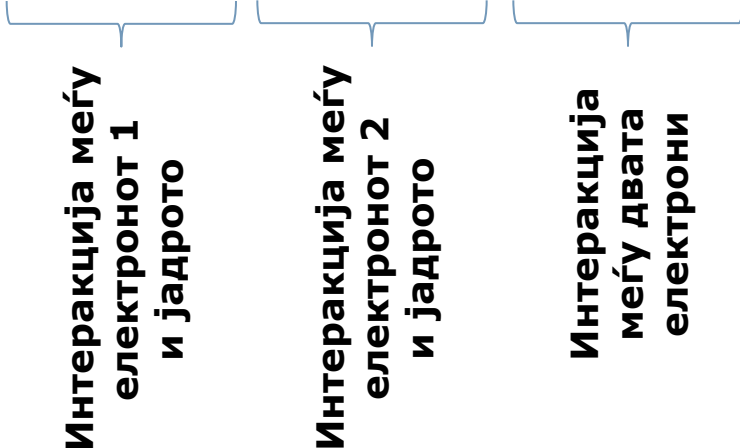


При $Z > 20$, 4s орбиталите
имаат поголеми енергии од
3d орбиталите.



Атом на хелиум:

$$V = -\frac{2e^2}{4\pi\epsilon_0 r_1} - \frac{2e^2}{4\pi\epsilon_0 r_2} + \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_{12}}$$



Интеракција меѓу
електронот 1
и јадрото

Интеракција меѓу
електронот 2
и јадрото

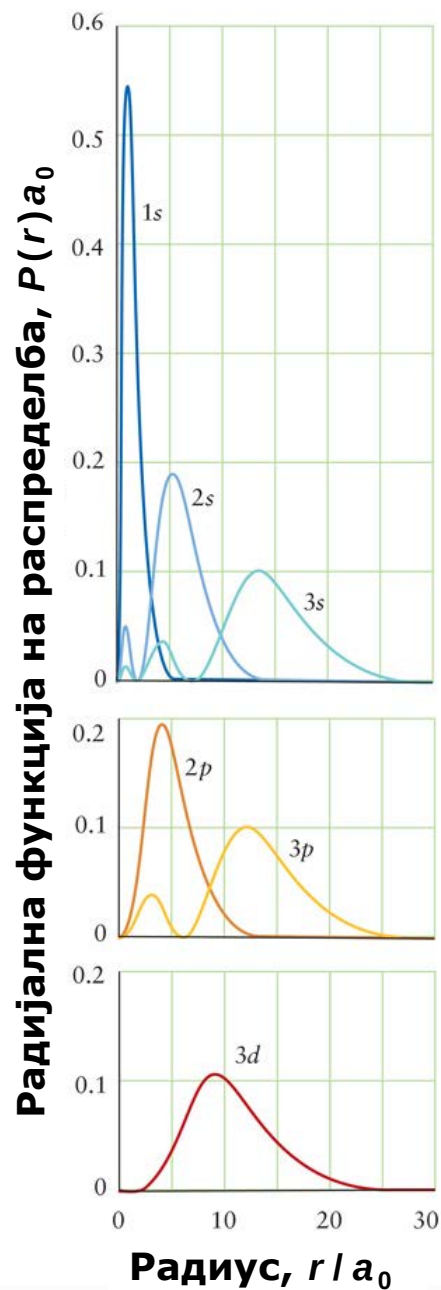
Интеракција
меѓу двата
електрони

Ефективен полнеж на јадрото

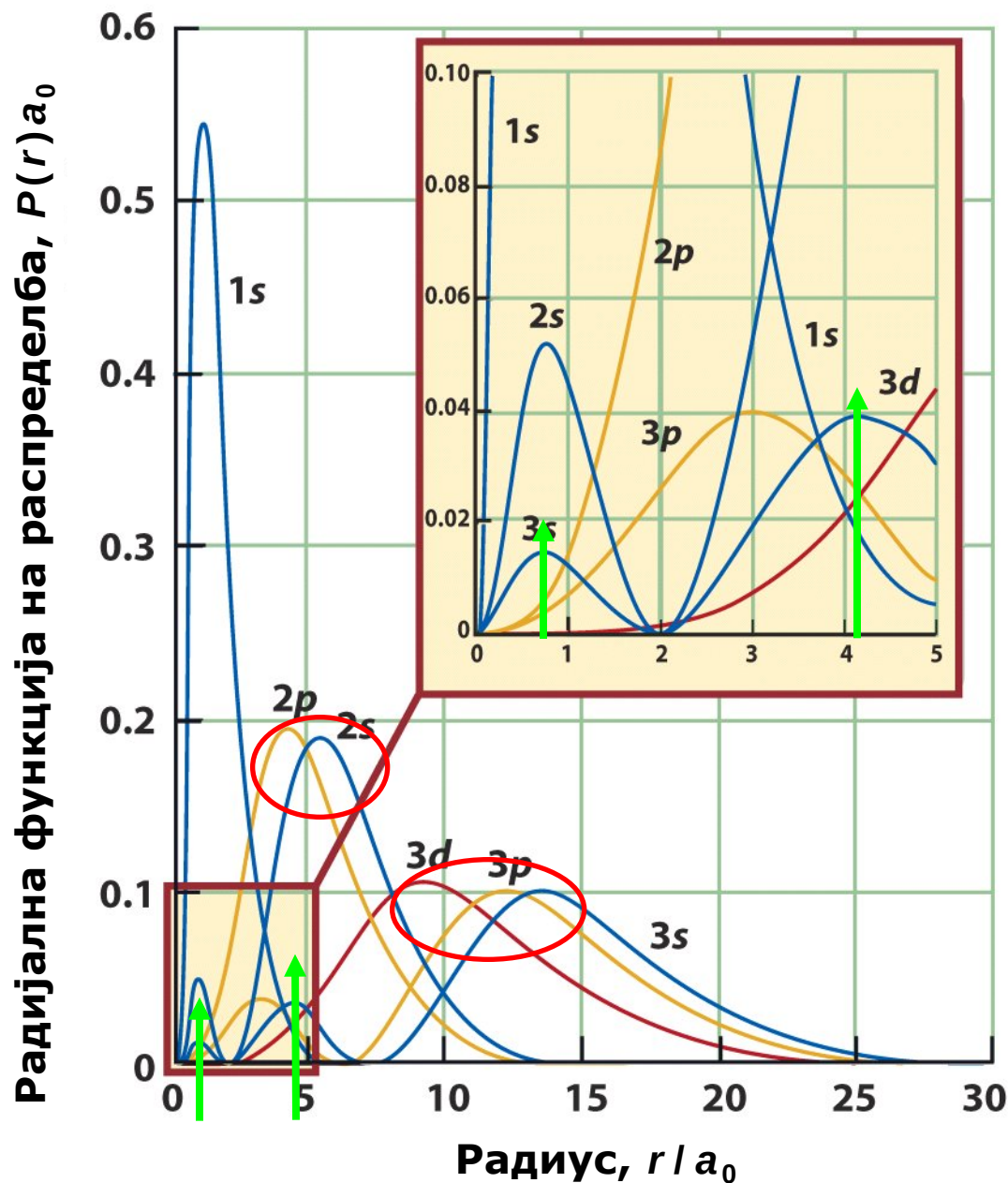
$$Z_{\text{eff}} = Z - \sigma \leftarrow \text{Константа на екранирање}$$

$$E_n = -\frac{Z_{\text{eff}}^2 hR}{n^2}$$

Апроксимативен израз !



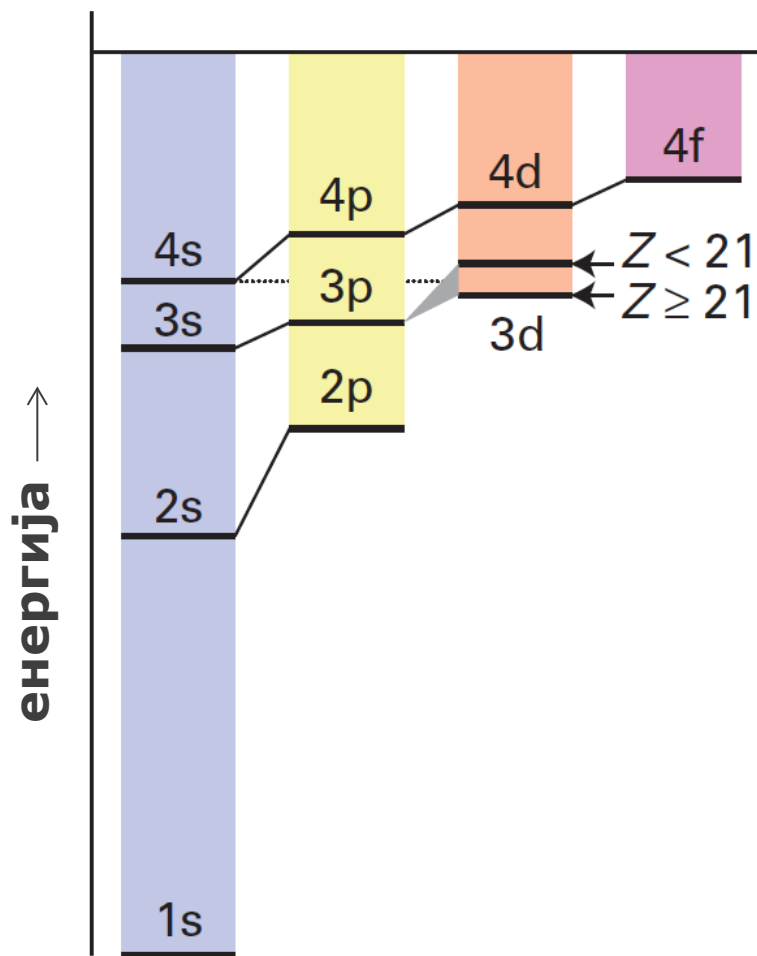
Максимумот на радијалната функција на распределба се поместува кон поголеми растојанија како што се зголемува n .



Максимумите на радијалната функција на распределба за орбиталите од еден ист слој се поблиску.

Веројатноста за наоѓање на 3s-електронот, во споредба со 3p- и 3d-електроните, е поголема во близина на јадрото како резултат на придонесот на пиковите лоцирани во близина на јадрото.

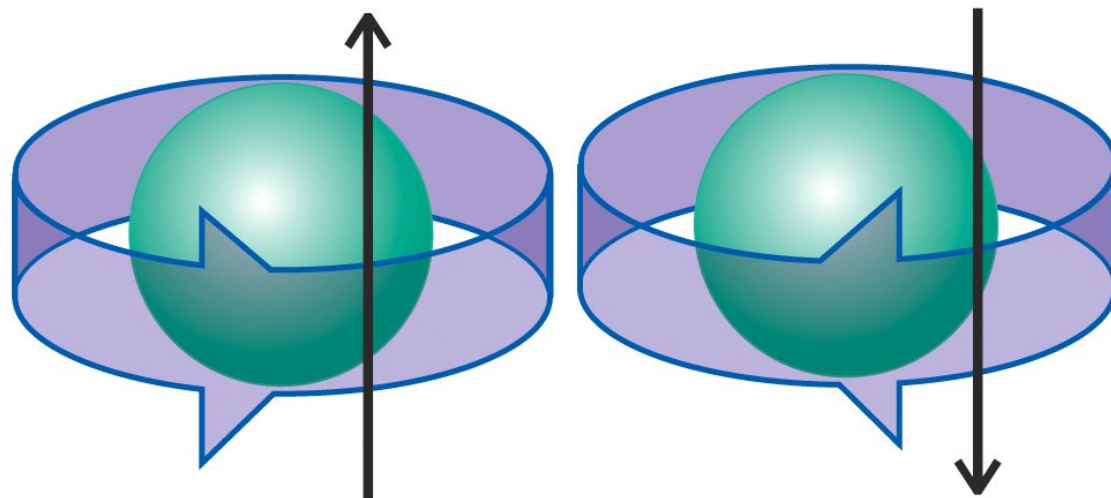
Релативните енергии на слоевите, подслоевите и орбиталите кај полиелектронски атом:



Кај повеќеелектронски атом, заради ефектите на ПРОДИРАЊЕ и ЕКРАНИРАЊЕ, редоследот на енергиите на орбиталите е: $ns < np < nd < nf$.

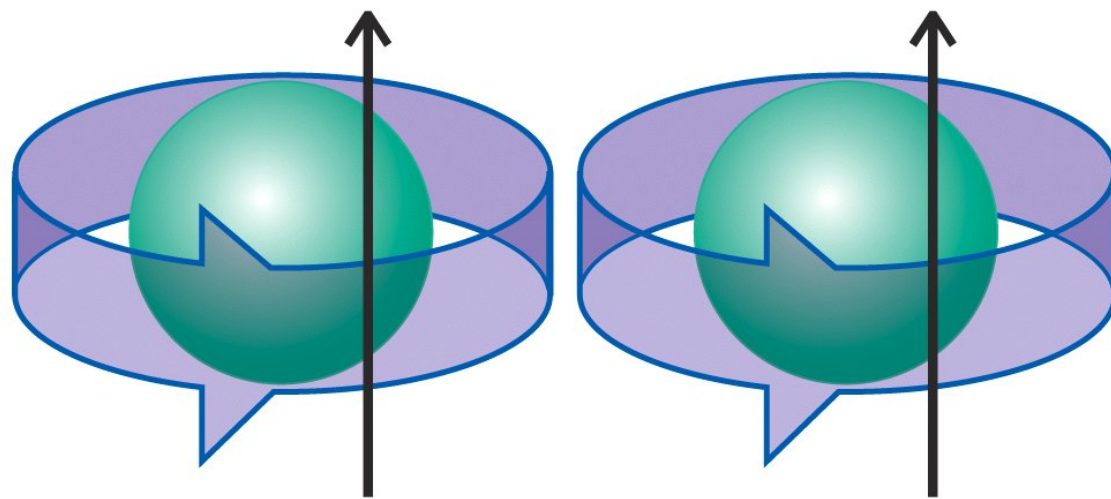
Спарени спинови

Помала енергија



Паралелни спинови

Поголема енергија



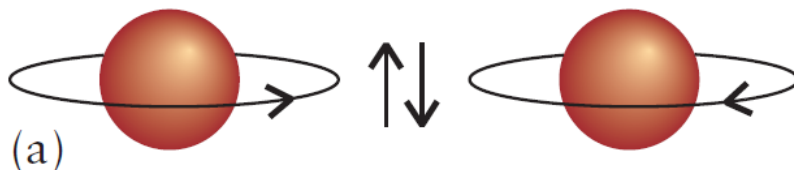


Електронска конфигурација на атомите

The building-up principle (Aufbau principle)

- 1) Пополнувањето на атомските орбитали се врши според растечкиот тренд на нивните енергии имајќи го предвид **ПРИНЦИПОТ НА ПАУЛИ**:

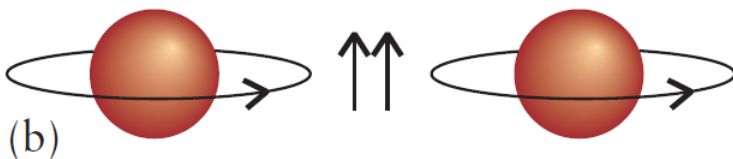
Максималниот број на електрони во една атомска орбитала е 2. Ако орбиталата содржи два електрони тогаш нивните спинови мора да се спарени.



**СПАРЕНИ
СПИНОВИ**

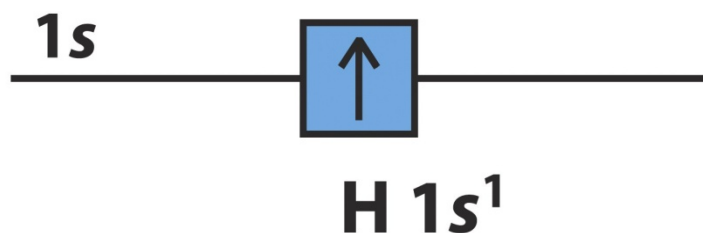
- 2) Кога подслојот содржи повеќе орбитали (т.е. орбитали со иста енергија) пополнувањето со електрони се врши во согласност со **ХУНДОВОТО ПРАВИЛО**:

Електроните ги пополнуваат пооделните орбитали (послаби одбивни интеракции меѓу електроните) и притоа нивните спинови треба да се паралелни (спинска корелација).

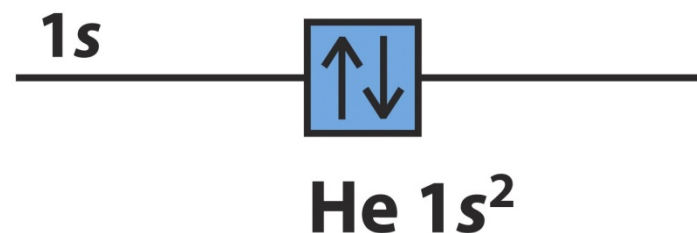


**ПАРАЛЕЛНИ
СПИНОВИ**

Електронски конфигурации: H и He

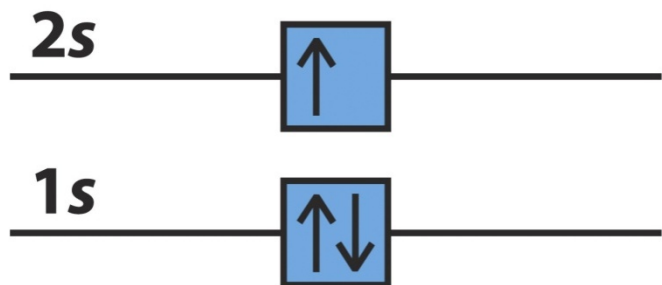


1s електрон (n, l, m_l, m_s)
• 1, 0, 0, (+ ½ or - ½)



1s електрони (n, l, m_l, m_s)
• 1, 0, 0, + ½
• 1, 0, 0, - ½

Електронски конфигурации: Li и Be



Li $1s^2 2s^1$, [He] $2s^1$

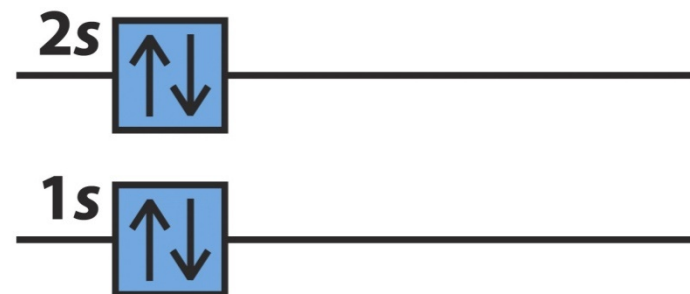
1s електрони (n, l, m_l, m_s)

- 1, 0, 0, + $\frac{1}{2}$
- 1, 0, 0, - $\frac{1}{2}$

2s електрон*

- 2, 0, 0, + $\frac{1}{2}$

*** една можност**



Be $1s^2 2s^2$, [He] $2s^2$

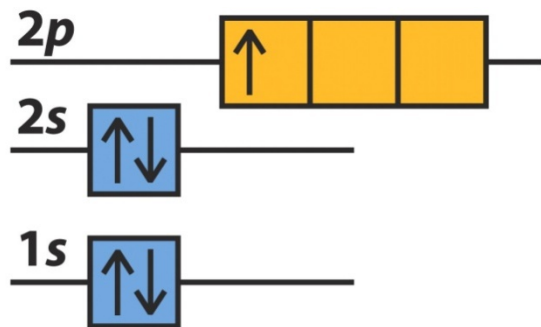
1s електрони (n, l, m_l, m_s)

- 1, 0, 0, + $\frac{1}{2}$
- 1, 0, 0, - $\frac{1}{2}$

2s електрони

- 2, 0, 0, + $\frac{1}{2}$
- 2, 0, 0, - $\frac{1}{2}$

Електронски конфигурации: В и С



В $1s^2 2s^2 2p^1$, [He] $2s^2 2p^1$

1s електрони (n, l, m_l, m_s)

- 1, 0, 0, + $\frac{1}{2}$
- 1, 0, 0, - $\frac{1}{2}$

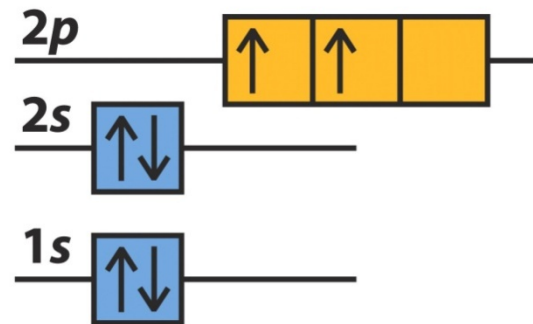
2s електрони

- 2, 0, 0, + $\frac{1}{2}$
- 2, 0, 0, - $\frac{1}{2}$

2p електрон *

- 2, 1, +1, + $\frac{1}{2}$

* една можност



С $1s^2 2s^2 2p^2$, [He] $2s^2 2p^2$

1s електрони (n, l, m_l, m_s)

- 1, 0, 0, + $\frac{1}{2}$
- 1, 0, 0, - $\frac{1}{2}$

2s електрони

- 2, 0, 0, + $\frac{1}{2}$
- 2, 0, 0, - $\frac{1}{2}$

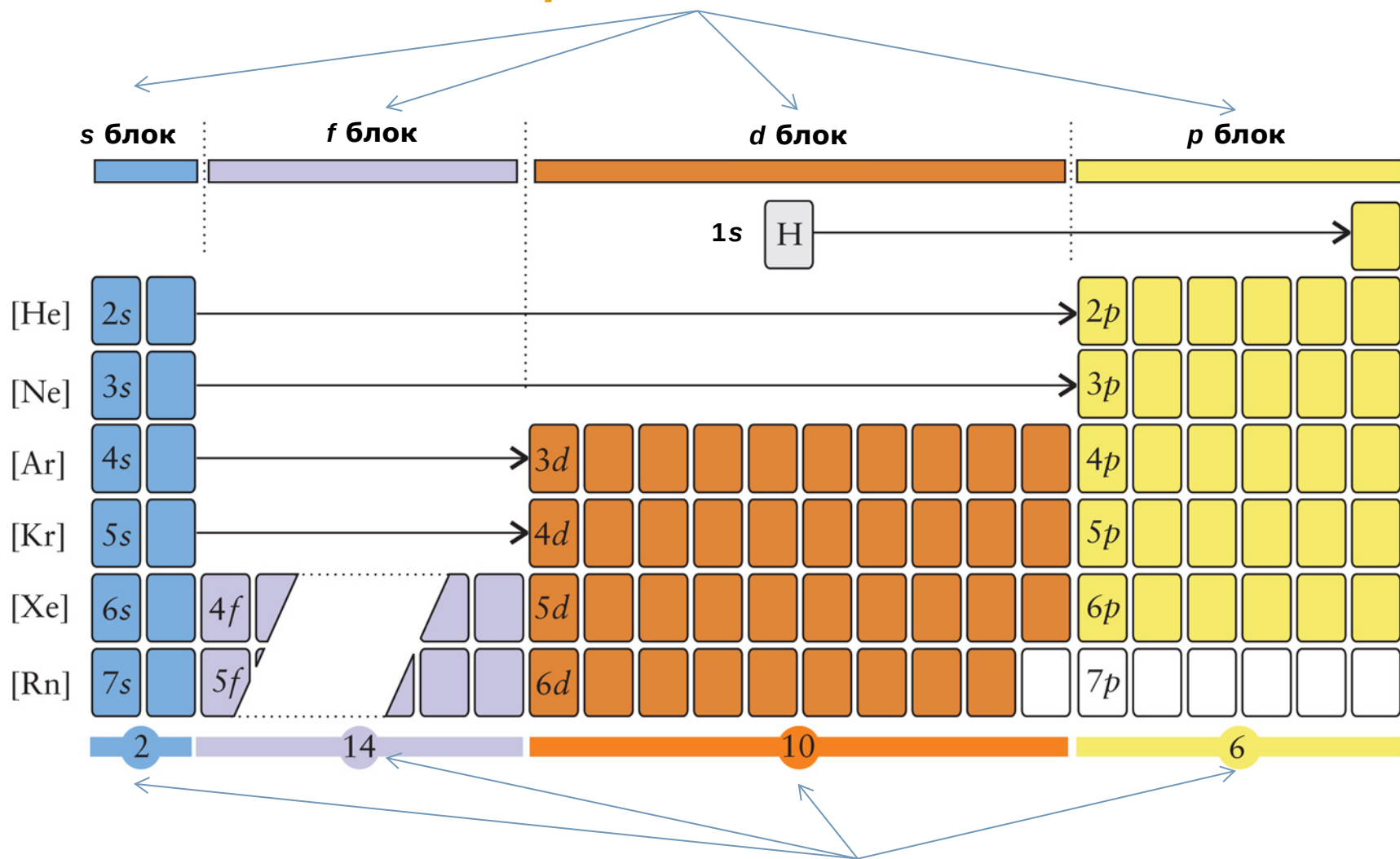
2p електрони *

- 2, 1, +1, + $\frac{1}{2}$
- 2, 1, 0, + $\frac{1}{2}$

* една можност

Редослед на пополнување на орбиталите

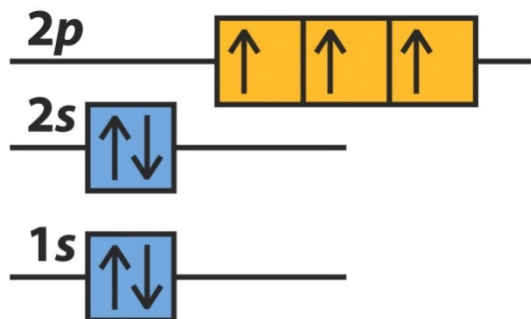
пополнување на подслоевите



**Периодниот систем
директна последица на**

**периодичните промени
во електронската структура на
атомите.**

Електронски конфигурации: N и O



N $1s^2 2s^2 2p^3$, [He] $2s^2 2p^3$

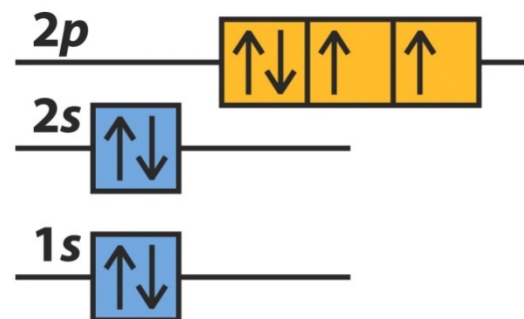
Внатрешниот електронски слој
има електронска конфигурација
на атом на He (n, l, m_l, m_s)

- 1, 0, 0, + $\frac{1}{2}$
- 1, 0, 0, - $\frac{1}{2}$
- 2, 0, 0, + $\frac{1}{2}$
- 2, 0, 0, - $\frac{1}{2}$

2p електрони

- 2, 1, +1, + $\frac{1}{2}$
- 2, 1, 0, + $\frac{1}{2}$
- 2, 1, -1, + $\frac{1}{2}$

* една можност



O $1s^2 2s^2 2p^4$, [He] $2s^2 2p^4$

Внатрешниот електронски слој
има електронска конфигурација
на атом на He (n, l, m_l, m_s)

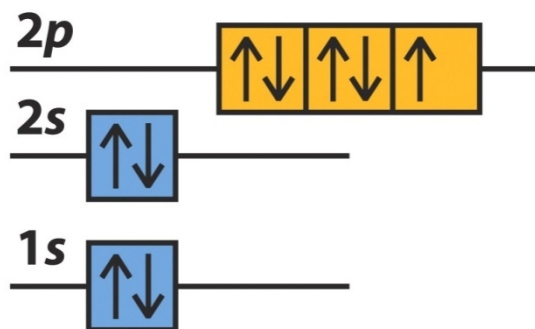
- 1, 0, 0, + $\frac{1}{2}$
- 1, 0, 0, - $\frac{1}{2}$
- 2, 0, 0, + $\frac{1}{2}$
- 2, 0, 0, - $\frac{1}{2}$

2p електрони *

- 2, 1, +1, + $\frac{1}{2}$
- 2, 1, +1, - $\frac{1}{2}$
- 2, 1, 0, + $\frac{1}{2}$
- 2, 1, -1, + $\frac{1}{2}$

* една можност

Електронски конфигурации: F и Ne



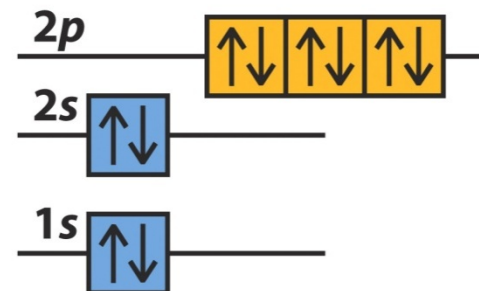
F $1s^2 2s^2 2p^5$, [He] $2s^2 2p^5$

Внатрешниот електронски слој има електронска конфигурација на атом на He (n, l, m_l, m_s)

2p електрони*

- 2, 1, **+1**, $+\frac{1}{2}$
- 2, 1, **+1**, $-\frac{1}{2}$
- 2, 1, **0**, $+\frac{1}{2}$
- 2, 1, **0**, $-\frac{1}{2}$
- 2, 1, **-1**, $+\frac{1}{2}$

* една можност



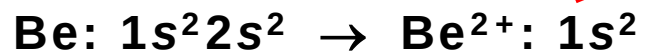
Ne $1s^2 2s^2 2p^6$, [He] $2s^2 2p^6$

Внатрешниот електронски слој има електронска конфигурација на атом на He (n, l, m_l, m_s)

2p електрони

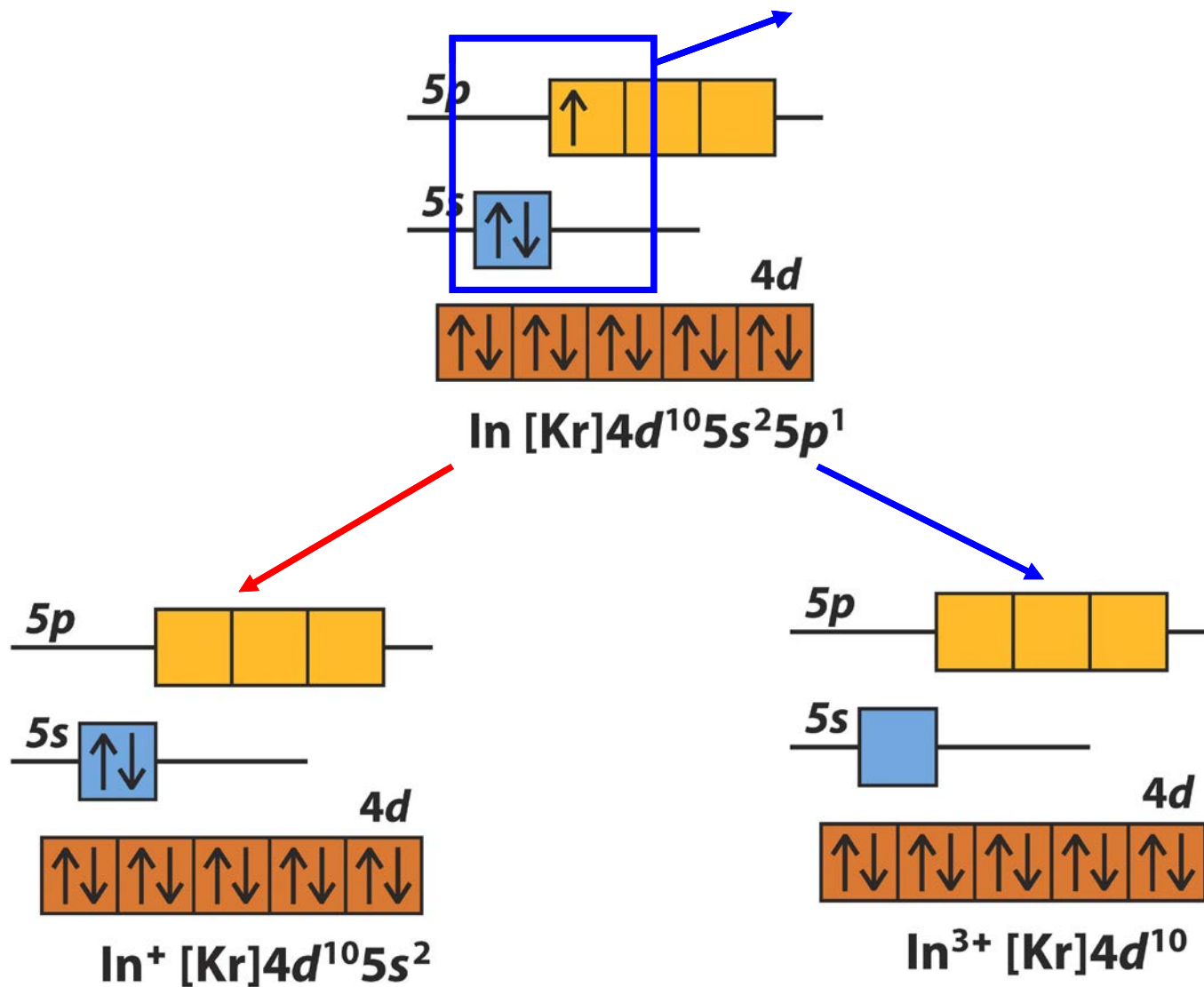
- 2, 1, +1, $+\frac{1}{2}$
- 2, 1, +1, $-\frac{1}{2}$
- 2, 1, 0, $+\frac{1}{2}$
- 2, 1, 0, $-\frac{1}{2}$
- 2, 1, -1, $+\frac{1}{2}$
- 2, 1, -1, $-\frac{1}{2}$

Електронска конфигурација на катјони



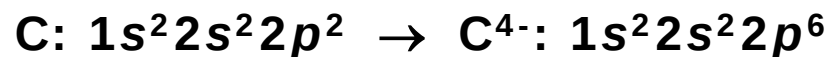
Атомите на металите, кога образуваат катјони, ги оддаваат своите валентни *s*- и *p* - електрони и постигнуваат електронска конфигурација на атомот на претходниот инертен гас.

	1	2	13/III	14/IV	
He	Li	Be	B		2
Ne	Na	Mg	Al		3
Ar	K	Ca	Ga		4
Kr	Rb	Sr	In	Sn	5
Xe	Cs	Ba	Tl	Pb	6
Rn	Fr	Ra			7

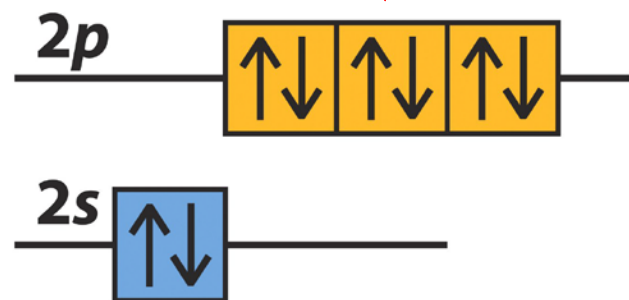
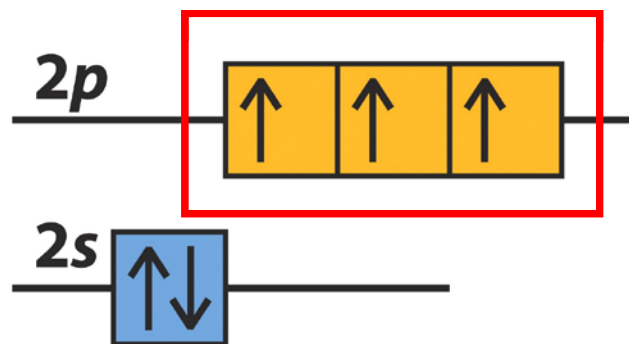


Електронска конфигурација на анјони

Атомите на неметалите, кога образуваат анјони, примаат електрони и постигнуваат електронска конфигурација на атомот на следниот инртен гас.



	H				18/VIII	
					He	1
	14/IV	15/V	16/VI	17/VII		
	C	N	O	F	Ne	2
	Si	P	S	Cl	Ar	3
	Ge	As	Se	Br	Kr	4
		Sb	Te	I	Xe	5
		Bi	Po	At	Rn	6



Електронска конфигурација на атомите и јоните кои тие ги образуваат

Атом	Конфигурација	Јон	Конфигурација
Li	$[\text{He}]2s^1$	Li^+	$[\text{He}] (1s^2)$
Be	$[\text{He}]2s^2$	Be^{2+}	$[\text{He}]$
Na	$[\text{Ne}]3s^1$	Na^+	$[\text{Ne}] ([\text{He}]2s^22p^6)$
Mg	$[\text{Ne}]3s^2$	Mg^{2+}	$[\text{Ne}]$
Al	$[\text{Ne}]3s^23p^1$	Al^{3+}	$[\text{Ne}]$
N	$[\text{He}]2s^22p^3$	N^{3-}	$[\text{Ne}] ([\text{He}]2s^22p^6)$
O	$[\text{He}]2s^22p^4$	O^{2-}	$[\text{Ne}]$
F	$[\text{He}]2s^22p^5$	F^-	$[\text{Ne}]$
S	$[\text{Ne}]3s^23p^4$	S^{2-}	$[\text{Ar}] ([\text{Ne}]3s^23p^6)$
Cl	$[\text{Ne}]3s^23p^5$	Cl^-	$[\text{Ar}]$

Електронски конфигурации: отстапки

3d-СЕРИЈА:

Sc [Ar]3d¹4s²

Ti [Ar]3d²4s²

V [Ar]3d³4s²

Cr [Ar]3d⁵4s¹

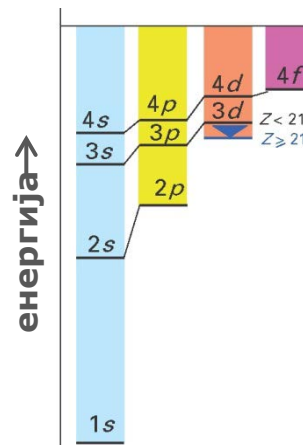
Mn [Ar]3d⁵4s²

Fe [Ar]3d⁶4s²

Co [Ar]3d⁷4s²

Ni [Ar]3d⁸4s²

Cu [Ar]3d¹⁰4s¹



~~Pd [Kr]4d⁸5s²~~

Pd [Kr]4d¹⁰5s⁰

~~Gd [Xe]4f⁸6s²~~

Gd [Xe]4f⁷5d¹6s²

СПИНСКА
КОРЕЛАЦИЈА

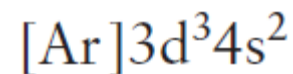
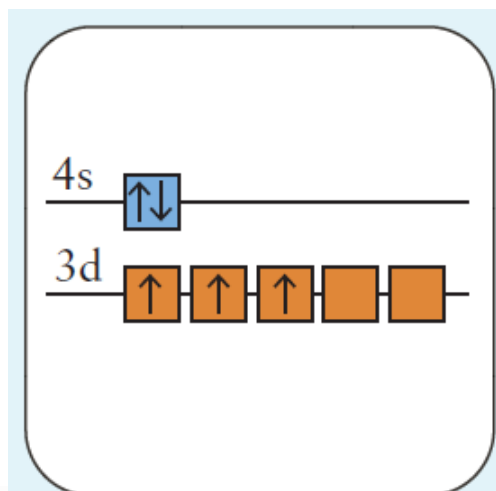
Задача:

Да се претскаже електронската конфигурација на атом на: а) V во основната состојба?

- ❑ **ПРЕТПОСТАВКА** Бидејќи ванадиумот припаѓа на d-блокот се очекува дека неговите атоми ќе имаат делумно пополнети d-орбители.
- ❑ **РЕШЕНИЕ** Ванадиумот припаѓа на 4тата периода и 5тата група. Внатрешните слоеви на атомот на ванадиум имаат електронска конфигурација на аргон. Во валентниот слој се присутни 5 електрони.

Diagram showing the periodic table fragment for the transition metals (d-block). The elements are arranged in a grid with their electron configurations:

Ar	2	3	4	5
K	Ca	Sc	Ti	V
s^1	s^2	d^1s^2	d^2s^2	d^3s^2



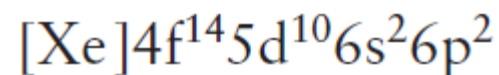
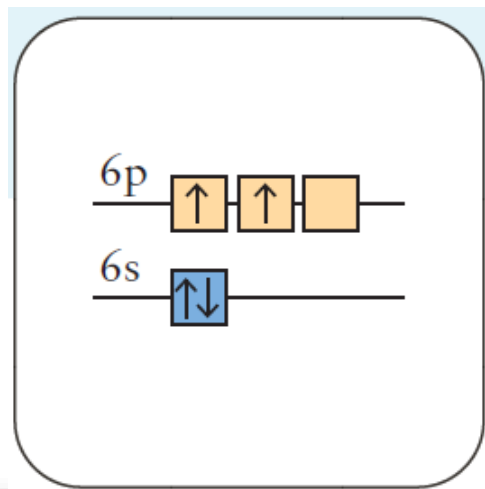
Задача:

Да се претскаже електронската конфигурација на атом на:

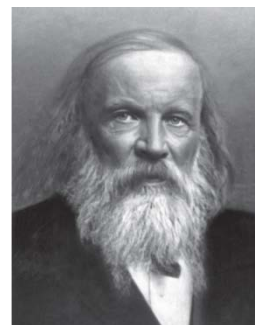
б) Pb во основната состојба?

- ❑ **ПРЕТПОСТАВКА** Бидејќи оловото припаѓа на групата на јаглород се очекува дека електронската конфигурација на валентниот слој е $ns^2 np^2$.
- ❑ **РЕШЕНИЕ** Оловото припаѓа на 6^{тата} периода и 14тата група. Внатрешните слоеви на атомот на ванадиум имаат електронска конфигурација на ксенон со комплено пополнети 4f и 5d потслоеви. Во валентниот слој се присутни 4 електрони.

	C			
	Si			
	Ge			
	Sn			
	Pb			



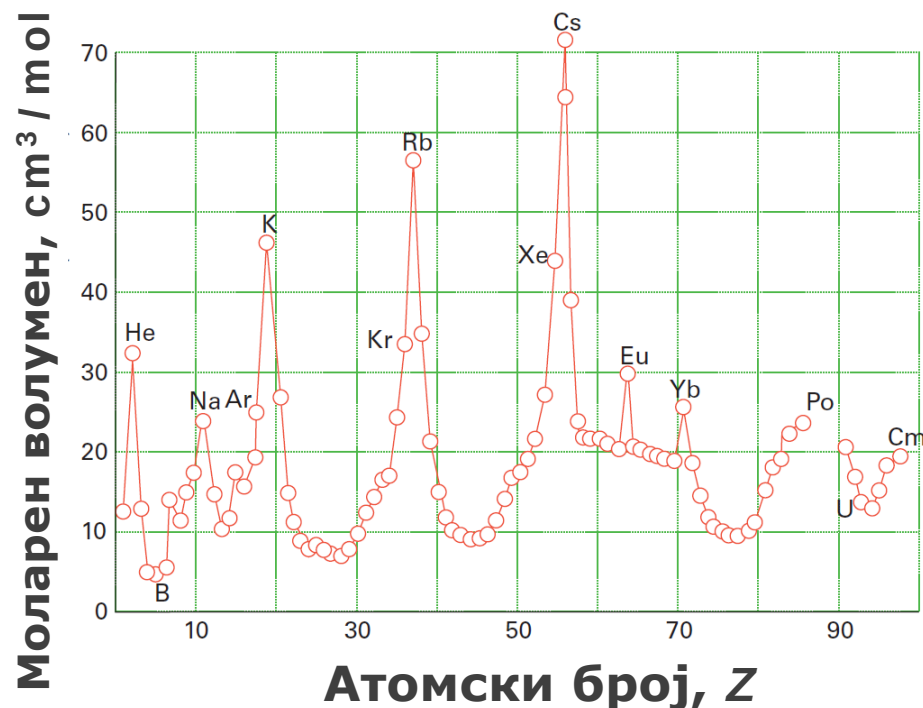
Mendeleev и Meyer, независно еден од друг, ги подредиле елементите според нивната атомска маса и забележале дека доаѓа до периодично повторување на нивните својства (хемиски – Mendeleev и физички – Meyer)



Dmitri Mendeleev
(1834-1907)



Lothar Meyer
(1830-1895)



Mendeleev ги предвидел својствата на неколку елементи кои се уште не биле откриени.

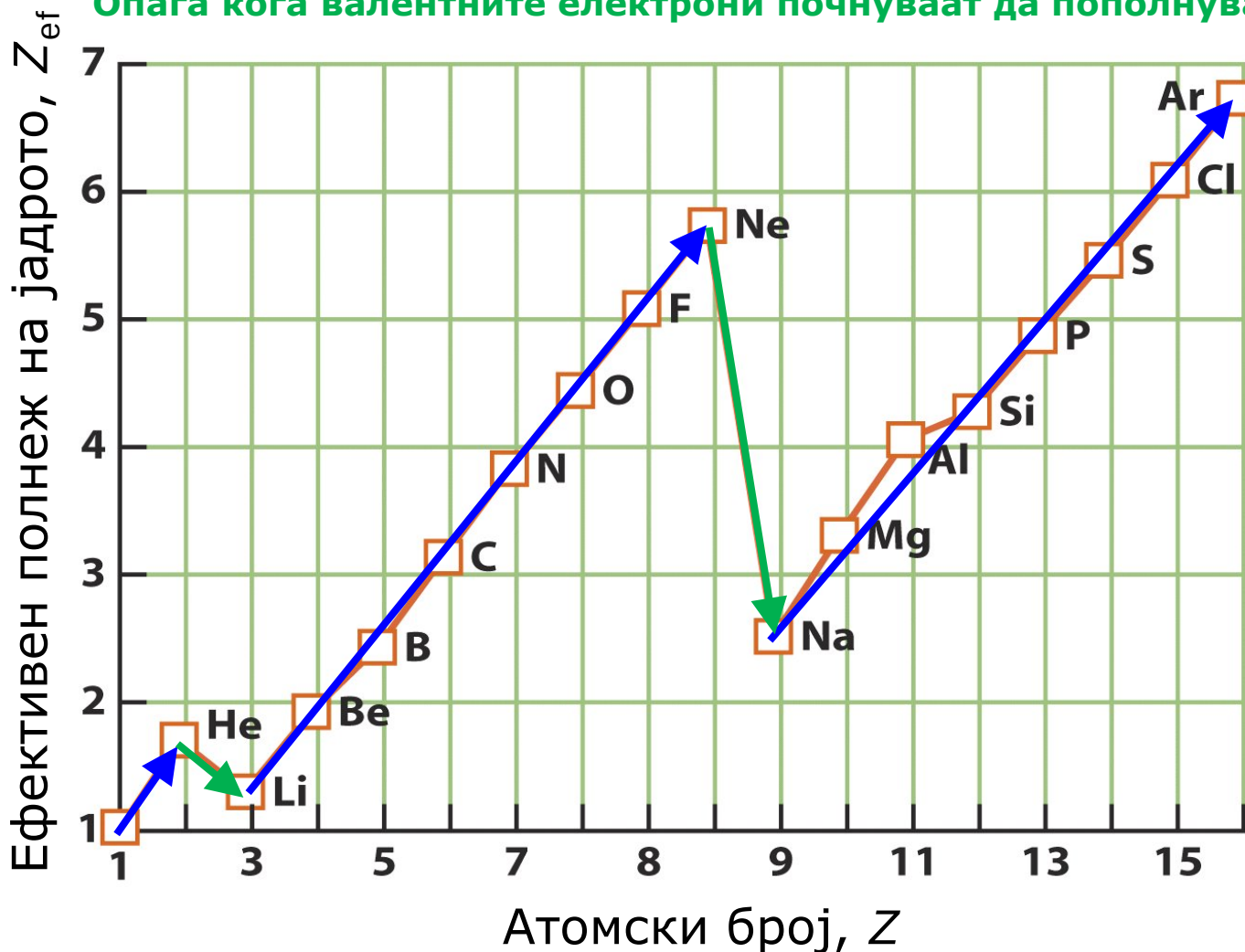


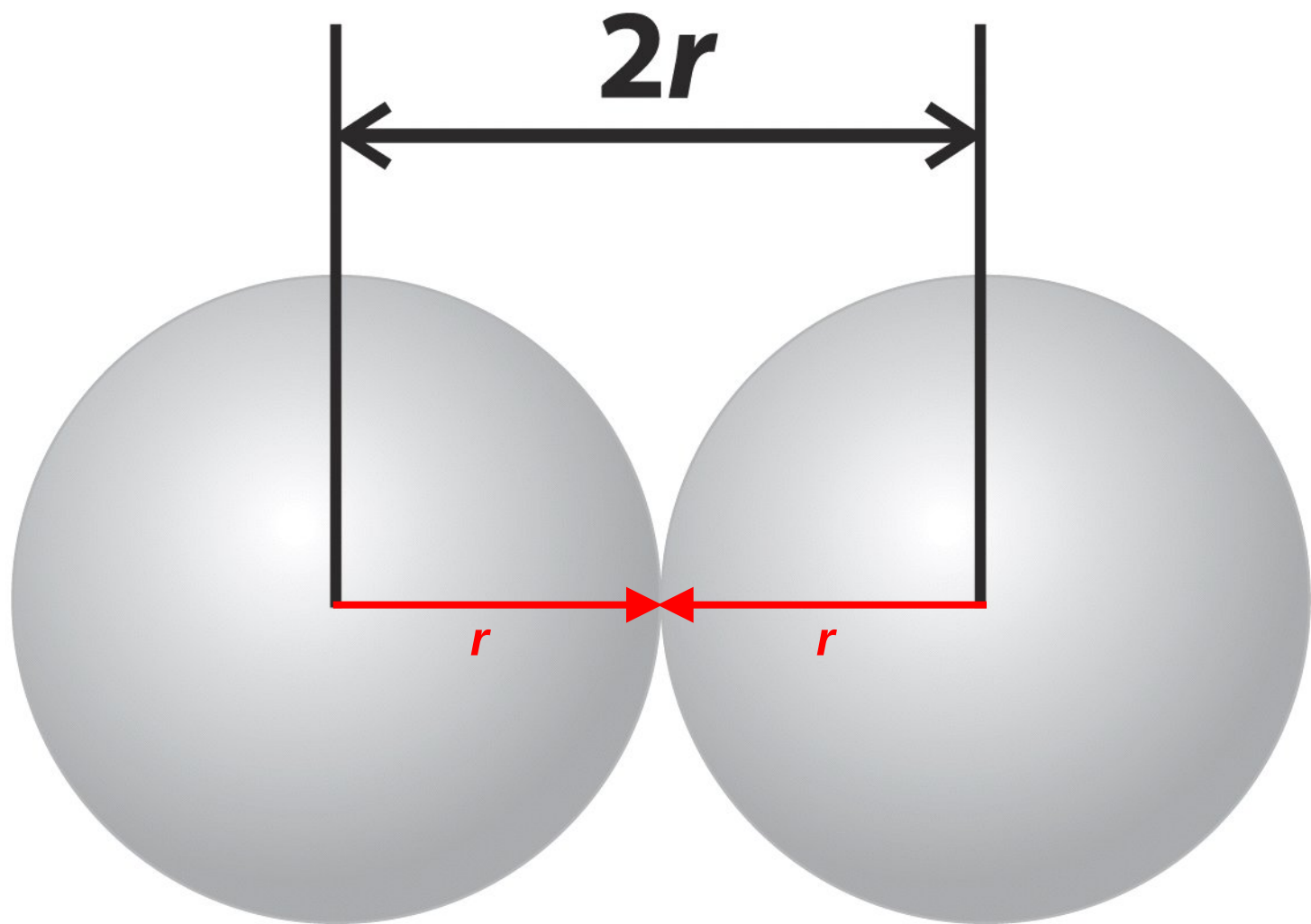
Периодични својства на елементите

Ефективен полнеж на јадрото

Расте долж периодата

Опаѓа кога валентните електрони почнуваат да пополнуваат нов слој

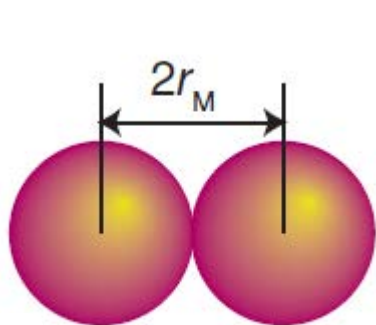




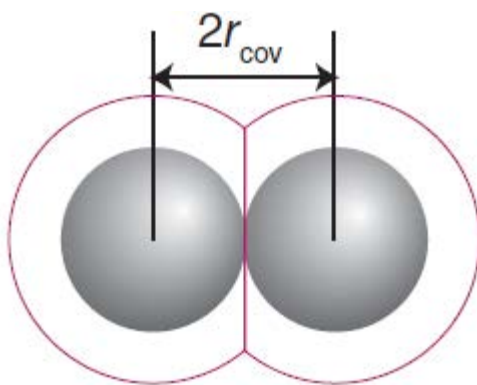
Атомски радиус

Атомски и јонски радиус

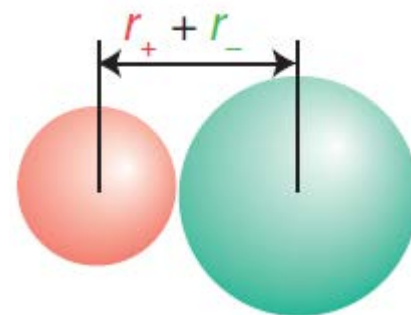
- Атомот нема точно определен радиус!
- Со зголемување на растојанието од јадрото, електронската густина опаѓа експоненцијално (но нагло)!
- Димензиите на атомите со поголем број електрони се поголеми во споредба со оние кои имаат само неколку електрони!
- Овие размислувања водат кон дефиниции за атомски радиус темелени на емпириски разгледувања.



метален радиус



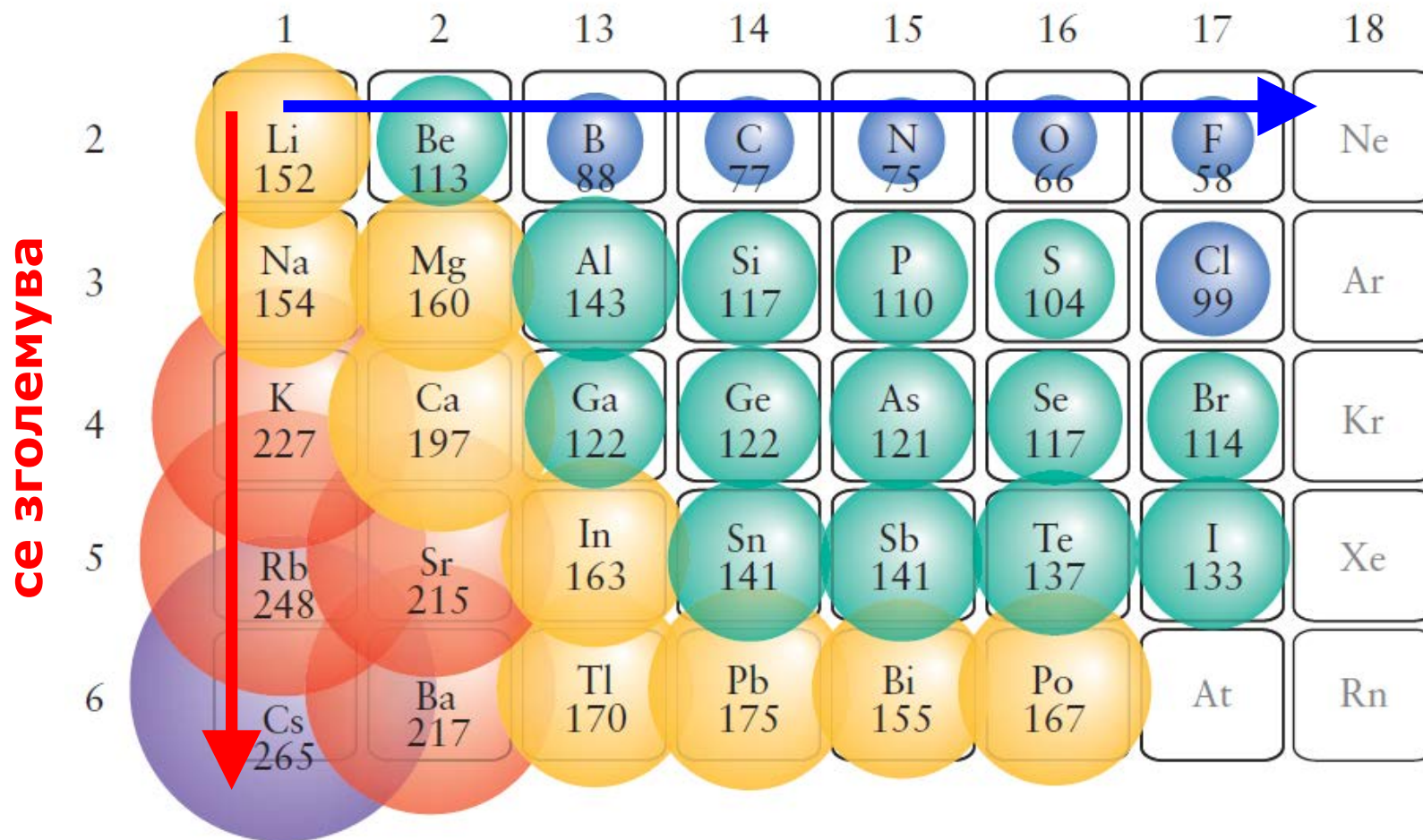
ковалентен радиус



јонски радиус

Атомски радиус

се намалува

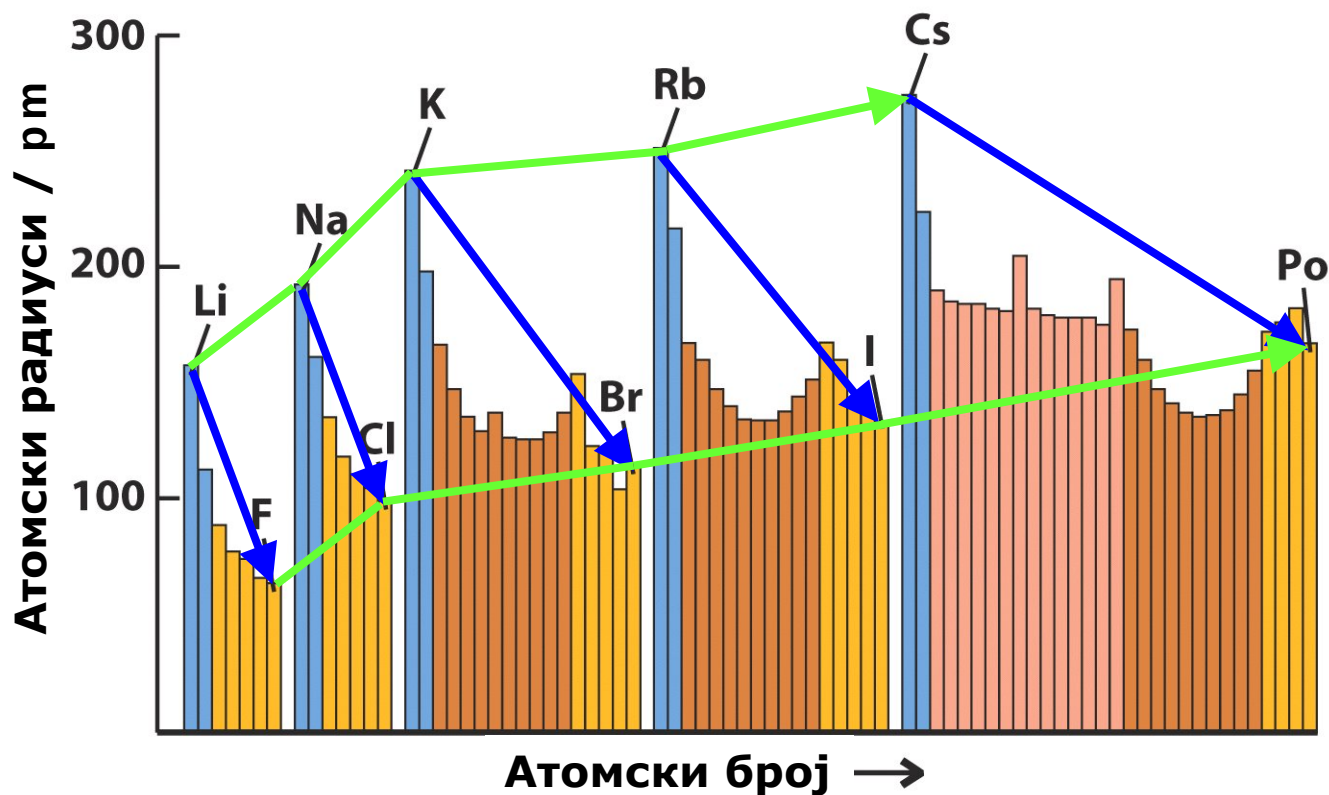


Периодичен тренд: АТОМСКИ РАДИУС

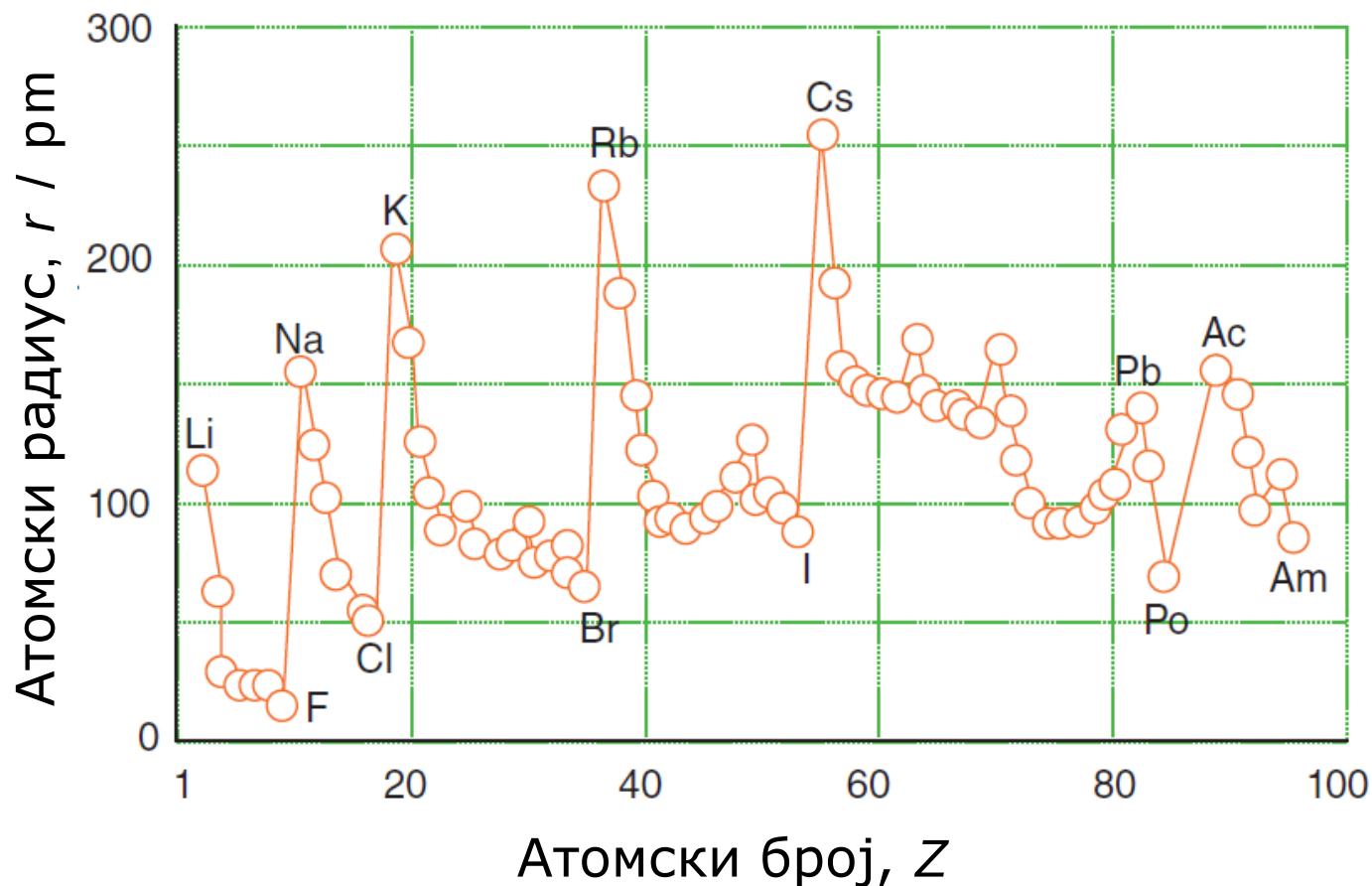
Се намалува долж периодата
(со растење на ефективниот полнеж на јадрото)

Се зголемува долж групата
(со зголемување на n)

Трендовите најдобро функционираат за s и p -блокот.



Атомски радиус: периодична промена



Атомски радиус / pm

	1	2	13	14	15	16	17	18
2	Li 152	Be 113	B 88	C 77	N 75	O 66	F 58	Ne
3	Na 154	Mg 160	Al 143	Si 117	P 110	S 104	Cl 99	Ar
4	K 227	Ca 197	Ga 122	Ge 122	As 121	Se 117	Br 114	Kr
5	Rb 248	Sr 215	In 163	Sn 141	Sb 141	Te 137	I 133	Xe
6	Cs 265	Ba 217	Tl 170	Pb 175	Bi 155	Po 167	At	Rn

Зголемувањето на радиусот е релативно мало во случајот на елементите кои следуваат после d блокот заради малата екранирачка моќ на d електроните!

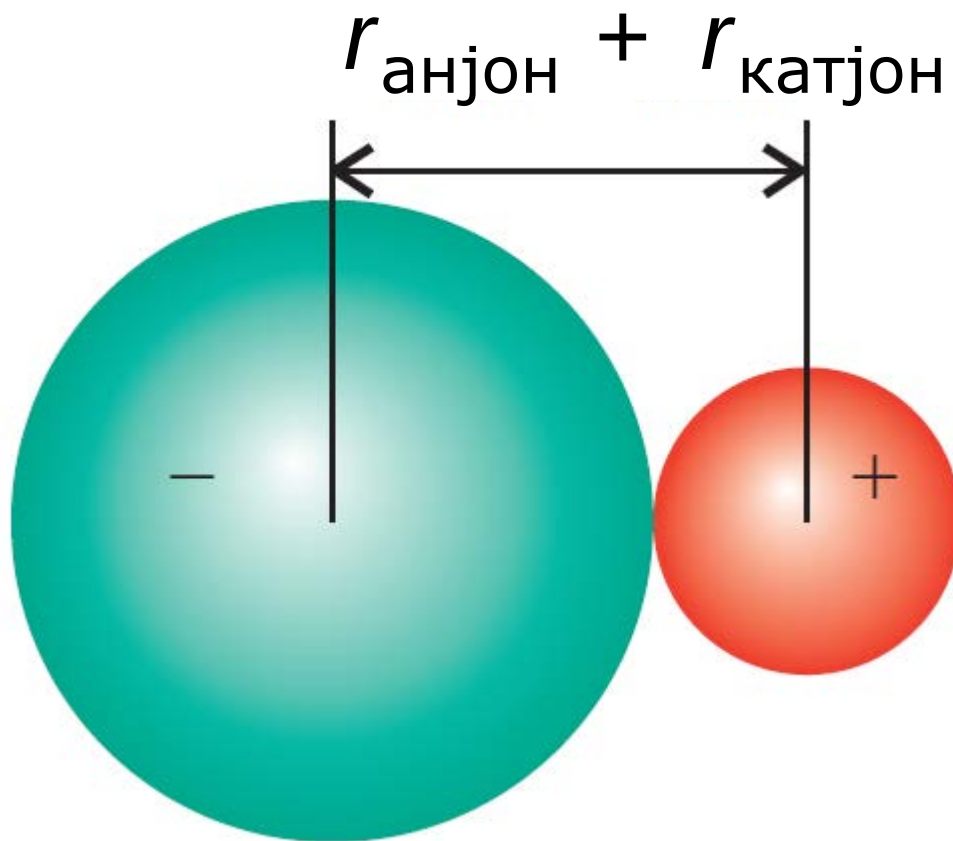
Атомски радиус

		Група									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Периода	4	Sc 161	Ti 145	V 132	Cr 125	Mn 137	Fe 124	Co 125	Ni 125	Cu 128	Zn 133
	5	Y 181	Zr 160	Nb 143	Mo 136	Tc 136	Ru 134	Rh 134	Pd 138	Ag 144	Cd 149
	6	Lu 173	Hf 156	Ta 143	W 137	Re 137	Os 135	Ir 136	Pt 138	Au 144	Hg 160

Одејќи кон десно во периодниот систем, радиусот на атомите на d-елементите генерално се намалува. Овој опаѓачки тренд се должи на малата екранирачка моќ на d-електроните и зголемувањето на ефективниот полнеж на јадрото!

Многу слични димензии заради ЛАНТАНИДНАТА КОНТРАКЦИЈА.

Јонски радиус



Јонски радиус

Расте долж групата

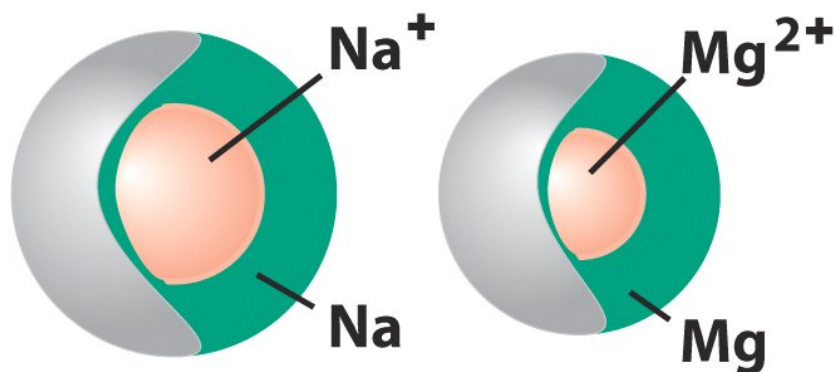
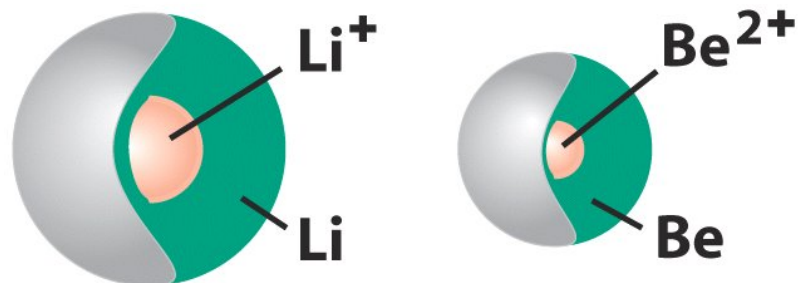
Опаѓа долж периодата

	1	2	13	14	15	16	17	18
2	Li^+ 76	Be^{2+} 45	B^{3+} 23	C	N^{3-} 171	O^{2-} 140	F^- 133	Ne
3	Na^+ 102	Mg^{2+} 72	Al^{3+} 54	Si	P^{3-} 212	S^{2-} 184	Cl^- 181	Ar
4	K^+ 138	Ca^{2+} 100	Ga^{3+} 62	Ge	As^{3-} 222	Se^{2-} 198	Br^- 196	Kr
5	Rb^+ 152	Sr^{2+} 118	In^{3+} 80	Sn	Sb^{3-} 221	Te^{2-} 221	I^- 220	Xe
6	Cs^+ 167	Ba^{2+} 135	Tl^{3+} 89	Pb	Bi^{3-} 221	Po^{2-} 221	At^- 220	Rn

атом → катјон

Радиусот се намалува

$$r(\text{Li}^+) > r(\text{Be}^{2+})$$



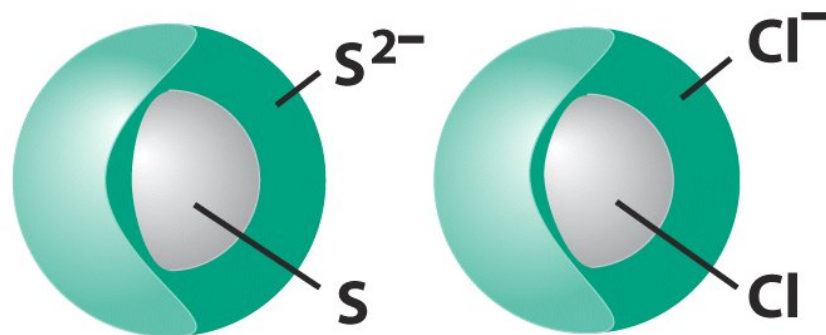
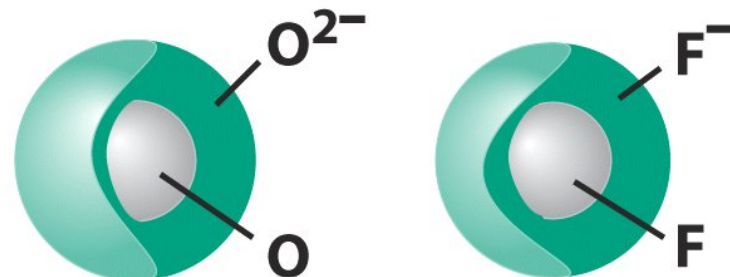
$$r(\text{Na}^+) > r(\text{Mg}^{2+})$$

100 pm
└────────┘

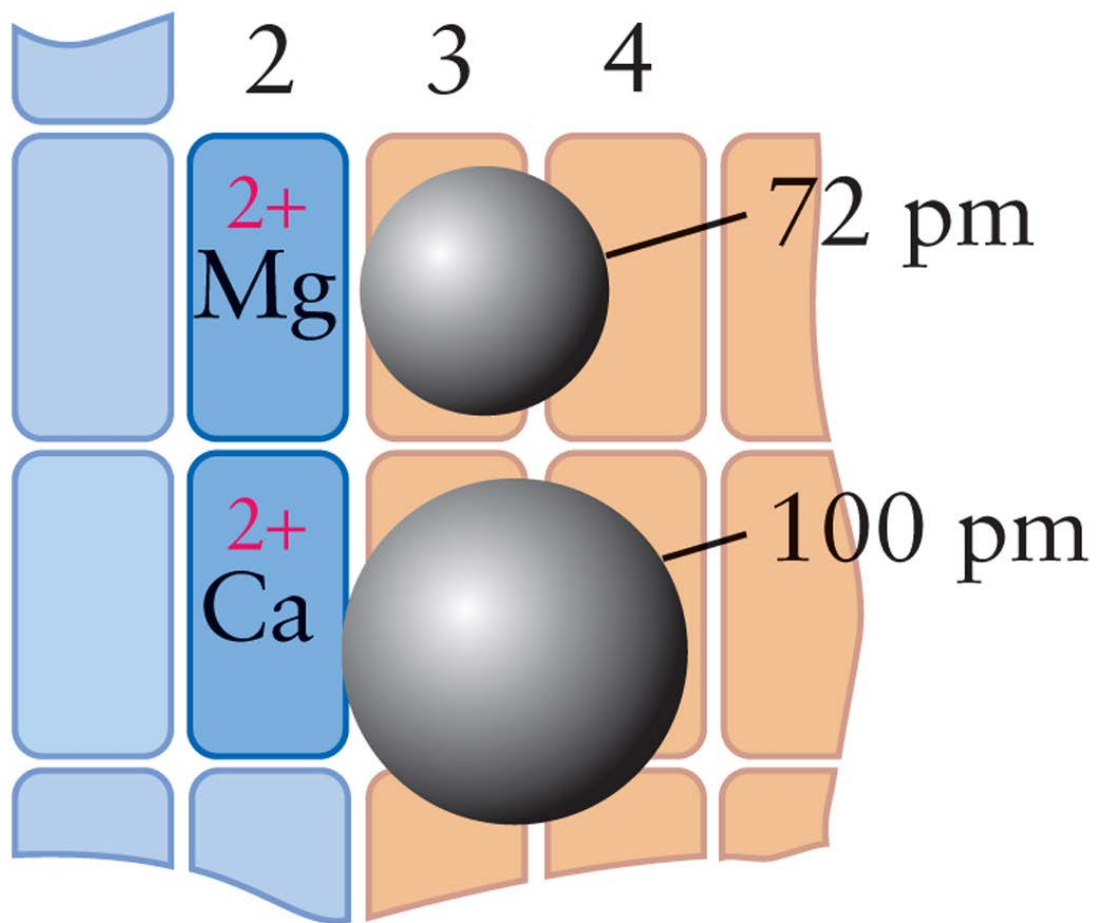
атом → анјон

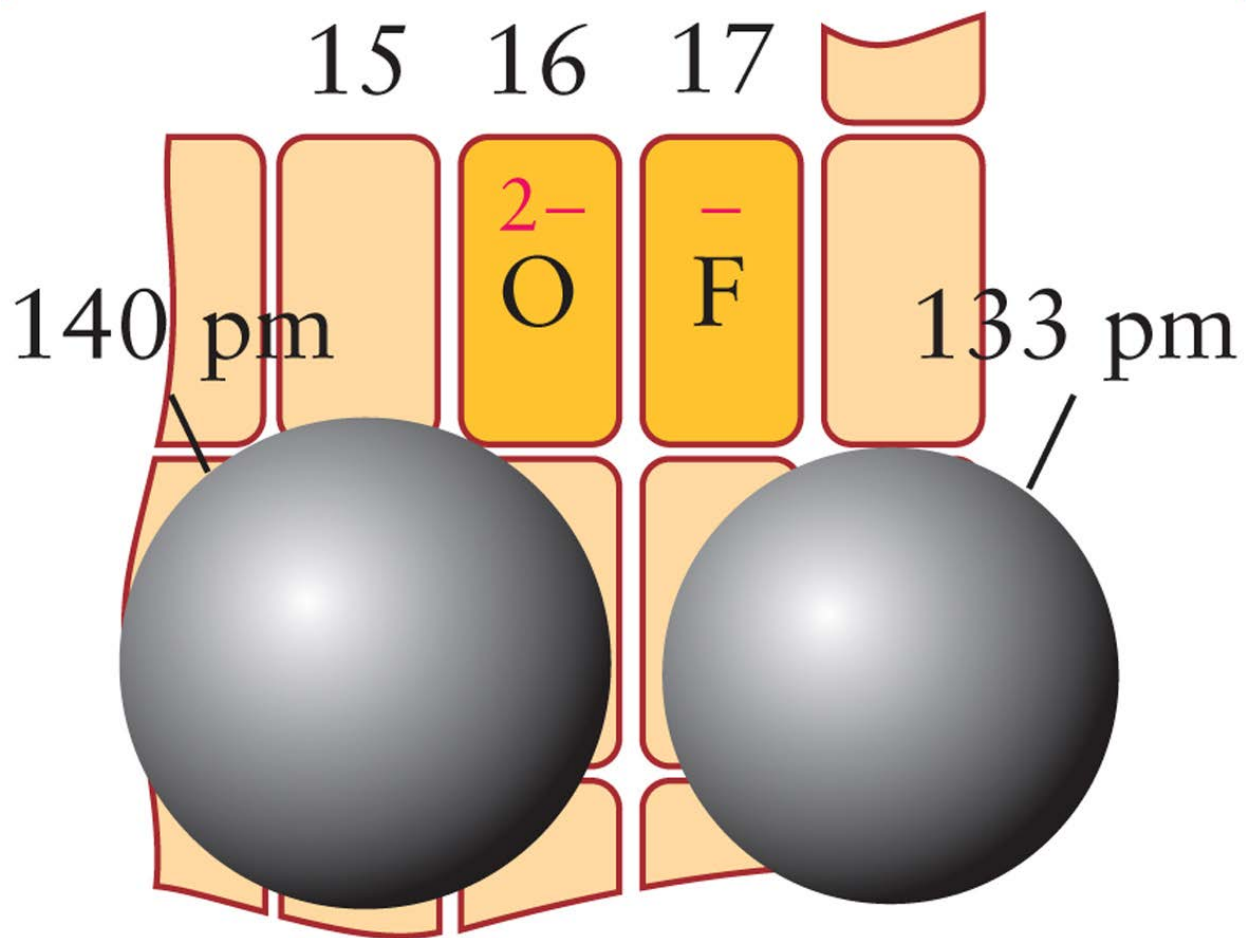
Радиусот се зголемува

$$r(\text{O}^{2-}) > r(\text{F}^-)$$

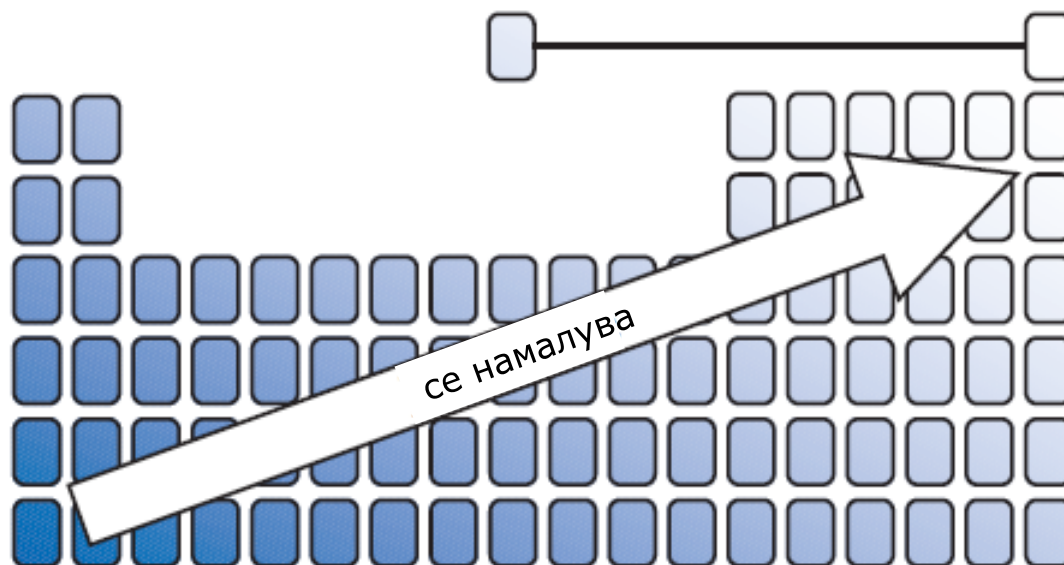


$$r(\text{S}^{2-}) > r(\text{Cl}^-)$$



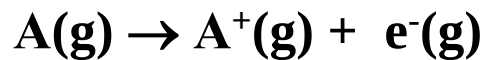
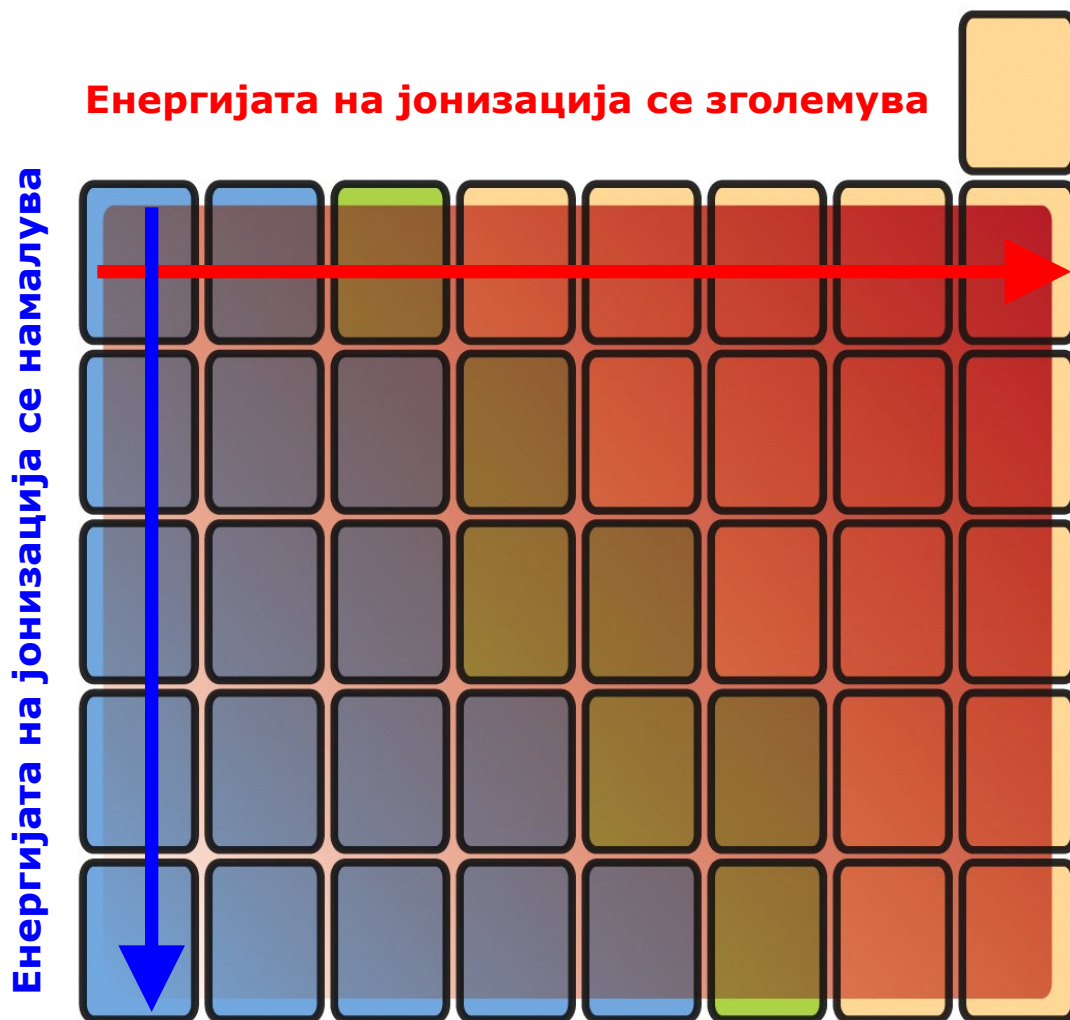


Атомски радиус



Енергија на јонизација

(I или $D_{\text{ion}}H$)



$$I = E(A^{+}, g) - E(A, g)$$

$$1 \text{ eV} = 96,485 \text{ kJ/mol}$$

Енергија на јонизација (во kJ / mol)

Се зголемува долж периодата
(со повеќе исклучоци)

Се намалува
долж групата

				H 1312				He 2373
	1	2	13	14	15	16	17	
2	Li 513	Be 899	B 801	C 1086	N 1402	O 1314	F 1681	Ne 2080
3	Na 495	Mg 737	Al 577	Si 786	P 1011	S 1000	Cl 1251	Ar 1520
4	K 419	Ca 589	Ga 579	Ge 762	As 947	Se 941	Br 1139	Kr 1351
5	Rb 403	Sr 549	In 558	Sn 708	Sb 834	Te 869	I 1008	Xe 1170
6	Cs 375	Ba 502	Tl 590	Pb 716	Bi 704	Po 812	At 926	Rn 1036

Be: [He] 2s²

B: [He] 2s²2p¹

N: [He] 2s²2p³

O: [He] 2s²2p⁴

N, P: отстранување
на електрон од
полуполнет
подслој

Ga: пополнет 3d подслој,
помал атомски радиус,
поголем ефективен полнеж на јадрото.

Енергија на јонизација (во kJ / mol)

Се намалува
долж групата

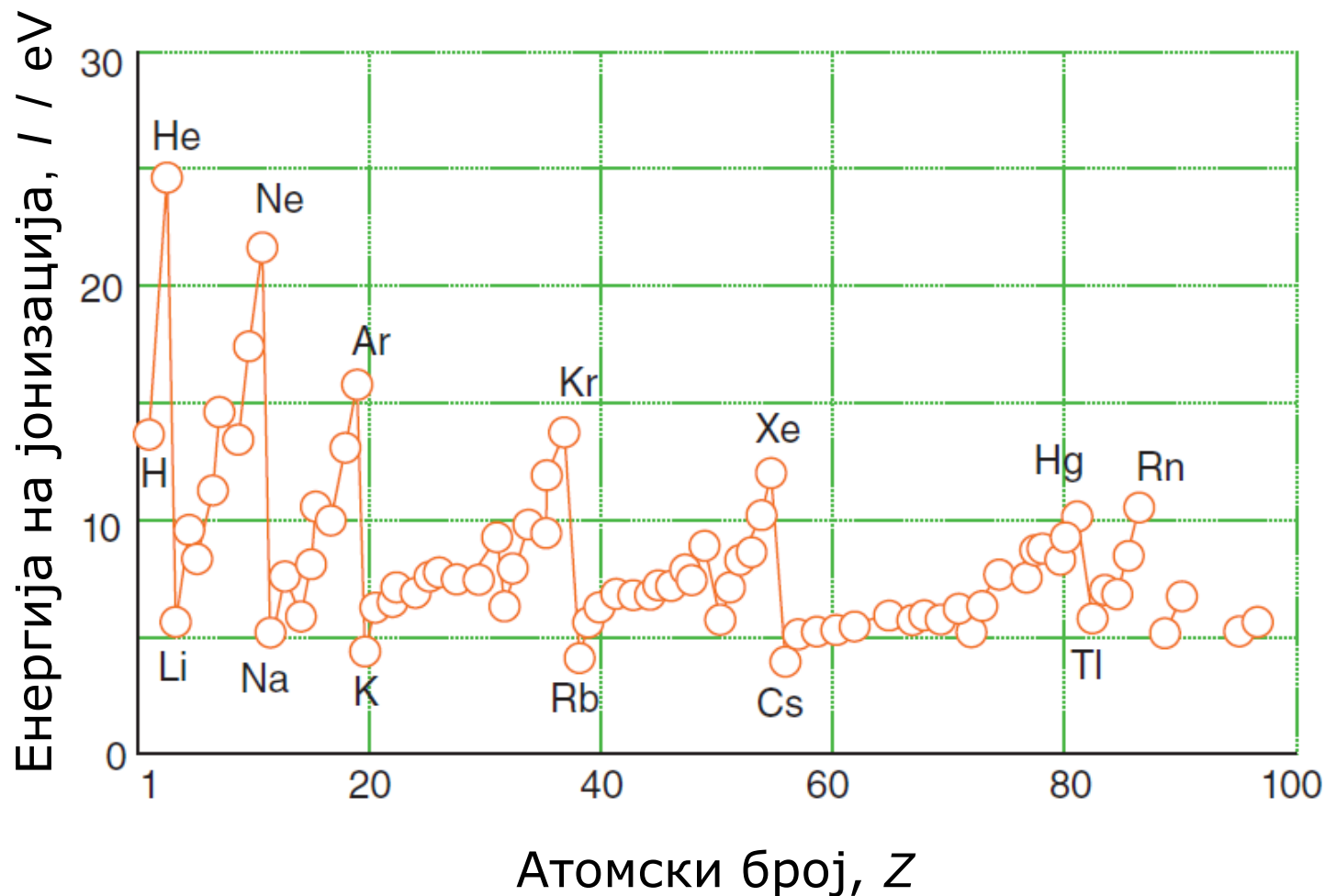
Се зголемува долж периодата
(со повеќе исклучоци)

	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	Sc 637	Ti 664	V 656	Cr 659	Mn 724	Fe 766	Co 765	Ni 743	Cu 752	Zn 913
5	Y 606	Zr 666	Nb 670	Mo 691	Tc 708	Ru 717	Rh 726	Pd 811	Ag 737	Cd 874
6	La 544	Hf 660	Ta 767	W 776	Re 766	Os 850	Ir 880	Pt 870	Au 896	Hg 1013

Енергијата на јонизација на елементите од 6d – серијата е значително поголема во однос на очекуваната големина заради лантаноидната контракција!

Некои метали, особено Au, Pt, Ir, Os, имаат многу големи енергии на јонизација и при нормални услови се нереактивни!

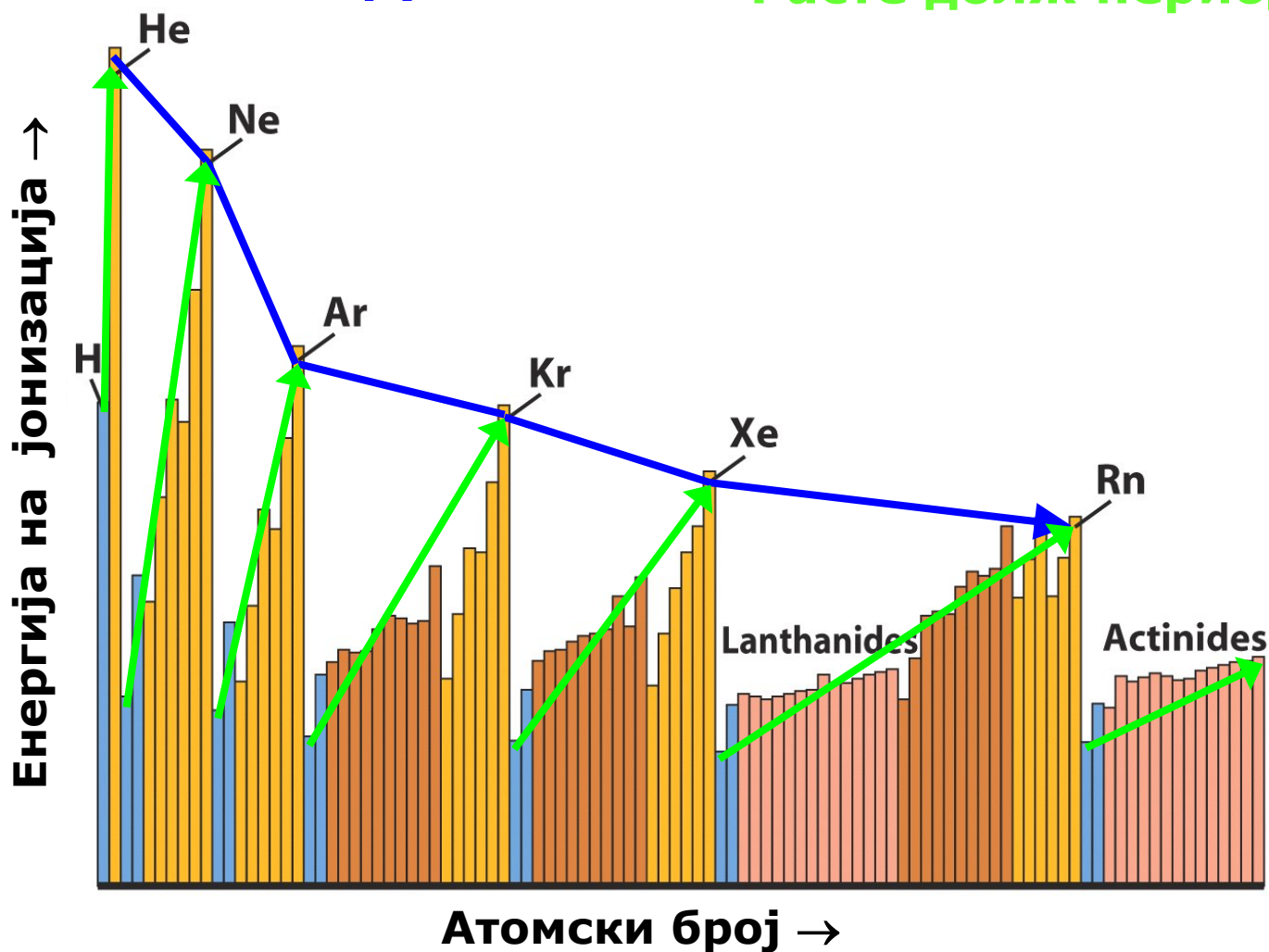
Енергија на јонизација: периодична промена



Енергија на јонизација

Опаѓа долж групата

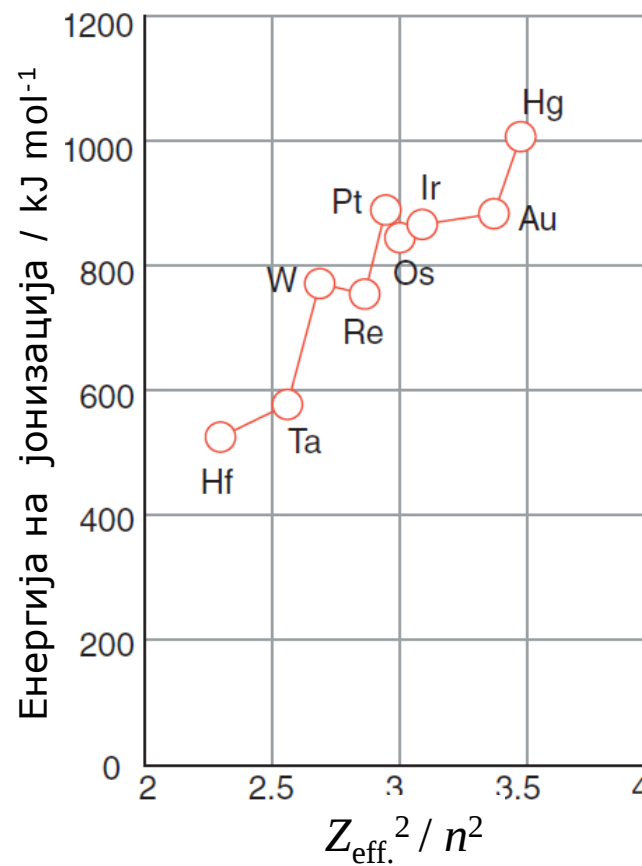
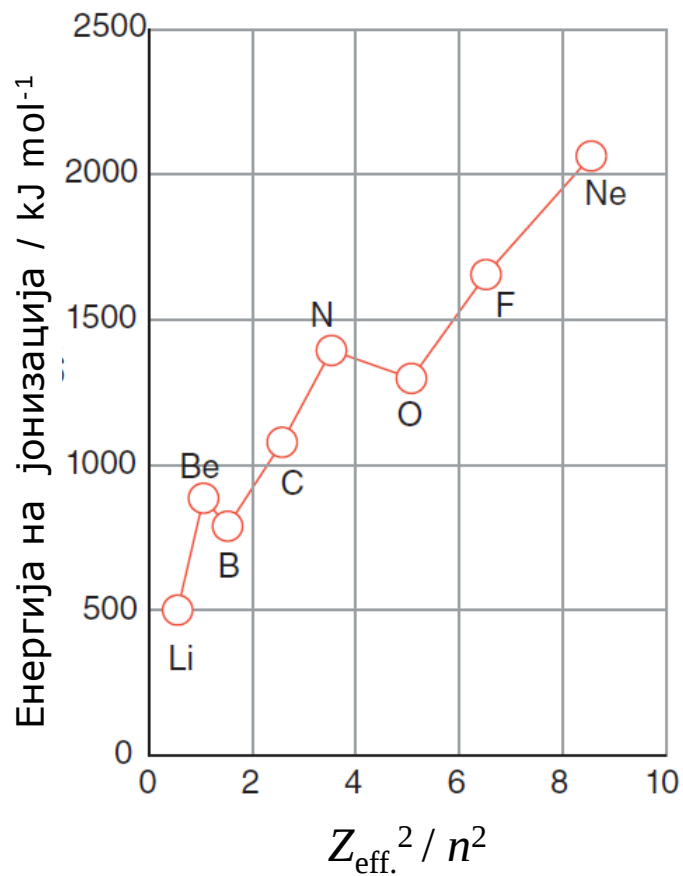
Расте долж периодата



Енергија на јонизација

$$I \propto \frac{Z_{\text{eff.}}^2}{n^2}$$

полиелектронски атом



Повеќекратна јонизација

Прва енергија на јонизација

Втора енергија на јонизација

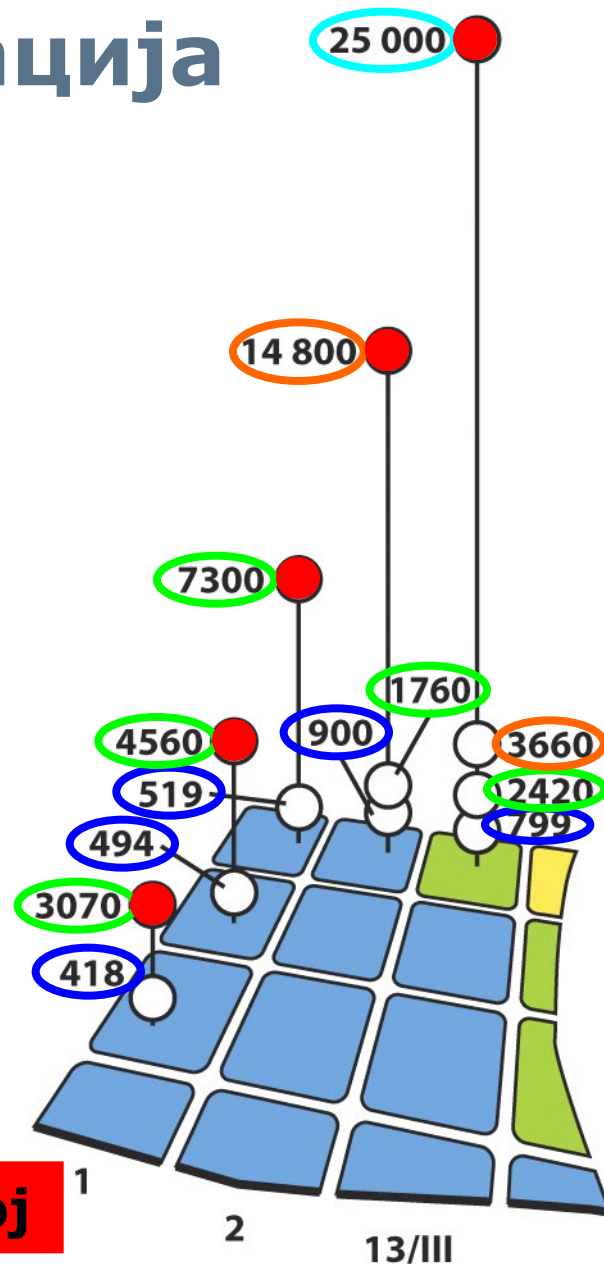
Трета енергија на јонизација

Четврта енергија на јонизација

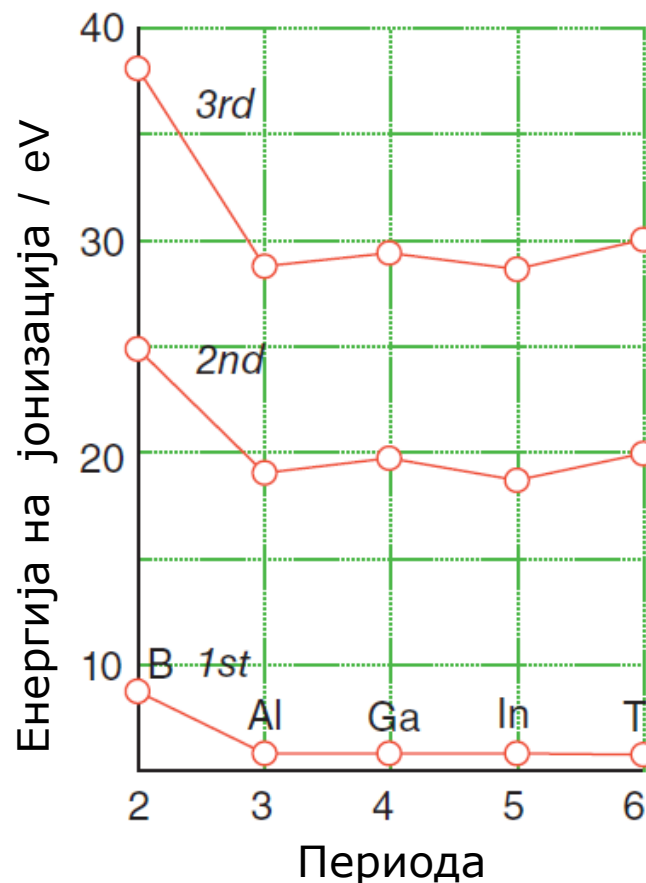
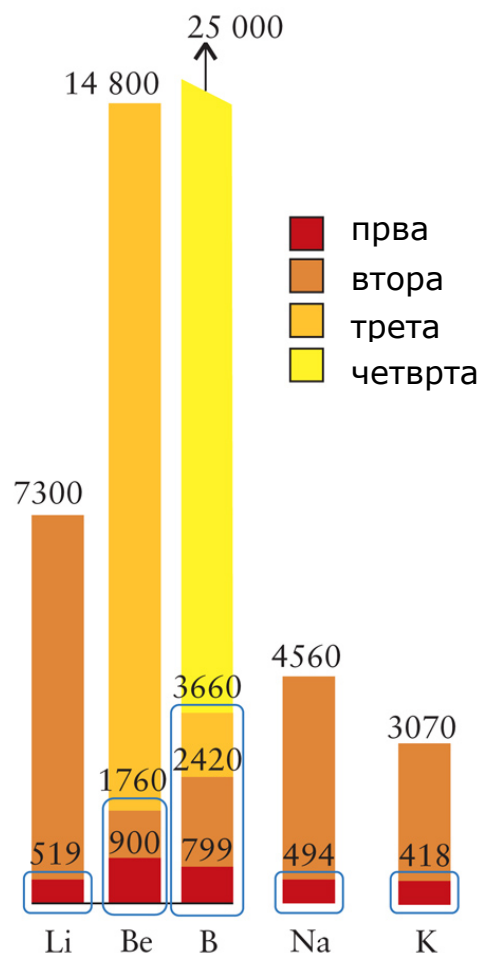
Секоја следна енергија на јонизација е поголема од претходната.

Јонизациите при кои се отстранува електрон од внатрешен слој имаат многу големи енергии.

Јонизација на внатрешен слој

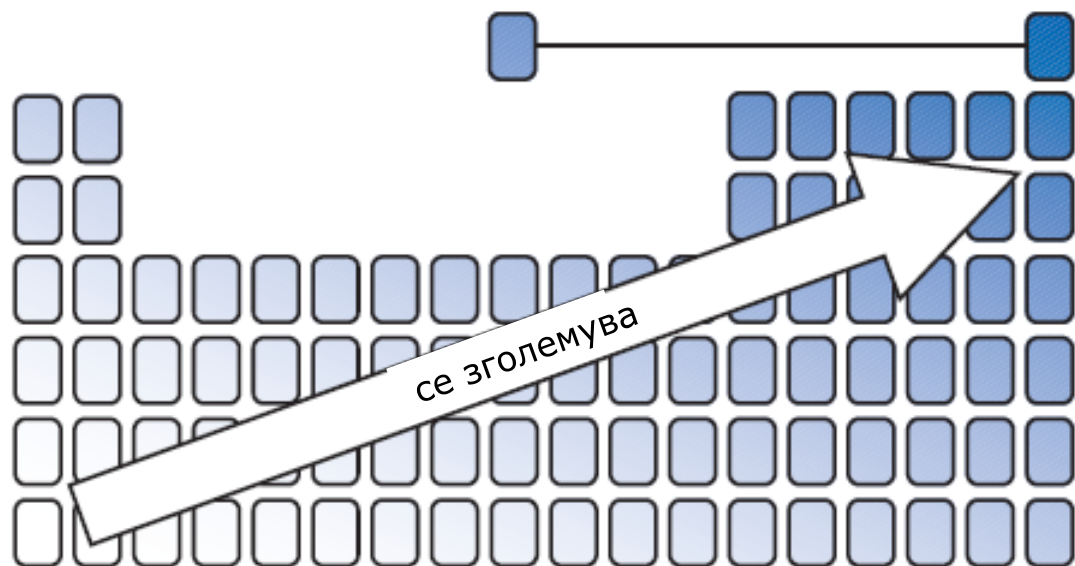


Повеќекратна јонизација



Сукцесивните енергии на јонизација се зголемуваат, но во рамките на групата не постои добро дефиниран тренд!

Енергија на јонизација



Електронски афинитет, E_{ea} (во kJ/mol)



$$D_{eg}H^\circ = H(A^-, g) - E(A, g) \quad E_{ea} = E(A, g) - E(A^-, g)$$

$$D_{eg}H^\circ = -E_a - 5/2RT$$

Ако $E_{ea} < 0$:
потребна е
енергија
за да атомот прими
електрон.

		група						
		1	2	13/III	14/IV	15/V	16/VI	17/VII
		H +73						
		18/VIII						
периода	2	Li +60	Be ≤0	B +27	C +122	N -7	O +141 -844	F +328
	3	Na +53	Mg ≤0	Al +43	Si +134	P +72	S +200 -532	Cl +349
	4	K +48	Ca +2	Ga +29	Ge +116	As +78	Se +195	Br +325
	5	Rb +47	Sr +5	In +29	Sn +116	Sb +103	Te +190	I +295
	6	Cs +46	Ba +14	Tl +19	Pb +35	Bi +91	Po +174	At +270

Електронски афинитет (kJ/mol)

- >300
- 200–300
- 100–200
- 0–100
- <0

Трендот не е добро дефиниран; најголем електронски афинитет имаат елементите кои се во близина на флуорот.

Електронски афинитет, E_{ea} (во kJ/mol)

		група						18/VIII	
		1	2	13/III	14/IV	15/V	16/VI	17/VII	
периода	2	Li +60	Be ≤0	B +27	C +122	N -7	O +141 -844	F +328	He <0
	3	Na +53	Mg ≤0	Al +43	Si +134	P +72	S +200 -532	Cl +349	Ne <0
	4	K +48	Ca +2	Ga +29	Ge +116	As +78	Se +195	Br +325	Ar <0
	5	Rb +47	Sr +5	In +29	Sn +116	Sb +103	Te +190	I +295	Kr <0
	6	Cs +46	Ba +14	Tl +19	Pb +35	Bi +91	Po +174	At +270	Xe <0

Електронски афинитет (kJ/mol)

>300

200–300

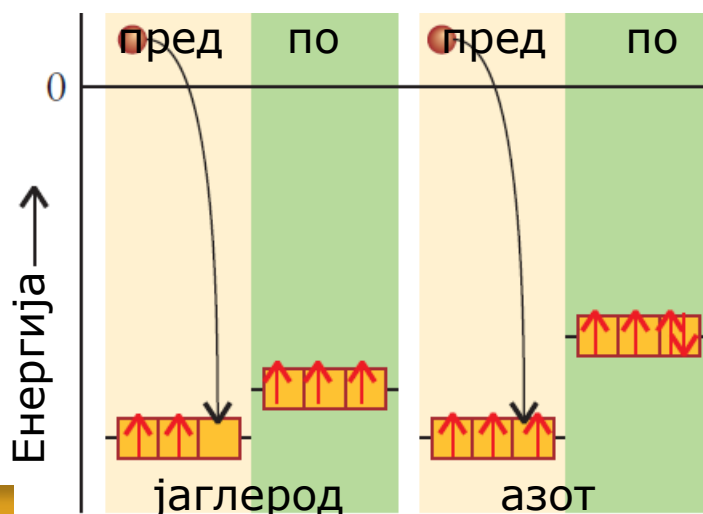
100–200

0–100

<0

C: [He] $2s^2 2p^2$

N: [He] $2s^2 2p^3$





Аудиториумски вежби

Теоретска неорганска хемија

1. Кој од следните изрази е точен доколку фреквенцијата на електромагнетното зрачење се намалува? Објаснете!

а) Брановата должина на зрачењето се намалува.

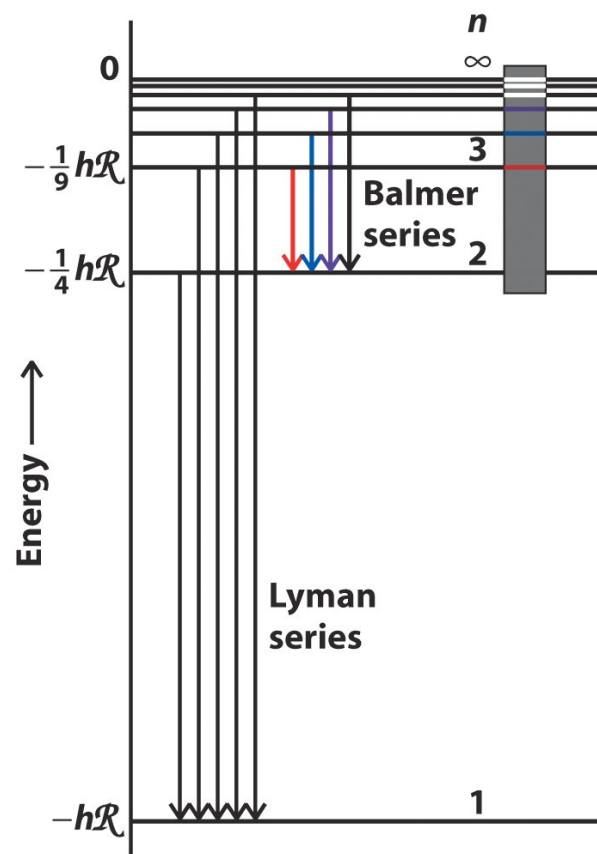
б) Степенот на промена на електричното поле во дадена точка се намалува.

а) Енергијата на зрачењето се зголемува.

2. Фотоните на следните типови електромагнетно зрачење: видливо, радиобранови, ултравиолетово и инфрацрвено зрачење да се подредат според растечкиот тренд на нивната фреквенција!

3. При кој од следните енергетски премини во случајот на водороден атом ќе се генерира фотон со најголема енергија? Објасни!

- а) од $n = 6$ во $n = 5$;
- б) од $n = 4$ во $n = 3$;
- в) од $n = 2$ во $n = 1$.



4. Кои од следните искази се точни? Неточните искази да се коригираат.

а) Вкупниот интензитет на зрачењето, емитирано од загреано црно тело, при некоја температура T , е директно пропорционално со T .

б) брановата должина при која кривата на зрачење има максимум се поместува кон помали бранови должини.

в) фотоните на радиобрановите имаат поголема енергија од фотоните на UV.

г) кинетичката енергија на електронот кој е исфрлен од метална површина кога металот е озрачен со ултравиолетово зрачење е независна од фреквенцијата на упадното зрачење.

д) енергијата на фотонот е обратнопропорционална со фреквенцијата на зрачење.

5. Кој од следнава листа најдобро ја поткрепува корпускуларната природа на електромагнетното зрачење:

- а) зрачење на црно тело
- б) електронска дифракција
- в) атомски спектри
- г) фотоелектричен ефект

6. Кој од следнава листа најдобро ја поткрепува брановата природа на честичките:

- а) расејување на алфа честички од фолија од злато
- б) електронска дифракција
- в) катодни зраци
- г) фотоелектричен ефект

7. Кој од следните искази во ниеден случај не е точен, а се однесува на фотоелектричниот ефект?

а) При озрачување на метална површина со бела светлина, се создаваат електрони.

б) Зрачење со поголема бранова должина се генерираат електрони со поголема кинетичка енергија.

в) Под граничната фреквенција не се исфрлаат електрони.

г) Зрачење со поголема фреквенција создава електрони со поголема кинетичка енергија.

8. Во спектарот на атомарен водород, емисионите линии се класифицирани во серии (на пример, Балмерова серија, Лиманова серија, итн). Што е заедничко за линиите кои припаѓаат на иста серија? Објасни!

9. Протоните и неутроните имаат приближно еднакви маси. Дали се разликуваат нивните бранови должини?

10. Пополни ја следната табела:

елемент	симбол	протони	неутрони	електрони	масен број
	^{36}Cl				
ЦИНК		30			65
			20	20	
лантан			80		

11. Пополни ја следната табела:

n	l	m_l	орбитала	Број на орбитали
2			2p	
3	2			
			4s	
4		+3, +2,...,-3		

12. а) Кои типови атомски орбитали се можни при $n = 3$?

б) Колкав е максималниот број на електрони кои можат да се сместат во орбиталите кои се карактеризираат со $n = 3$?

в) Колкав би бил атомскиот број на атомот кој има пополнети подслоеви со $n = 3$? Објасни!

13. а) Колкав е бројот на дозволени вредности за орбиталниот квантен број l кога $n = 7$?
- б) Колкав е бројот на дозволени вредности за магнетниот квантен број m_l за случај на електрон во 6d-подслојот?
- в) Колкав број подслоеви се содржат во слојот со $n = 4$?
- г) Колку електрони може да ја имаат следната комбинација од квантните броеви: $n = 3$, $l = 7$, $m_l = 7$?
- д) Кој/кои од следните послоеви не можат да постојат во атомот: 2d, 4d, 4g, 6f?

14. Колкав број на електрони во еден атом може да се карактеризираат со следните квантни броеви:

а) $n = 2, l = 1;$

б) $n = 4, l = 2, m_l = -2;$

в) $n = 2, l = 2, m_l = +1$

Објасни!

15. Зошто металите од s-блокот се пореактивни од металите од p-блокот? Објасни!

16. Еден електрон се карактеризира со главен квантен број $n = 5$ и магнетен квантен број $m_l = -3$. Кои од следните искази се точни:

- а) електронот би можел да припаѓа на d потслојот
- б) мора $m_s = +1/2$
- в) мора $l = 3$
- г) орбиталниот квантен број може да биде 0, 1, 2 или 3
- д) спинскиот квантен број може да биде $+1/2$ или $-1/2$
- ѓ) не може да постои

Објасни зошто така мислиш!

17. Атомската орбитала, определена со следната комбинација од квантни броеви $n = 3$, $l = 2$, $m_l = 0$ и $m_s = +1/2$ содржи еден електрон. Ако во истата орбитала треба да се најде и втор електрон, кои би биле неговите квантни броеви. Ако вториот електрон треба да биде во друга орбитала во истиот подслој, кој би бил прифатливиот сет на квантни броеви за тој електрон ? Објасни!

18. Следните честички имаат еднаков број на електрони: Cd, In⁺ и Sn²⁺.

а) Напиши ги електронските конфигурации на овие честички! Дали се исти или различни? Објасни!

б) Колку неспарени електрони, доколку има, се присутни кај секоја честичка?

в) Атомот на кој елемент во основна состојба, доколку постои, има иста електронска конфигурација како In³⁺?

20. Хлорот може да постои и во позитивна и во негативна оксидациона состојба. Кој е максималниот (а) позитивен и (б) негативен оксидационен број? (в) Напиши ги електронските конфигурации на овие две оксидациони состојби! (г) Како дојде до овие оксидациони броеви? Објасни !

21. Подреди ги јоните според растечкиот тренд на јонскиот радиус: S^{2-} , Cl^{-} , P^{3-} . Објасни!

22. Подреди ги следните честички според опаѓачкиот тренс на големината: Cl, O, I⁻, O²⁻, Mg²⁺, F⁻.

23. Како се дефинира величината енергија на јонизација и во која единица се изразува?

а) кој има помала енергија на јонизација: сулфурот или фосфорот и зошто?

б) опиши го трендот на сукцесивните енергии на јонизација на атомот на алуминиумот. Зошто постои голема разлика меѓу третата и четвртата енергија на јонизација?

24. Подреди ги честичките според *растечкиот* тренд на енергијата на јонизација: K^+ , Cl^- , Ar. Објасни!

25. Подреди ги следните хемиски елементи според опаѓачкиот тренд на електронскиот афинитет: O, F, N, Cl, S, Br. Објасни!