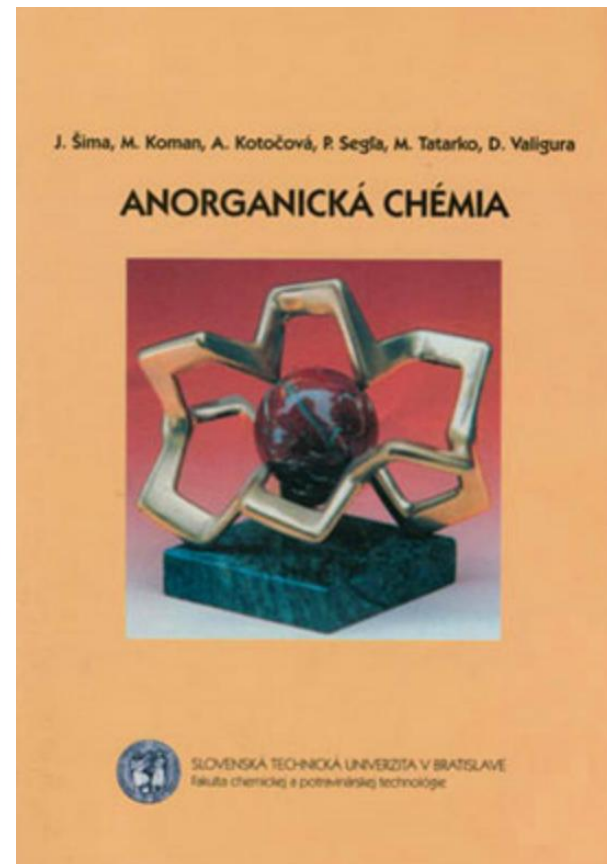


ANORGANICKÁ CHÉMIA



Slovenská technická univerzita v Bratislave
Fakulta chemickej a potravinárskej technológie
2005

J. Šima, M. Koman, A. Kotočová, P. Segľa, M. Tatarko, D. Valigura
STU Bratislava 2005, 466 strán, ISBN 80-227-2272-3

J. Šima, M. Koman, A. Kotočová, P. Segľa, M. Tatarko, D. Valigura

ANORGANICKÁ CHÉMIA

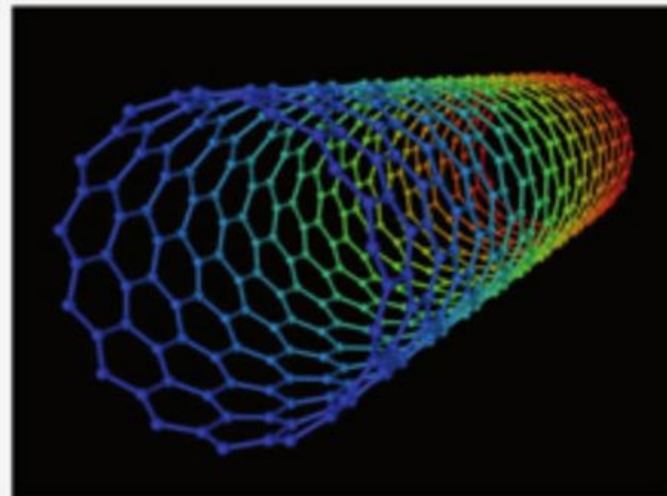


SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

J. Šima, M. Koman, A. Kotočová, P. Segľa, M. Tatarko, D. Valigura
STU Bratislava 2009, 480 strán, ISBN 978-80-227-3087-7

J. Šima, M. Koman, A. Kotočová, P. Segľa, M. Tatarko, D. Valigura

ANORGANICKÁ CHÉMIA



SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

J. Šima, M. Koman, A. Kotočová, P. Segľa, M. Tatarko, D. Valigura
STU Bratislava 2016, 499 strán, ISBN 978-80-227-4630-4

Predmet a objekty štúdia anorganickej chémie

Chémia

je sústava disciplín, ktoré sa zaoberajú zložením, štruktúrou, chemickými reakciami prvkov a zlúčenín a súvislosťami chemických reakcií s inými dejmi.

Všeobecná chémia

sa zaoberá základnými zákonmi a zákonitosťami chémie, poznatkami o zložení atómov, vlastnosťami ich elektrónových obalov, schopnosťami atómov vytvárať viazané útvary, ako sú molekuly, viacatómové ióny a chemické látky. Predmetom všeobecnej chémie sú stechiometrické, termodynamické a kinetické aspekty chemických reakcií a klasifikácia chemických reakcií. Súčasťou všeobecnej chémie sú aj súvislosti medzi zložením, štruktúrou a fyzikálno-chemickými vlastnosťami častíc a látok. Všeobecnú chémiu možno teda chápať ako základy chémie vytvárajúce aparát pre ostatné odvetvia chémie, ktorý je spoločný pre celú chémiu.

Anorganická chémia

sa zaoberá štúdiom vzťahov medzi zložením, štruktúrou a vlastnosťami (z nich predovšetkým chemickými reakciami) prvkov a všetkých zlúčenín okrem uhľovodíkov a ich derivátov.

priemyselná anorganická chémia

zavádzanie teoretických poznatkov do praxe a štúdium priemyselne významných chemických reakcií

bioanorganická chémia

skúma zloženie, štruktúru, chemické vlastnosti a biologickú funkciu anorganických zlúčenín v živých organizmoch

chémia organokovových zlúčenín

sa zaoberá štúdiom zlúčenín, obsahujúcich väzby medzi atómom kovového alebo polokovového prvku a atómom uhlíka. Samostatnou časťou anorganickej chémie sa postupne stala

chémia koordinačných zlúčenín

ktorej predmetom je štúdium prípravy, štruktúry a vlastností komplexov a koordinačných zlúčenín. Vzájomné ovplyvňovanie jestvujúcich a tvorba nových disciplín je kontinuálnym procesom.

Častice

Nakoľko názvy častíc atóm, molekula a ión patria k základným pojmom sveta chémie, musíme si ich vštiepiť do pamäti.

atóm

je elektricky neutrálna častica pozostávajúca z jedného kladne nabitého atómového jadra a záporne nabitého elektrónového obalu

molekula

je elektricky neutrálna častica zložená zo známeho počtu vzájomne viazaných atómov

ión

je jednojadrová alebo viacjadrová elektricky nabitá častica

protónové číslo alebo ***atómové číslo***

označované symbolom Z , v prípade potreby uvádza ako ľavý dolný index pred značkou prvku

nukleónové číslo

označuje sa symbolom A a uvádza sa ako ľavý horný index pred značkou prvku

izotopy

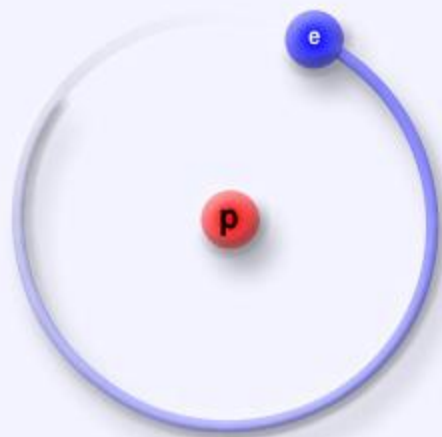
atómy rovnakého prvku (teda s rovnakým počtom protónov v jadre) a s rôznym nukleónovým číslom

katión

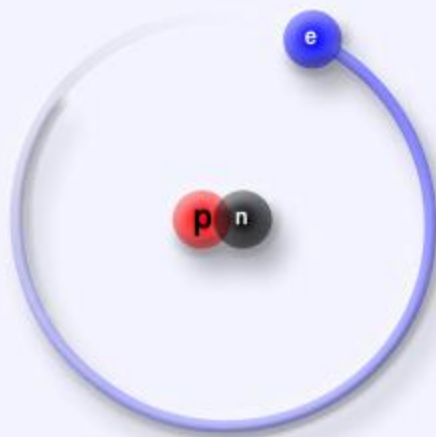
častica má kladný náboj (teda má viac protónov ako elektrónov)

anión

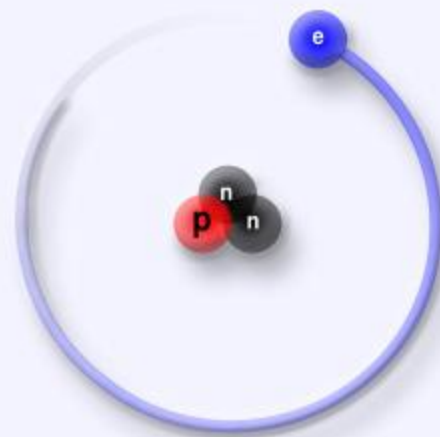
častica má záporný náboj



Protium



Deuterium



Tritium

Chemické látky a sústavy

Podobný význam, ako atóm, molekula a ión, majú v chémii aj základné pojmy viažuce sa k chemickým látkam – prvkom a zlúčeninám – ktorých definícia znie

prvok

je látka zložená z atómov s rovnakým protónovým číslom

zlúčenina

je látka definovaného zloženia nezávislého od spôsobu prípravy, zložená z navzájom viazaných atómov viacerých prvkov

alotropické modifikácie prvku

vzájomne odlišné formy jedného prvku

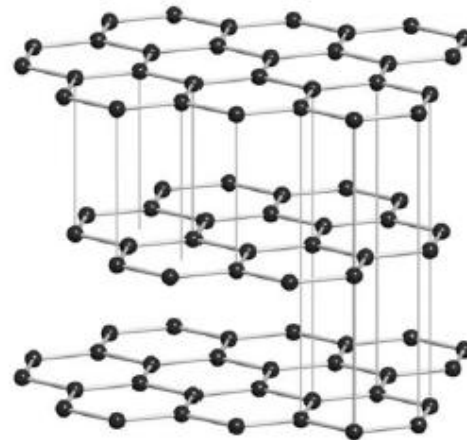
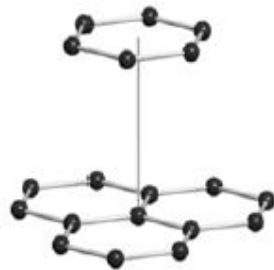
chemické sústavy

čisté chemické látky a ich zmesi

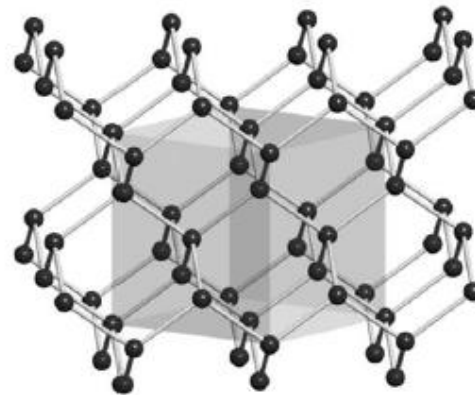
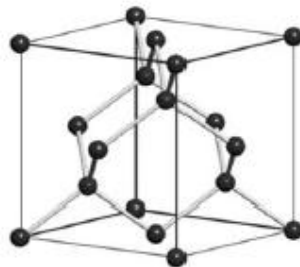
homogénne sústavy

majú v každej časti rovnaké makroskopické vlastnosti (zloženie, hustota, farebnosť, skupenský stav) alebo sa tieto vlastnosti menia spojite

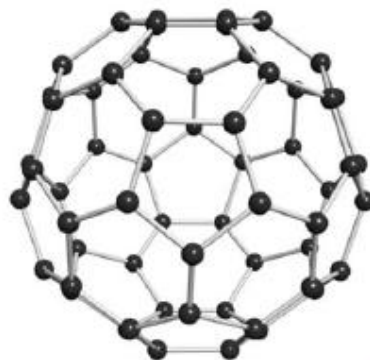
a)



b)



c)



Štruktúra modifikácií uhlíka

roztok

je homogénna kvapalná alebo tuhá sústava zložená z viacerých chemických látok, ktorej zloženie sa môže v istom intervale plynule meniť

rozpúšťadlo

sa zvyčajne označuje látka, ktorá je v nadbytku oproti ostatným látkam



heterogénna sústava

sústava pozostáva z viacerých fáz (homogénne časti sústavy)



skupenský stav

prvkov, zlúčenín a zmesí sa vyznačuje symbolmi:

g - gaseus, plyn

l - liquidus, kvapalina

s - solidus, tuhá látka

aq - látka je rozpustená vo vode (aqueous)

solv. - látka rozpustená v inom rozpúšťadle



Množstvo chemickej látky a zloženie sústav

látkové množstvo

označuje sa symbolom n a ktorej jednotkou je **1 mol**. Jeden mól každej chemickej látky obsahuje rovnaký počet jednotiek tejto látky, a to približne $6,022 \cdot 10^{23}$.

$$\text{Avogadrova konštanta } N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$$

mólová hmotnosť

hmotnosť jedného mólu látky L, označuje sa symbolom $M(L)$ a zvyčajne sa vyjadruje v **g mol⁻¹**

Základný vzťah medzi hmotnosťou chemickej látky $m(L)$ a jej látkovým množstvom $n(L)$ je:

$$m(L) = M(L) \cdot n(L)$$

Nová definícia jednotiek SI

- **Sekunda**, symbol **s**, je SI jednotkou času. Je definovaná tak, že **numerická hodnota frekvencie $\Delta\nu_{\text{Cs}}$, frekvencie hyperjemného prechodu základného stavu atómu cézia 133** je presne **9 192 631 770**, keď je vyjadrená v jednotke Hz, ktorá sa rovná s^{-1}

Nová definícia jednotiek SI

- **Meter**, symbol m, je SI jednotkou **dĺžky**.
Je definovaný tak, že numerická hodnota **rýchlosti svetla vo vákuu c** je presne **299 792 458**, keď je vyjadrená v jednotke m/s, kde sekunda je definovaná pomocou $\Delta\nu_{Cs}$

Nová definícia jednotiek SI

- **Kilogram**, symbol **kg**, je SI jednotkou **hmotnosti**. Je definovaný tak, že numerická hodnota **Planckovej konštanty h** je presne **$6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$** , keď je vyjadrená v jednotke **J s**, ktorá sa rovná **$\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$** , kde meter a sekunda sú definované pomocou **c** a **$\Delta\nu_{\text{Cs}}$**

Nová definícia jednotiek SI

- **Kandela**, symbol cd , je SI jednotkou **svietivosti** v danom smere. Je definovaná tak, že **numerická hodnota spektrálnej svetelnej účinnosti monochromatického žiarenia s frekvenciou 540×10^{12} Hz, K_{cd} , je presne 683**, keď je vyjadrená v jednotke lm W^{-1} , ktorá sa rovná cd sr W^{-1} alebo $\text{cd sr kg}^{-1} \text{m}^{-2} \text{s}^3$, kde kilogram, meter a sekunda sú definované pomocou h , c a $\Delta\nu_{\text{Cs}}$

Nová definícia jednotiek SI

- **Ampér**, symbol A, je SI jednotkou **elektrického prúdu**. Je definovaný tak, že **numerická hodnota elementárneho náboja e** je presne **$1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$** keď je vyjadrená v jednotke C, ktorá sa rovná A s, kde sekunda je definovaná pomocou $\Delta\nu_{\text{Cs}}$

Nová definícia jednotiek SI

- **Kelvin**, symbol K, je SI jednotkou **termodynamickkej teploty**. Je definovaný tak, že **numerická hodnota Boltzmannovej konštanty k** je presne $1,380\ 649 \times 10^{-23}$, keď je vyjadrená v jednotke J K^{-1} , ktorá sa rovná $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{K}^{-1}$, kde kilogram, meter a sekunda sú definované pomocou h , c a $\Delta\nu_{\text{Cs}}$

Nová definícia jednotiek SI

- **Mól**, symbol mol, je SI jednotkou **látkového množstva**. Jeden mól obsahuje presne **6,022 140 76 × 10²³** elementárnych entít. Tento počet je **fixovanou numerickou hodnotou Avogadrovej konštanty, N_A** , keď je vyjadrená v jednotke **mol⁻¹** a nazýva sa **Avogadrovo číslo**. **Látkové množstvo n systému je mierou počtu špecifikovaných elementárnych entít.** Týmito entitami môžu byť atómy, molekuly, ióny, elektróny, iné častice alebo špecifikované skupiny častíc

Zloženie chemických sústav sa vyjadruje najmä:

hmotnostný zlomok $w(L)$

$$w(L) = \frac{m(L)}{m(\text{sústavy})}$$

mólový zlomok $x(L)$

$$x(L) = \frac{n(L)}{\sum_i n(L_i)}$$

koncentrácia látkového množstva $c(L)$

$$c(L) = \frac{n(L)}{V(\text{roztoku})}$$

Chemické reakcie

Chemické reakcie sú chemické deje, pri ktorých vznikajú nové látky, pričom sa mení zloženie a štruktúra látok.

Chemické reakcie zapisujeme *chemickými rovnicami*.

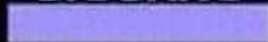
Chemická rovnica

je stručný zápis chemickej reakcie vyjadrený pomocou chemických symbolov – chemických vzorcov látok s príslušnými koeficientami a znamienka oddeľujúceho reaktanty a produkty reakcie

WHERE DO ELEMENTS COME FROM?

H B																	He B									
Li C	Be C											B C	C S L	N S L	O S L	F L	Ne S L									
Na L	Mg L											Al S L	Si S L	P L	S S L	Cl L	Ar L									
K L	Ca L	Sc L	Ti S L	V S L	Cr L	Mn L	Fe S L	Co S	Ni S	Cu L	Zn L	Ga S	Ge S	As L	Se S	Br S	Kr S									
Rb S	Sr L	Y L	Zr L	Nb L	Mo S L	Tc L	Ru S L	Rh S	Pd S L	Ag S L	Cd S L	In S L	Sn S L	Sb S	Te S	I S	Xe S									
Cs S	Ba L											Hf S L	Ta S L	W S L	Re S	Os S	Ir S	Pt S	Au S	Hg S L	Tl S L	Pb S	Bi S	Po S	At S	Rn S
Fr S	Ra S																									
		La L	Ce L	Pr S L	Nd S L	Pm S L	Sm S L	Eu S	Gd S	Tb S	Dy S	Ho S	Er S	Tm S	Yb S L	Lu S										
		Ac S	Th S	Pa S	U S	Np S	Pu S	Am M	Cm M	Bk M	Cf M	Es M	Fm M	Md M	No M	Lr M										

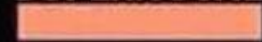
BIG BANG



LARGE STARS



SUPERNOVAE



COSMIC RAYS



SMALL STARS



MAN MADE



Elektrónová konfigurácia atómov

Elektrónová štruktúra atómu

Zo zákonitostí kvantovej mechaniky vyplýva a experimenty to potvrdzujú, že niektoré veličiny, ktoré charakterizujú elektróny môžu nadobúdať iba isté hodnoty. Takéto veličiny sa nazývajú

kvantované veličiny.

Pre naše potreby bude postačovať, ak si zo súčasných poznatkov o elektrónoch v časticiach a látkach uvedieme tieto:

Stav elektrónu (t. j. jeho vlastnosti, okrem spinu) v atómoch, iónoch, molekulách a látkach opisuje vlnová funkcia Ψ , nazvaná orbitál.

Funkcia Ψ opisujúca vlastnosti elektrónu v jednojadrovej častici sa nazýva *atómový orbitál* (AO), ak opisuje vlastnosti elektrónu vo viacjadrovej častici, nazýva sa *molekulový orbitál* (MO), pre orbitál v kryštalických látkach sa používa pojem *kryštalový orbitál*.

V tejto kapitole sa budeme zaoberať iba atómovými orbitálmi, ktoré sú definované takto

atómový orbitál Ψ je jednoelektrónová vlnová funkcia charakterizovaná trojicou kvantových čísel n, ℓ, m_ℓ .

Aby atómový orbitál Ψ spĺňal všetky požiadavky kvantovej mechaniky, musí mať istý tvar, ktorý pre jednoelektrónové častice v polárnych súradniciach

r, Θ, φ je:

$$\Psi = \left\{ \frac{n - \ell - 1}{2n[(n + \ell)!]^3} \right\}^{1/2} \cdot \left(\frac{2Z}{na} \right)^{\ell + 1,5} \cdot r^\ell \cdot e^{-Zr/na} \cdot L_{\ell - |m_\ell|}^{2\ell + 1} \left[\frac{2r}{na} \cdot \frac{(\ell - |m_\ell|)!}{(\ell + |m_\ell|)!} \right]^{1/2} \cdot P(\cos \Theta) \cdot e^{-im_\ell \varphi}$$

v tomto vzťahu

- n **hlavné kvantové číslo**
- ℓ **vedľajšie kvantové číslo**
- m_ℓ **magnetické kvantové číslo**

uzlové plochy

plochy, v ktorých má Ψ nulovú hodnotu a reprezentujú prechod kladnej časti funkcie do zápornej časti

Samotná funkcia Ψ nemá fyzikálny význam, zmysel má súčin tejto funkcie s funkciou k nej komplexne združenou (označovaný skrátene Ψ^2), ktorý **vyjadruje pravdepodobnosť výskytu elektrónu** v bode reprezentovanom súradnicami x, y, z alebo polárnymi súradnicami r, θ, φ .

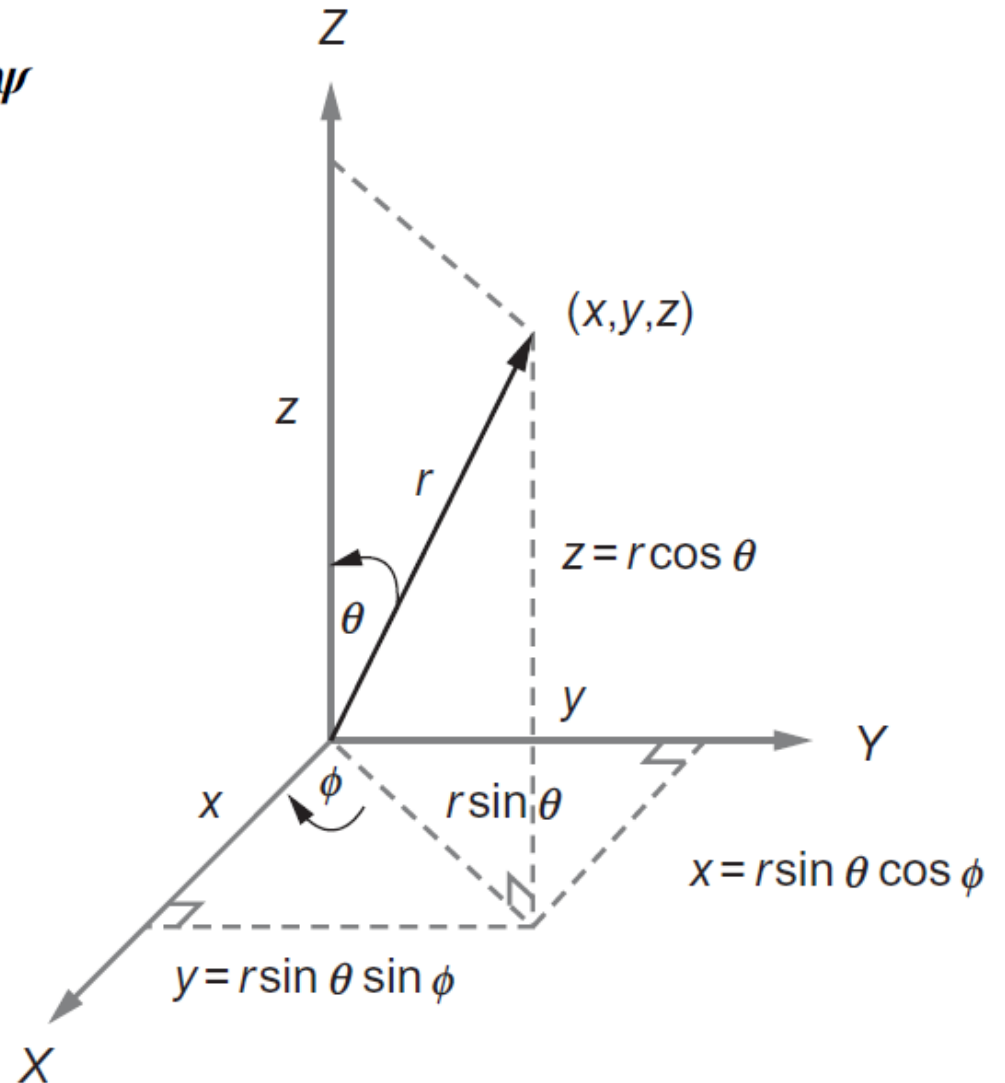
Hodnoty veličín (energia, hybnosť, moment hybnosti) sa získavajú z funkcie Ψ riešením **Schrödingerovej rovnice**, ktorá napr. pre výpočet celkovej energie elektrónu E má tvar

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

Elektróny majú súčasne časticové aj vlnové vlastnosti. Závisí od konkrétnej metódy sledovania, ktorá z uvedených vlastností sa prejaví. Pre naše potreby bude stačiť zjednodušená predstava elektrónu ako oblaku záporného náboja, ktorého hustotu v danom bode priestoru okolo atómového jadra vyjadruje hodnota Ψ^2 v tomto bode.

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2\mu}\right)\nabla^2\psi + V(x, y, z)\psi = E\psi$$

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$



$$\frac{-\hbar^2}{2\mu} \left[\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2}{\partial \phi^2} \right] \psi + V(r)\psi = \psi E$$

Pojem orbitál sa používa v dvoch významoch.

Exaktne je to matematická funkcia Ψ a v prenesenom význame **sa pojem orbitál používa na vymedzenie priestoru**, v ktorom sa môže nachádzať jeden nespárený elektrón, dvojica spárených elektrónov opísaných funkciou Ψ , alebo sa v ňom nenachádza žiadny elektrón. Ohraničením priestoru, v ktorom sa nachádza podstatná časť záporného náboja elektrónu (obvykle 95 % alebo 99 %) sa získa tzv.

“tvar” orbitálu.

spinorbitál

je jednoelektrónová vlnová funkcia charakterizovaná štvoricou kvantových čísel n , ℓ , m_ℓ a m_s

(funkcia zahrňujúca aj opis vnútorného momentu hybnosti elektrónu – spinu elektrónu)

Význam kvantových čísel:

n - je hlavnou (pre jednoelektrónové častice jedinou) mierou energie elektrónu v častici, čím v danej častici má funkcia Ψ väčšie číslo n , tým je energia elektrónu vyššia (menej záporná)

ℓ - je mierou orbitálneho momentu hybnosti elektrónu a pre viacelektrónové častice aj energie elektrónu. Číslo ℓ určuje tiež „tvar“ orbitálu.

m_ℓ - je číslo ktoré určuje možné hodnoty priemetu vektora orbitálneho momentu hybnosti do smeru vonkajšieho poľa (konvenčne os z)

m_s - je mierou vnútorného momentu hybnosti nazývaného spin

Hodnoty ktoré môžu nadobúdať kvantové čísla n, ℓ, m_ℓ a m_s

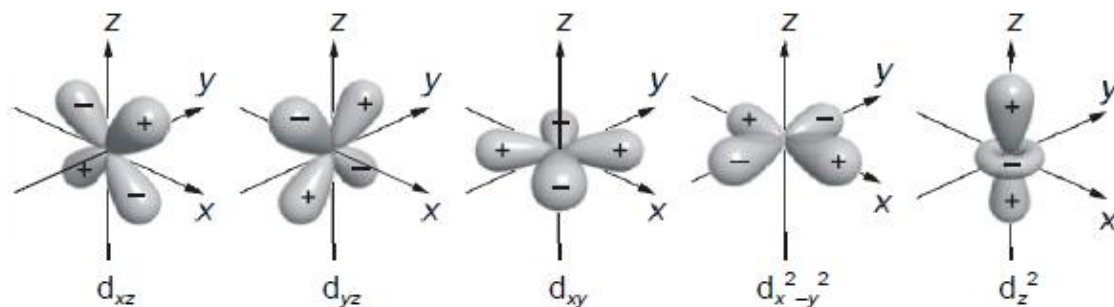
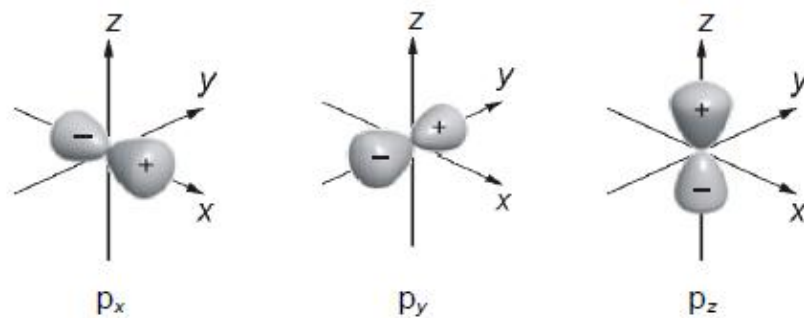
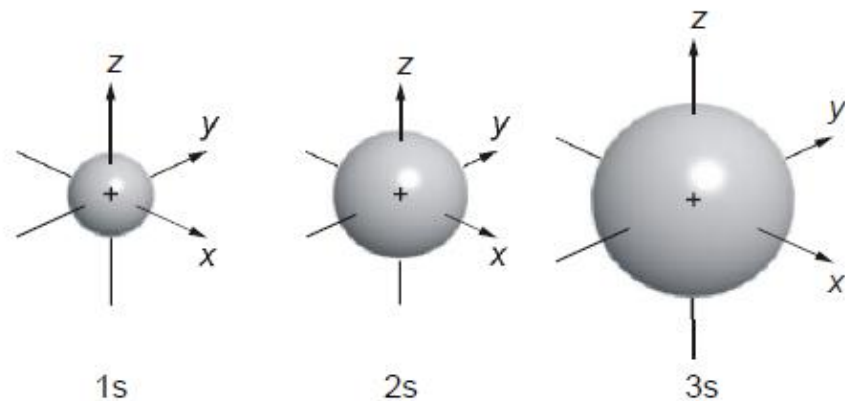
$$n > \ell \geq |m_\ell|$$

n - môže byť len celé kladné číslo, t. j. 1, 2, 3...

ℓ - nadobúda pre každé n hodnoty od 0 po $(n - 1)$

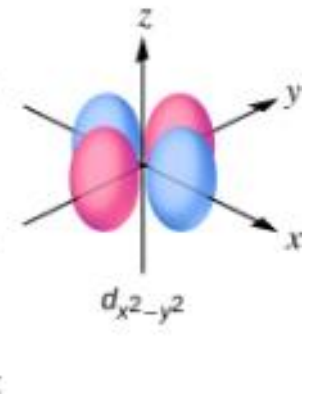
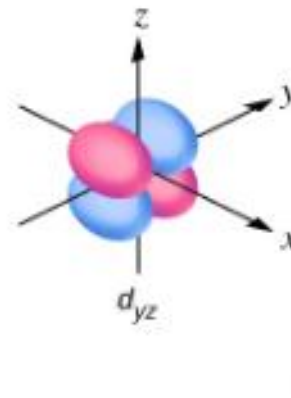
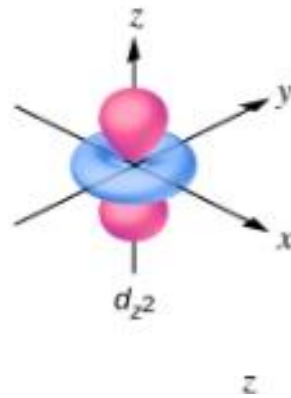
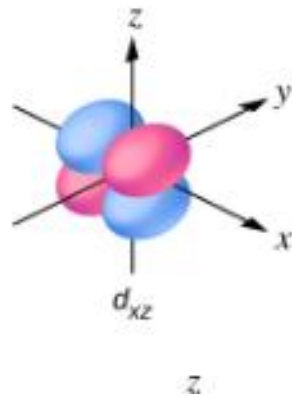
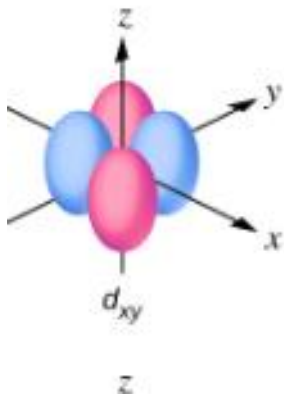
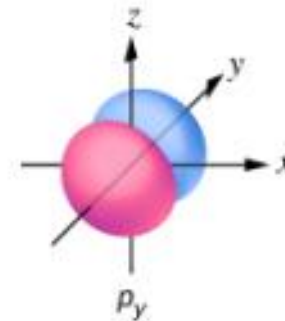
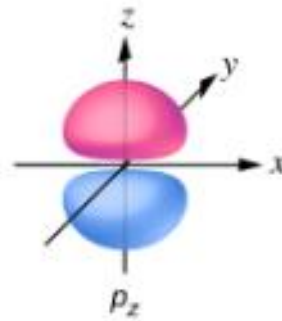
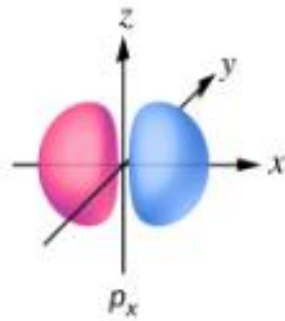
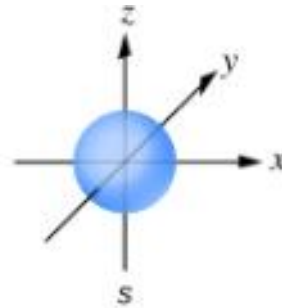
m_ℓ - nadobúda pre každé ℓ celočíselné hodnoty od $-\ell$ po $+\ell$ vrátane 0

m_s - nezávisí od hodnôt ostatných kvantových čísel a je $1/2$ alebo $-1/2$

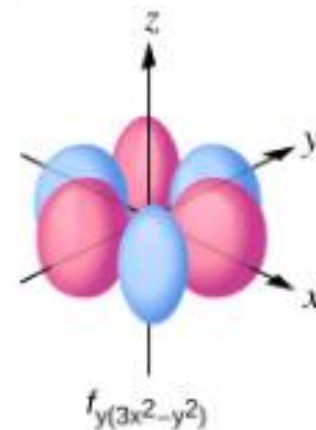
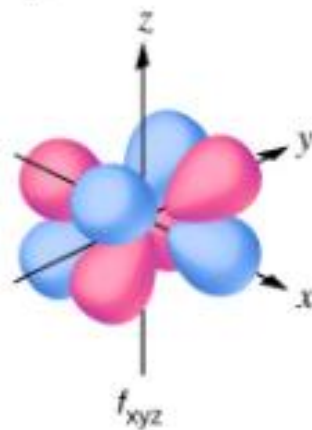
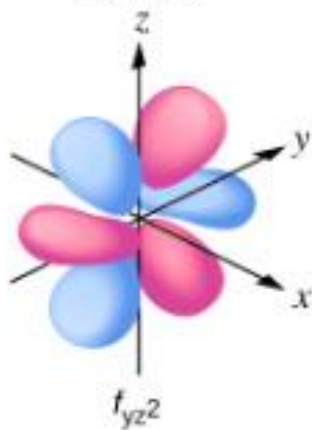
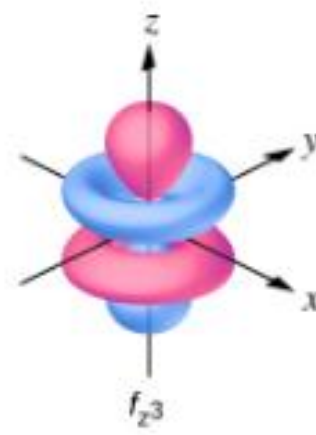
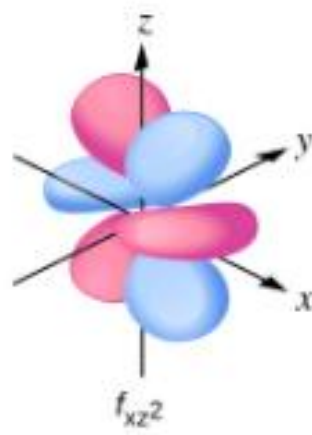
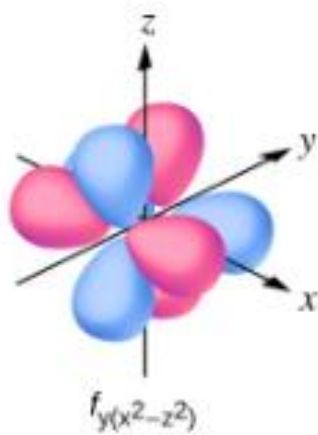
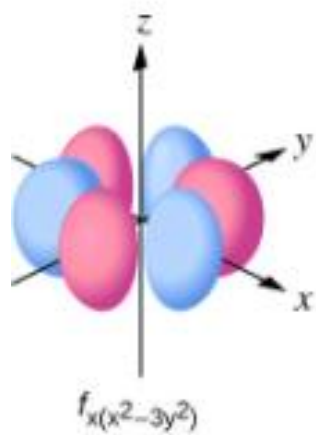


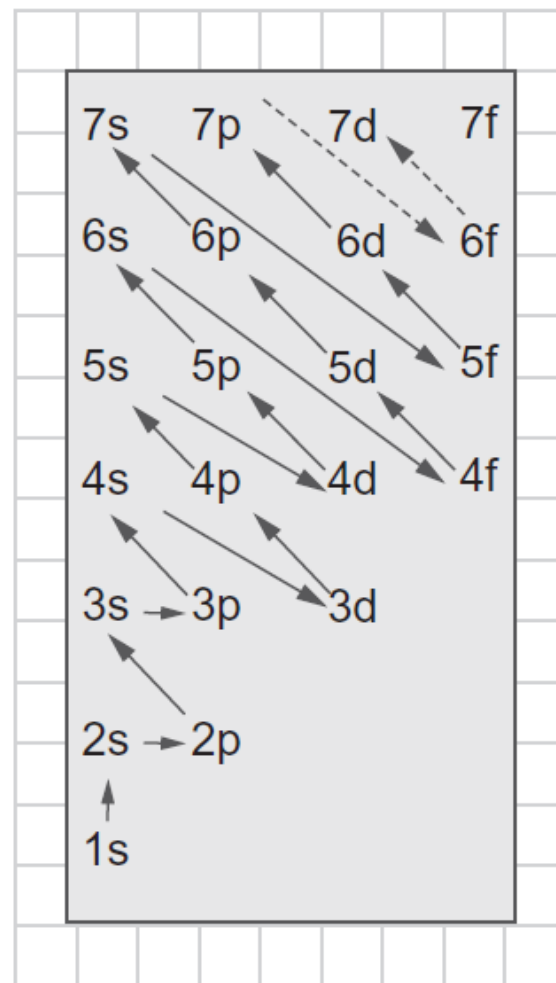
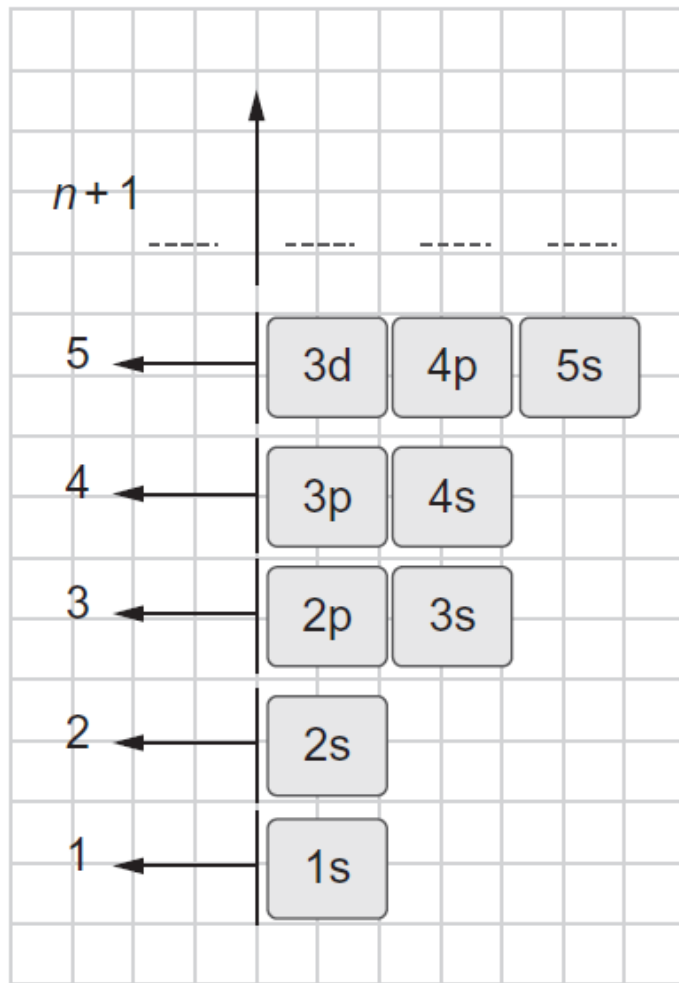
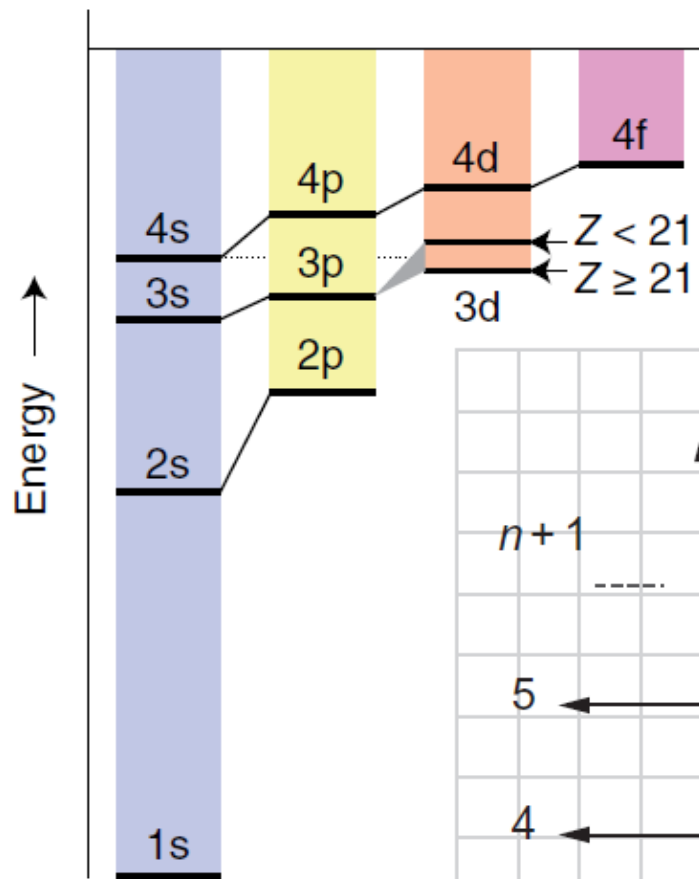
„Tvary“ niektorých orbitálov (znamienka + a – vyjadrujú hodnoty Ψ príslušnej časti priestoru)

s , p a d orbitály



f orbitály





Elektrónová konfigurácia jednojadrových častíc

Pravidlá zisťovania elektrónovej konfigurácie:

elektrónová konfigurácia - *obsadenie orbitálov elektrónmi*

Vytvorenie správnej elektrónovej konfigurácie atómov a ich iónov možno vytvoriť použitím troch pomocných pravidiel, ktoré vyplývajú z kvantovej mechaniky a ktoré platia aj pre viacjadrové častice a pre látky.

Pauliho vylučovací princíp

v častici sa nemôžu nachádzať dva alebo viac elektrónov charakterizovaných rovnakým spinorbitálom. Ak sú tri kvantové čísla, napr. n , ℓ , m_ℓ pre dva elektróny rovnaké, musia mať rozdielne číslo m_s . Takáto dvojica elektrónov sa nazýva elektrónový pár a označuje sa $\uparrow\downarrow$.

Výstavbový princíp

orbitály sa v časticiach obsadzujú elektrónmi v istom poradí tak, že po úplnom obsadení predchádzajúcich orbitálov sa obsadzujú ďalšie orbitály. Toto pravidlo pre jednojadrové častice je poradie obsadzovania atómových orbitálov takéto:

1s 2s 2p 3s 3p 4s 3d 4p 5s 4d 5p 6s 4f 5d 6p, atď'.

Hundovo pravidlo maximálnej spinovej multiplicity

stanovuje, že ak nie sú orbitály jednej hladiny úplne obsadené, nachádza sa v nich maximálny počet nespárených elektrónov s rovnakým spinom. Spinová multiplicita m je definovaná vzťahom

$$m = 1 + 2 \sum m_s$$

Podľa hodnoty spinovej multiplicity sa spinový stav častice nazýva singletový ($m = 1$), dubletový ($m = 2$), tripletový ($m = 3$), kvartetový ($m = 4$) atď'.

Z Pauliho vylučovacieho princípu a vzťahov medzi kvantovými číslami vyplýva maximálny počet elektrónov (označený Ne^-), ktoré môžu byť prítomné v tej-ktorej vrstve a hladine. Ukážeme si to schematicky na orbitáloch štvrtej vrstvy ($n = 4$).

n	4															
ℓ	0	1			2				3							
m_ℓ	0	-1	0	1	-2	-1	0	1	2	-3	-2	-1	0	1	2	3
Σe^- hladiny	2	6			10				14							
Σe^- vrstvy	32															

diamagnetická častica - sú v nej všetky elektróny spárené - je v singletovom spinovom stave, multiplicita $m = 1$

paramagnetická častica - jej multiplicita je $m > 1$

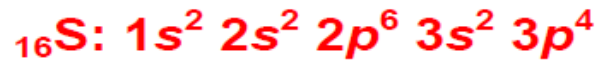
vnútorné elektróny - elektróny v úplne zaplnených orbitáloch, ktoré sa nepodieľajú na tvorbe väzieb (príslušné orbitály **vnútorné orbitály**)

valenčné elektróny - elektróny, ktoré sa podieľajú na tvorbe väzieb (príslušné orbitály sú **valenčné orbitály**)

Elektrónová konfigurácia atómov a ich aniónov

Pri tvorbe elektrónovej konfigurácie atómov postupujeme tak, že orbitály myšlienково postupne obsadzujeme elektrónmi v poradí stanovenom výstavbovým princípom pri dodržaní Pauliho princípu a ak treba, aj Hundovho pravidla.

Najbežnejšiu formu úplného zápisu elektrónovej konfigurácie ukážeme na atóme ${}_{16}\text{S}$, ktorý má 16 elektrónov:



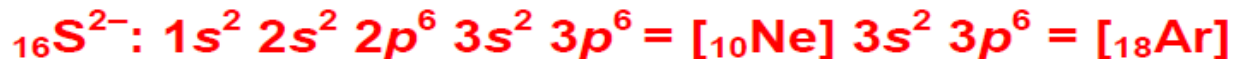
skonkretizovanie obsadenia valečných orbitálov 3p elektrónmi:



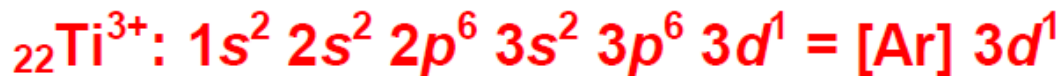
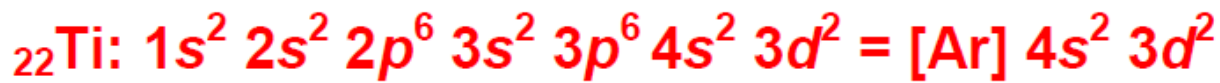
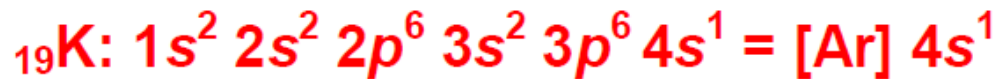
skrátene zápis elektrónových konfigurácií:



Anióny majú počet elektrónov v elektrónovom obale väčší ako počet protónov v jadre.



Katióny majú v elektrónovom obale menší počet elektrónov, ako počet protónov v jadre.



Atóm ${}_{19}\text{K}$ a katión ${}_{22}\text{Ti}^{3+}$ majú pri rovnakom počte elektrónov rozdielnu elektrónovú konfiguráciu. Uvedený rozdiel je spôsobený rôznou prítiažlivou silou jadier atómov draslíka a titánu k elektrónom.

Elektronegativita

V chemických reakciách sa často mení počet elektrónov atómov v reagujúcich časticách. Zmena vnútornej energie ΔU pri odoberaní elektrónu z častice (atóm, molekula, ión) je jej **ionizačná energia I** , zmena vnútornej energie pri prijatí elektrónu časticou je jej **elektrónová afinita A** .

Ak je časticou atóm X , potom jeho ionizačná energia a elektrónová afinita sú definované vzťahmi:



Elektronegativita χ (čítaj chí)

je miera schopnosti kovalentne viazaného atómu priťahovať si väzbový elektrónový pár.

Pôvodná Paulingovská elektronegativita χ_P sa vypočítavala z energií väzieb a uvádza sa ako bezrozmerná veličina.

Mullikenom zavedená elektronegativita χ_M je definovaná vzťahom

$$\chi_M = 0,5(I - A)$$

vyjadruje sa v elektrónvoltoch na časticu (prípadne aj v kJ mol^{-1}).

Periodický zákon a klasifikácia prvkov

Periodický zákon

- a) vlastnosti prvkov sú periodickou funkciou ich atómovej váhy
- b) podstatou periodicity je opakovanie podobnosti obsadenia valenčných orbitálov elektrónmi v atómoch a iónoch prvkov

Periodický zákon je jeden, jeho vyjadrením sú periodické sústavy prvkov, stručne **tabuľky prvkov**, ktorých je niekoľko stoviek. My budeme používať dlhú formu tabuľky.

Jednotlivé riadky tejto tabuľky sa nazývajú **periódy** (v 1. perióde sú dva prvky, vodík a hélium, v 2. perióde je 8 prvkov atď.). Číslo periódy je totožné s maximálnym hlavným kvantovým číslom čiastočne, alebo úplne obsadených orbitálov.

Zvislé stĺpce v tabuľke sa nazývajú **skupiny**. Číslo skupiny súvisí s počtom valenčných elektrónov, maximálnym a minimálnym dosiahnuteľným oxidačným číslom atómov prvkov.

Klasifikácia prvkov podľa elektrónovej konfigurácie ich atómov a iónov

Prvky triedime podľa elektrónovej konfigurácie ich atómov a iónov dvoma zásadnými spôsobmi.

Prvý spôsob:

<i>vzácne plyny</i>	(18. skupina),
<i>neprechodné prvky</i>	(1., 2., 13. až 17. skupina)
<i>prechodné prvky</i>	(3. až 12. skupina)
<i>vnútorne prechodné prvky</i>	(lantanoidy a aktinoidy)

Druhý spôsob:

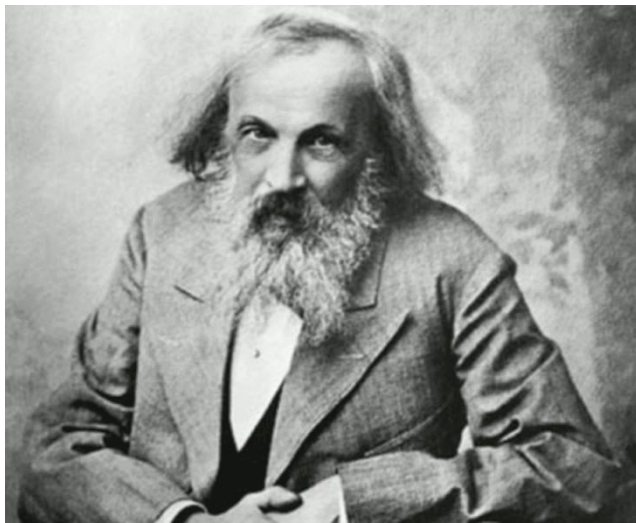
s-prvky (vodík, hélium a prvky 1. a 2. skupiny) s-orbitál n -tej vrstvy obsadený jedným alebo dvomi elektrónmi

p-prvky (prvky 13. až 18 skupiny) majú úplne obsadený s-orbitál a čiastočne (prvky 13. až 17. skupiny), alebo úplne (prvky 18. skupiny) obsadené p-orbitály n -tej vrstvy

d-prvky (3. až 12. skupina) valenčnými orbitálmi sú s-orbitály n -tej a d-orbitály $(n - 1)$ vrstvy

f-prvky sú vnútorne prechodnými prvkami a ich valenčnými orbitálmi sú s-orbitály n -tej vrstvy, d-orbitály $(n - 1)$ vrstvy a f-orbitály $(n - 2)$ vrstvy

Toto triedenie vychádza z toho, ktoré valenčné orbitály majú atómy alebo ich ióny úplne alebo len čiastočne obsadené.



Dmitrij Ivanovič Mendelejev

1834-1907

ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180.
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182.
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186.
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,1.
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198.
			Ni = 59	Pd = 106,6	O = 199.
			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.
H = 1	Be = 9,1	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27,1	? = 68	Ur = 116	Lu = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204.
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207.
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yl = 60	Di = 95		
		?In = 75,6	Th = 118?		

Dlhá forma periodickej sústavy prvkov

Periódá	Skupina																		
	s-prvky		d-prvky										p-prvky						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	
1.	H 1																	He 2	
2.	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10	
3.	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18	
4.	K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36	
5.	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54	
6.	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86	
7.	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Unq 104	Unp 105	Unh 106	Uns 107	Uno 108	Une 109								
Lantanoidy				f-prvky															
				Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71		
Aktinoidy				Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103		

Kompletná periodická tabuľka prvkov

1 H																	2 He									
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne									
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar									
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr									
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe									
55 Cs	56 Ba											72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra											104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og

57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
----------	----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Left-step periodic table (by Charles Janet)

[\[hide\]](#)

	f ¹	f ²	f ³	f ⁴	f ⁵	f ⁶	f ⁷	f ⁸	f ⁹	f ¹⁰	f ¹¹	f ¹²	f ¹³	f ¹⁴	d ¹	d ²	d ³	d ⁴	d ⁵	d ⁶	d ⁷	d ⁸	d ⁹	d ¹⁰	p ¹	p ²	p ³	p ⁴	p ⁵	p ⁶	s ¹	s ²				
																																	H	He		
																																	Li	Be		
																										B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg			
																										Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca			
																Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Rb	Sr			
																Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	Cs	Ba			
4f	5d	6p	7s	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	Fr	Ra	
5f	6d	7p	8s	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og	119	120	Ubu
	121	122	123	124	125	126																														

f-block



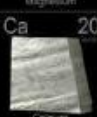

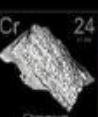






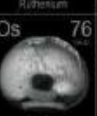




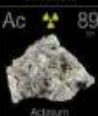
d-block

p-block

s-block,

g-block

The Elements

 H Hydrogen																			 He Helium				
 Li Lithium	 Be Beryllium																	 B Boron	 C Carbon	 N Nitrogen	 O Oxygen	 F Fluorine	 Ne Neon
 Na Sodium	 Mg Magnesium																	 Al Aluminum	 Si Silicon	 P Phosphorus	 S Sulfur	 Cl Chlorine	 Ar Argon
 K Potassium	 Ca Calcium	 Sc Scandium	 Ti Titanium	 V Vanadium	 Cr Chromium	 Mn Manganese	 Fe Iron	 Co Cobalt	 Ni Nickel	 Cu Copper	 Zn Zinc	 Ga Gallium	 Ge Germanium	 As Arsenic	 Se Selenium	 Br Bromine	 Kr Krypton						
 Rb Rubidium	 Sr Strontium	 Y Yttrium	 Zr Zirconium	 Nb Niobium	 Mo Molybdenum	 Tc Technetium	 Ru Ruthenium	 Rh Rhodium	 Pd Palladium	 Ag Silver	 Cd Cadmium	 In Indium	 Sn Tin	 Sb Antimony	 Te Tellurium	 I Iodine	 Xe Xenon						
 Cs Cesium	 Ba Barium	 La Lanthanum	 Hf Hafnium	 Ta Tantalum	 W Tungsten	 Re Rhenium	 Os Osmium	 Ir Iridium	 Pt Platinum	 Au Gold	 Hg Mercury	 Tl Thallium	 Pb Lead	 Bi Bismuth	 Po Polonium	 At Astatine	 Rn Radon						
 Fr Francium	 Ra Radium	 Rf Rutherfordium	 Db Dubnium	 Sg Seaborgium	 Bh Bohrium	 Hs Hassium	 Mt Meitnerium	 Ds Darmstadtium	 Rg Roentgenium	 Uub Ununbium	 Uut Ununtrium	 Uuq Ununquadium	 Uup Ununpentium	 Uuh Ununhexium	 Uus Ununseptium	 Uuo Ununoctium							
 Actinoid elements		 La Lanthanum	 Ce Cerium	 Pr Praseodymium	 Nd Neodymium	 Pm Promethium	 Sm Samarium	 Eu Europium	 Gd Gadolinium	 Tb Terbium	 Dy Dysprosium	 Ho Holmium	 Er Erbium	 Tm Thulium	 Yb Ytterbium	 Lu Lutetium							
 Ac Actinium	 Th Thorium	 Pa Protactinium	 U Uranium	 Np Neptunium	 Pu Plutonium	 Am Americium	 Cm Curium	 Bk Berkelium	 Cf Californium	 Es Einsteinium	 Fm Fermium	 Md Mendelevium	 No Nobelium	 Lr Lawrencium									

Please visit www.chemistry.com for more information on the periodic table of elements.

© 2011 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without the prior written permission of The McGraw-Hill Companies, Inc.

PERIODIC TABLE of the ELEMENTS



Project sponsored by the SHUTTLEWORTH FOUNDATION
 (www.shuttleworthfoundation.org)
 Tel: 01273 891000 Fax: 01273 891001

He
Helium 2
4.00

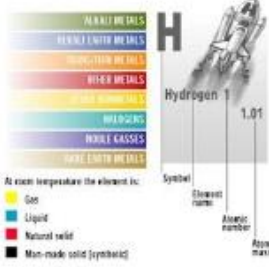
H
Hydrogen 1
1.01

Li
Lithium 3
6.94

Be
Beryllium 4
9.01

Mg
Magnesium 12
24.31

Na
Sodium 11
22.99

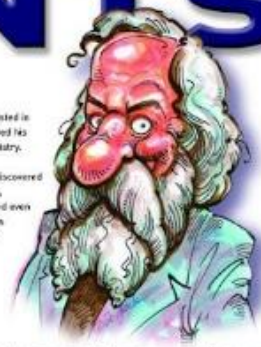


DMITRI MENDELEYEV (1834 - 1907)

The Russian chemist, Dmitri Mendeleev, was the first to observe that if elements were listed in order of atomic mass, they showed regular (periodical) repeating properties. He formulated his discovery in a periodic table of elements, now regarded as the backbone of modern chemistry.

The crowning achievement of Mendeleev's periodic table lay in his prophecy of then undiscovered elements. In 1869, the year he published his periodic classification, the elements gallium, germanium and scandium were unknown. Mendeleev left spaces for them in his table and even predicted their atomic masses and other chemical properties. Six years later, gallium was discovered and his predictions were found to be accurate. Other discoveries followed and their chemical behaviour matched that predicted by Mendeleev.

This remarkable man, the youngest in a family of 15 children, has left the scientific community with a classification system so powerful that it became the cornerstone in chemistry teaching and the prediction of new elements ever since. In 1925, element 101 was named after him: Mendelevium.



K
Potassium 19
39.10

Ca
Calcium 20
40.08

Sc
Scandium 21
44.96

Ti
Titanium 22
47.88

V
Vanadium 23
50.94

Cr
Chromium 24
52.00

Mn
Manganese 25
54.94

Fe
Iron 26
55.85

Ni
Nickel 28
58.69

Co
Cobalt 27
58.93

Cu
Copper 29
63.55

Zn
Zinc 30
65.39

Ga
Gallium 31
69.72

Ge
Germanium 32
72.61

As
Arsenic 33
74.92

Se
Selenium 34
78.96

Br
Bromine 35
79.90

Kr
Krypton 36
83.80

Rb
Rubidium 37
85.47

Sr
Strontium 38
87.62

Y
Yttrium 39
88.91

Zr
Zirconium 40
91.22

Nb
Niobium 41
92.91

Mo
Molybdenum 42
95.94

Tc
Technetium 43
(98)

Ru
Ruthenium 44
101.07

Rh
Rhodium 45
102.91

Pd
Palladium 46
106.42

Ag
Silver 47
107.87

Cd
Cadmium 48
112.41

In
Indium 49
114.82

Sn
Tin 50
118.71

Sb
Antimony 51
121.76

Te
Tellurium 52
127.60

I
Iodine 53
126.90

Xe
Xenon 54
131.29

Ba
Barium 56
137.33

Cs
Caesium 55
132.91

Lanthanide Series

Hf
Hafnium 72
178.49

Ta
Tantalum 73
180.95

W
Tungsten 74
183.85

Re
Rhenium 75
186.21

Os
Osmium 76
190.23

Ir
Iridium 77
192.22

Pt
Platinum 78
195.08

Au
Gold 79
196.97

Hg
Mercury 80
200.59

Tl
Thallium 81
204.38

Pb
Lead 82
207.20

Bi
Bismuth 83
208.98

Po
Polonium 84
(209)

At
Astatine 85
(210)

Rn
Radon 86
(222)

Ra
Radium 88
(226)

Fr
Francium 87
(223)

Actinide Series

Rf
Rutherfordium 104
(261)

Db
Dubnium 105
(262)

Sg
Seaborgium 106
(263)

Bh
Bohrium 107
(264)

Hs
Hassium 108
(265)

Mt
Meitnerium 109
(266)

La
Lanthanum 57
138.91

Ce
Cerium 58
140.12

Pr
Praseodymium 59
140.91

Nd
Neodymium 60
144.24

Pm
Promethium 61
(145)

Sm
Samarium 62
150.36

Eu
Europium 63
151.96

Gd
Gadolinium 64
157.25

Tb
Terbium 65
158.93

Dy
Dysprosium 66
162.50

Ho
Holmium 67
164.93

Er
Erbium 68
167.26

Tm
Thulium 69
168.93

Yb
Ytterbium 70
173.05

Lu
Lutetium 71
174.97

Ac
Actinium 89
(227)

Th
Thorium 90
232.04

Pa
Protactinium 91
231.04

U
Uranium 92
238.03

Np
Neptunium 93
(237)

Pu
Plutonium 94
244.06

Am
Americium 95
243.06

Cm
Curium 96
247.07

Bk
Berkelium 97
(247)

Cf
Californium 98
251.08

Es
Einsteinium 99
(252)

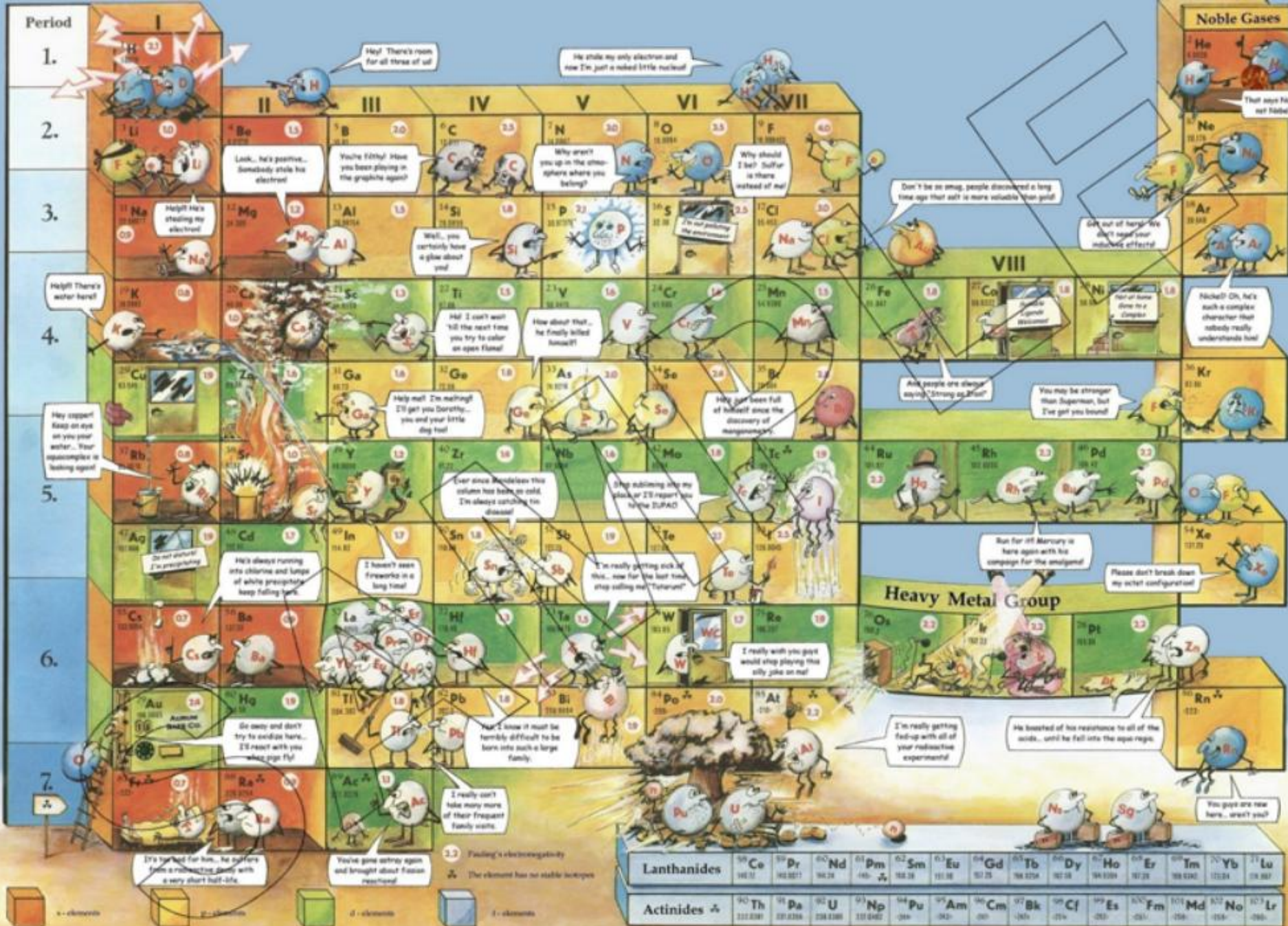
Fm
Fermium 100
(257)

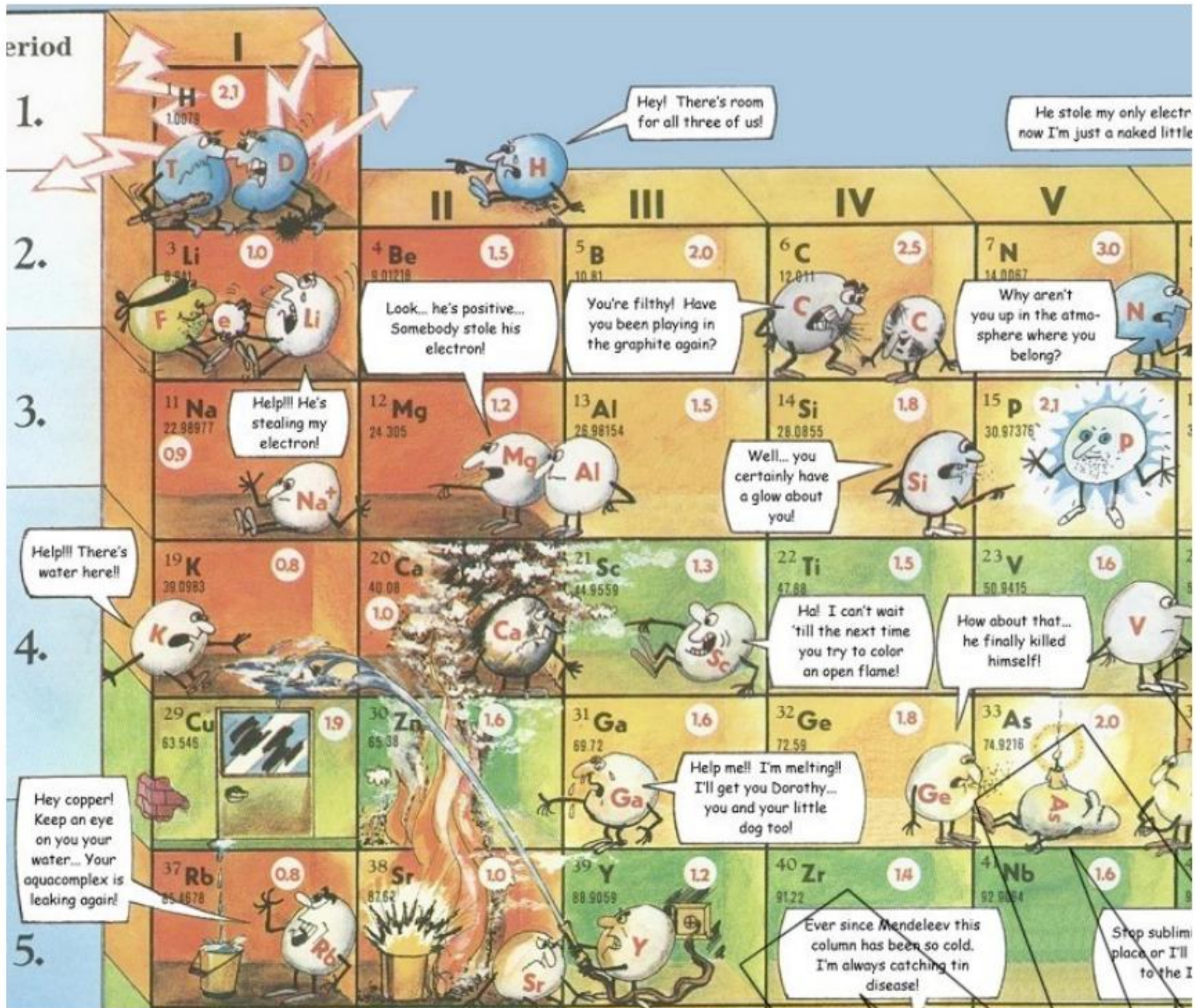
Md
Mendelevium 101
(258)

No
Nobelium 102
(259)

Lr
Lawrencium 103
(260)







period

1.
2.
3.
4.
5.

	I	II	III	IV	V
1.	<p>¹H 1.00794 (2.1)</p> <p>T, D</p>				
2.	<p>³Li 6.941 (1.0)</p> <p>F, Li</p>	<p>⁴Be 9.01218 (1.5)</p>	<p>⁵B 10.81 (2.0)</p>	<p>⁶C 12.011 (2.5)</p> <p>C</p>	<p>⁷N 14.0064 (3.0)</p> <p>N</p>
3.	<p>¹¹Na 22.98977 (0.9)</p> <p>Na⁺</p>	<p>¹²Mg 24.305 (1.2)</p> <p>Mg, Al</p>	<p>¹³Al 26.98154 (1.5)</p>	<p>¹⁴Si 28.0855 (1.8)</p> <p>Si</p>	<p>¹⁵P 30.97376 (2.1)</p> <p>P</p>
4.	<p>¹⁹K 39.0983 (0.8)</p> <p>K</p>	<p>²⁰Ca 40.08 (1.0)</p> <p>Ca</p>	<p>²¹Sc 44.9559 (1.3)</p> <p>Sc</p>	<p>²²Ti 47.88 (1.5)</p> <p>Ti</p>	<p>²³V 50.9415 (1.6)</p> <p>V</p>
	<p>²⁹Cu 63.546 (1.9)</p>	<p>³⁰Zn 65.38 (1.6)</p>	<p>³¹Ga 69.72 (1.6)</p> <p>Ga</p>	<p>³²Ge 72.59 (1.8)</p> <p>Ge</p>	<p>³³As 74.9216 (2.0)</p> <p>As</p>
	<p>³⁷Rb 85.4678 (0.8)</p> <p>Rb</p>	<p>³⁸Sr 87.62 (1.0)</p> <p>Sr</p>	<p>³⁹Y 88.9059 (1.2)</p> <p>Y</p>	<p>⁴⁰Zr 91.22 (1.4)</p> <p>Zr</p>	<p>⁴¹Nb 92.9064 (1.6)</p> <p>Nb</p>

Hey! There's room for all three of us!

He stole my only electron now I'm just a naked little

Look... he's positive... Somebody stole his electron!

You're filthy! Have you been playing in the graphite again?

Why aren't you up in the atmosphere where you belong?

Help!!! He's stealing my electron!

Well... you certainly have a glow about you!

Help!!! There's water here!!

Ha! I can't wait 'till the next time you try to color an open flame!

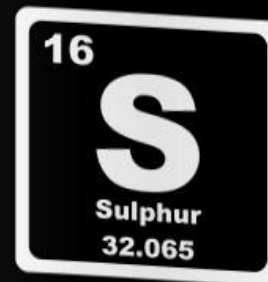
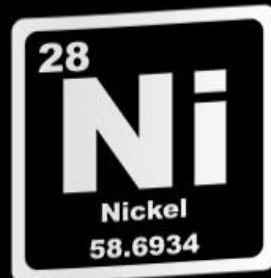
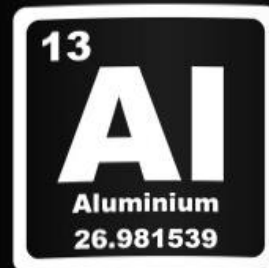
How about that... he finally killed himself!

Hey copper! Keep an eye on you your water... Your aqua complex is leaking again!

Help me!! I'm melting! I'll get you Dorothy... you and your little dog too!

Ever since Mendeleev this column has been so cold. I'm always catching tin disease!

Stop subliming place or I'll to the I



Chemická väzba

je elektromagnetická interakcia medzi súčasťami zložitejších útvarov, ktorá spôsobuje existenciu týchto zložitejších útvarov a ovplyvňuje ich zloženie, štruktúru a vlastnosti

Uvedenými zložitejšími útvarmi, ktoré budeme nazývať **viazané systémy**, sú molekuly, viacjadrové ióny a chemické látky. Ich súčasťami sú elektróny, atómové jadrá, ióny, atómy a molekuly. K najtypickejším črtám viazaných systémov patria:

- celková energia viazaného systému je menšia, ako súčet energií jeho zložiek pred vznikom viazaného systému,
- vlastnosti viazaného systému nie sú súčtom vlastností jeho zložiek, pri vzniku viazaného systému strácajú jeho zložky svoju chemickú identitu,
- viazaný systém má charakteristickú chemickú štruktúru, t. j. elektrónovú konfiguráciu a priestorové usporiadanie atómových jadier.

Chemickú väzbu formálne triedime zvyčajne z hľadiska **polarity** na **kovalentnú, iónovú a kovovú**, pri **kovalentnej väzbe** berieme do úvahy aj jej **násobnosť**. Na rozhraní chemickej väzby a fyzikálnych medzičasticových interakcií sa nachádza **vodíková väzba**.

Určiť charakter väzby z hľadiska polarity nie je zložité a pomôžu nám k tomu tieto pravidlá:

Elektronegativita

V chemických reakciách sa často mení počet elektrónov atómov v reagujúcich časticiach. Zmena vnútornej energie ΔU pri odoberaní elektrónu z častice (atóm, molekula, ión) je jej **ionizačná energia I** , zmena vnútornej energie pri prijatí elektrónu časticou je jej **elektrónová afinita A** .

Ak je časticou atóm X , potom jeho ionizačná energia a elektrónová afinita sú definované vzťahmi:



Elektronegativita χ (čítaj chí)

je miera schopnosti kovalentne viazaného atómu priťahovať si väzbový elektrónový pár.

Pôvodná Paulingovská elektronegativita χ_P sa vypočítavala z energií väzieb a uvádza sa ako bezrozmerná veličina.

Mullikenom zavedená elektronegativita χ_M je definovaná vzťahom

$$\chi_M = 0,5(I - A)$$

vyjadruje sa v elektrónvoltoch na časticu (prípadne aj v kJ mol^{-1}).

Nepolárnu kovalentnú väzbu – tvoria atómy rovnakého (zvyčajne nekovového) prvku alebo atómy prvkov s blízkou hodnotou elektronegativity χ (rozdiel ich Paulingovských elektronegativít $\Delta\chi \leq 0,4$), ktoré sú viazané rovnocenne.

Polárnu kovalentnú väzbu – tvoria atómy rôznych nekovových prvkov s rozdielom Paulingovských elektronegativít $\Delta\chi > 0,4$.

Iónová väzba jestvuje v tuhých iónových zlúčeninách. Treba priznať, že niet dôkazov o jestvovaní 100 %-nej iónovej väzby a aj väzba v takých "klasických" prípadoch iónových zlúčenín, ako je napr. NaCl, má čiastočne kovalentný charakter.

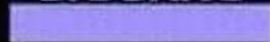
Kovovou väzbou sú viazané atómy kovových prvkov v kovoch a zliatinách.

Vodíková väzba je príťažlivá interakcia, charakterom na prieniku chemickej väzby a fyzikálnych interakcií. Je to zvyčajne medzimolekulová príťažlivá sila medzi atómom vodíka jednej molekuly a atómom elektronegatívnejšieho prvku (najmä F, O, N, Cl, S) druhej molekuly.

WHERE DO ELEMENTS COME FROM?

H B																	He B	
Li C	Be C											B C	C S L	N S L	O S L	F L	Ne S L	
Na L	Mg L											Al S L	Si S L	P L	S S L	Cl L	Ar L	
K L	Ca L	Sc L	Ti S L	V S L	Cr L	Mn L	Fe S L	Co S	Ni S	Cu L	Zn L	Ga S	Ge S	As L	Se S	Br S	Kr S	
Rb S	Sr L	Y L	Zr L	Nb L	Mo S L	Tc L	Ru S L	Rh S	Pd S L	Ag S L	Cd S L	In S L	Sn S L	Sb S	Te S	I S	Xe S	
Cs S	Ba L			Hf S L	Ta S L	W S L	Re S	Os S	Ir S	Pt S	Au S	Hg S L	Tl S L	Pb S	Bi S	Po S	At S	Rn S
Fr S	Ra S																	
		La L	Ce L	Pr S L	Nd S L	Pm S L	Sm S L	Eu S	Gd S	Tb S	Dy S	Ho S	Er S	Tm S	Yb S L	Lu S		
		Ac S	Th S	Pa S	U S	Np S	Pu S	Am M	Cm M	Bk M	Cf M	Es M	Fm M	Md M	No M	Lr M		

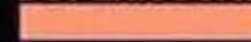
BIG BANG



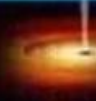
LARGE STARS



SUPERNOVAE



COSMIC RAYS



SMALL STARS



MAN MADE



hmotnosť
náboj
spin

$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$

$\frac{2}{3}$
 $\frac{1}{2}$

u

up

$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$

$\frac{2}{3}$
 $\frac{1}{2}$

c

charm

$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$

$\frac{2}{3}$
 $\frac{1}{2}$

t

top

0
0
1

g

gluón

$\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$

0
0
0

H

higgs

KVARKY

$\approx 4.7 \text{ MeV}/c^2$

$-\frac{1}{3}$
 $\frac{1}{2}$

d

down

$\approx 96 \text{ MeV}/c^2$

$-\frac{1}{3}$
 $\frac{1}{2}$

s

strange

$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$

$-\frac{1}{3}$
 $\frac{1}{2}$

b

bottom

0
0
1

γ

fotón

$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$

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

e

elektrón

$\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$

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

μ

muón

$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$

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

τ

tau

$\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$

0
1

Z

Z bozón

LEPTÓNY

$< 2.2 \text{ eV}/c^2$

0
 $\frac{1}{2}$

ν_e

elektrónové
neutríno

$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$

0
 $\frac{1}{2}$

ν_μ

muónové
neutríno

$< 18.2 \text{ MeV}/c^2$

0
 $\frac{1}{2}$

ν_τ

tau
neutríno

$\approx 80.39 \text{ GeV}/c^2$

± 1
1

W

W bozón

BOZÓNY

hmotnosť
náboj
spin

$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$

$\frac{2}{3}$
 $\frac{1}{2}$

u

up

$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$

$\frac{2}{3}$
 $\frac{1}{2}$

c

charm

$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$

$\frac{2}{3}$
 $\frac{1}{2}$

t

top

0
0
1

g

gluón

$\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$

0
0
0

H

higgs

KVARKY

$\approx 4.7 \text{ MeV}/c^2$

$-\frac{1}{3}$
 $\frac{1}{2}$

d

down

$\approx 96 \text{ MeV}/c^2$

$-\frac{1}{3}$
 $\frac{1}{2}$

s

strange

$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$

$-\frac{1}{3}$
 $\frac{1}{2}$

b

bottom

0
0
1

γ

fotón

$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$

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

e

elektrón

$\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$

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

μ

muón

$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$

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

τ

tau

$\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$

0
1

Z

Z bozón

LEPTÓNY

$< 2.2 \text{ eV}/c^2$

0
 $\frac{1}{2}$

ν_e

elektrónové
neutríno

$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$

0
 $\frac{1}{2}$

ν_μ

muónové
neutríno

$< 18.2 \text{ MeV}/c^2$

0
 $\frac{1}{2}$

ν_τ

tau
neutríno

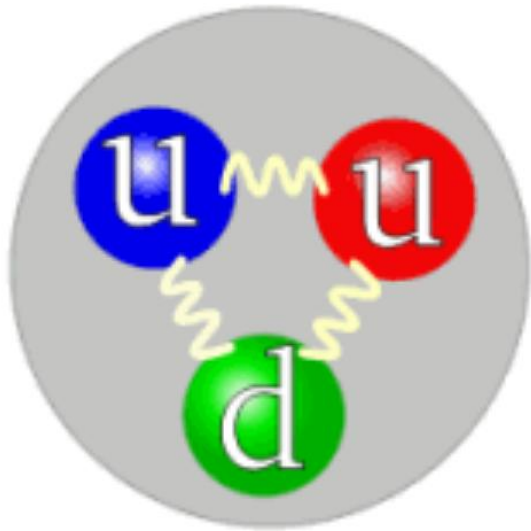
$\approx 80.39 \text{ GeV}/c^2$

± 1
1

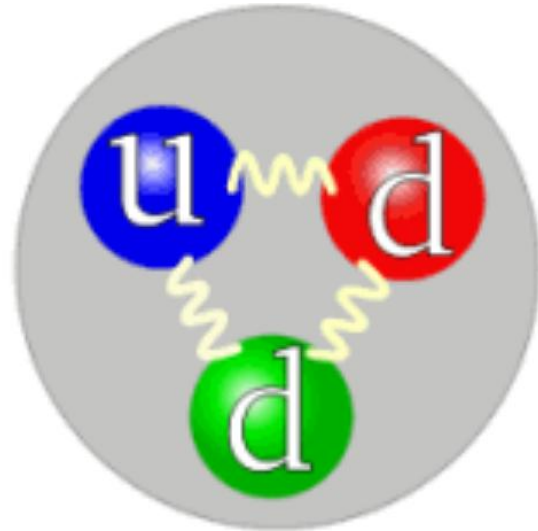
W

W bozón

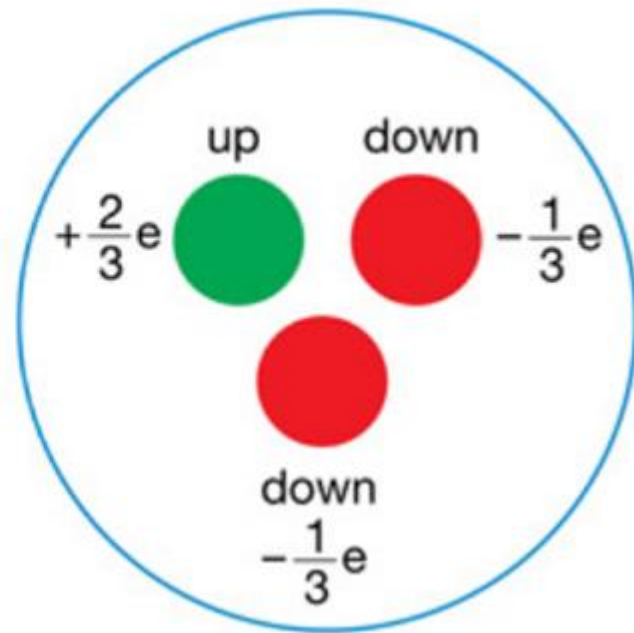
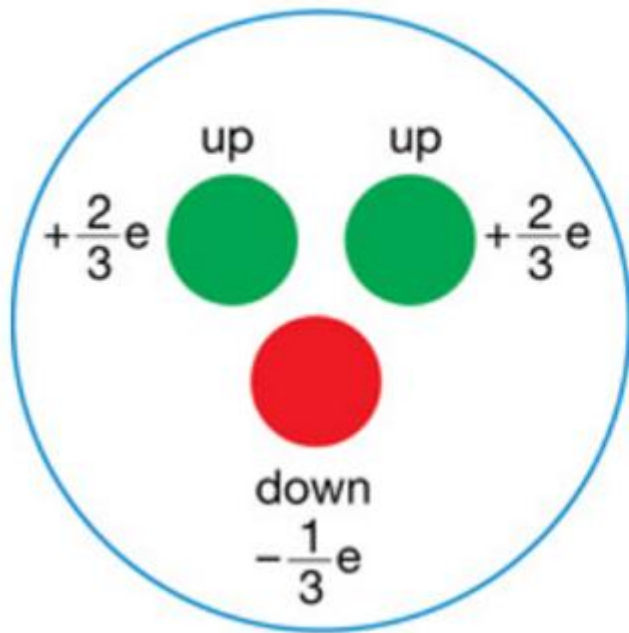
BOZÓNY



Proton



Neutron



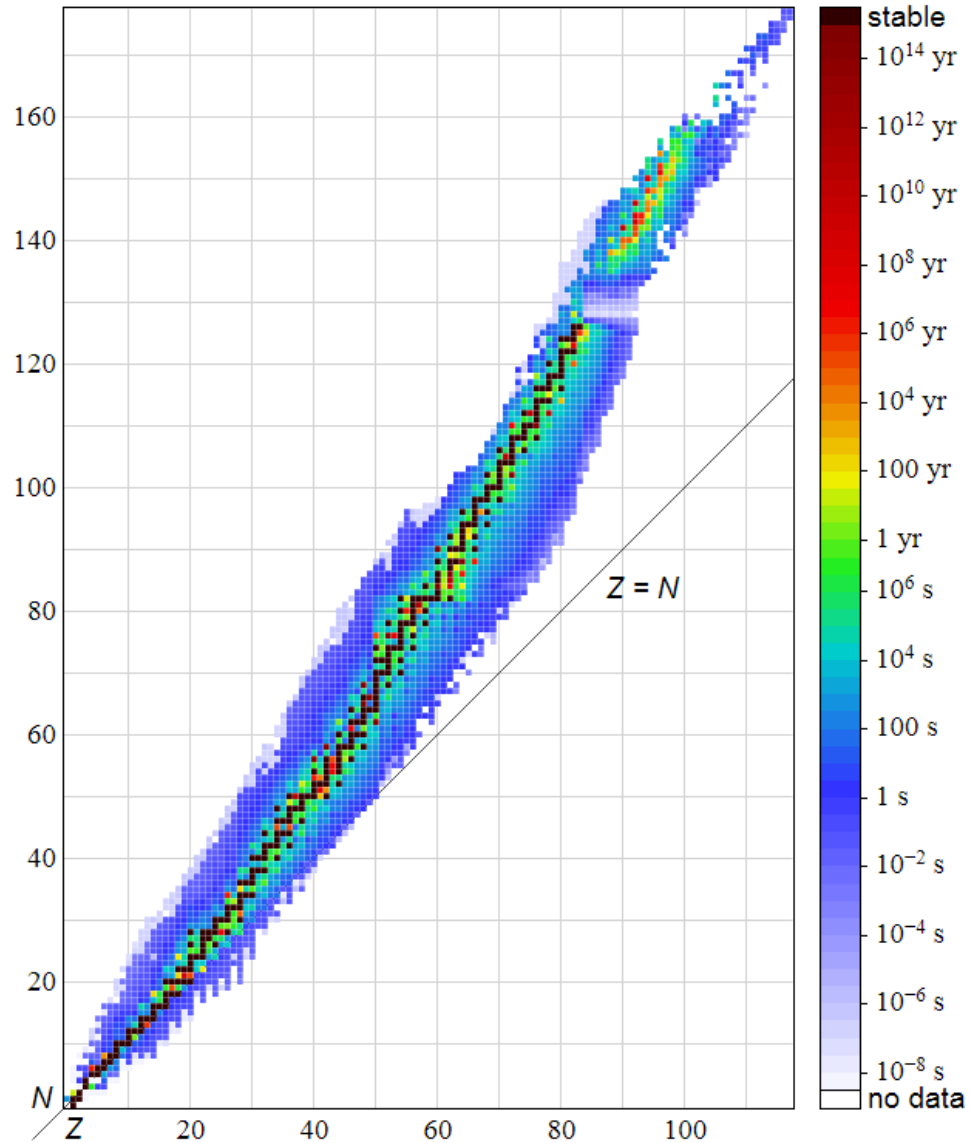
Rádioaktivita

- Jadrá atómov nepodliehajú zmenám počas chemických reakcií, to však neznamená, že sa jadrá nemôžu meniť.
- **Jadrová chémia** študuje chemické dôsledky rádioaktívnych premien.
- **Štiepenie (rozpad) jadier** je fragmentácia veľkých (ťažkých) jadier na menšie (stredne ťažké) jadrá.
- **Jadrová fúzia** je spájanie menších jadier do väčších.

Rádioaktivita

- **protónové číslo Z** – atómové číslo - udáva počet protónov v atómovom jadre.
- **neutrónové číslo N** – udáva počet neutrónov v atómovom jadre.
- **nukleónové číslo A** - hmotnostné číslo – udáva počet nukleónov (súčet protónov a neutrónov) v atómovom jadre.

Rádioaktivita

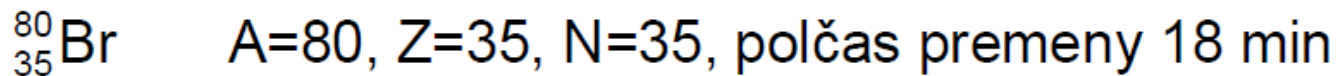
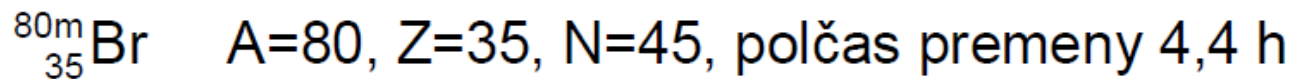


Rádioaktivita

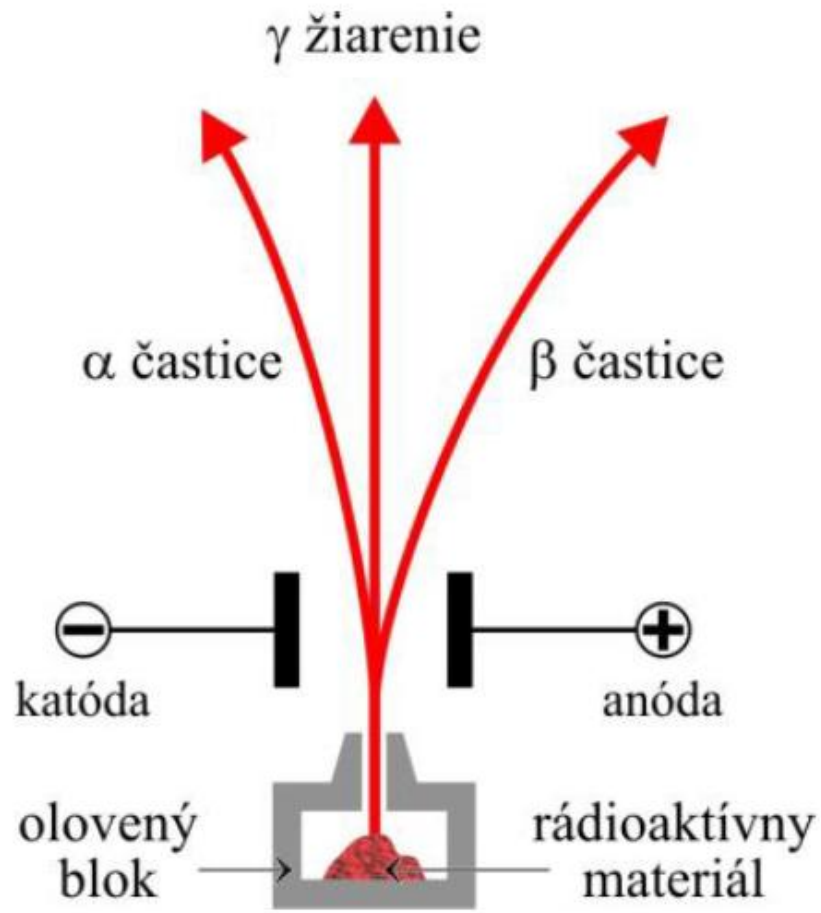
- Druh atómov, ktoré majú určitý počet protónov, ako aj určitý počet neutrónov (t.j. rovnaké zloženie jadra), sa nazýva **nuklid**. A_ZX
- Nuklidy toho istého prvku s rozličným počtom neutrónov v jadre sú **izotopy**. ${}^3_2\text{He}$ a ${}^4_2\text{He}$
- Nuklidy s rovnakým počtom neutrónov a rôznym počtom protónov sú **izobary**. ${}^{14}_6\text{C}$ a ${}^{14}_7\text{N}$.
- Nuklidy, ktoré majú rovnaký počet neutrónov sú **izotóny**. ${}^{30}_{15}\text{P}$ a ${}^{31}_{16}\text{S}$

Rádioaktivita

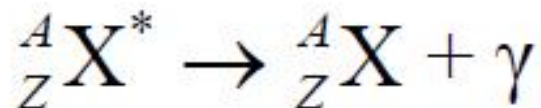
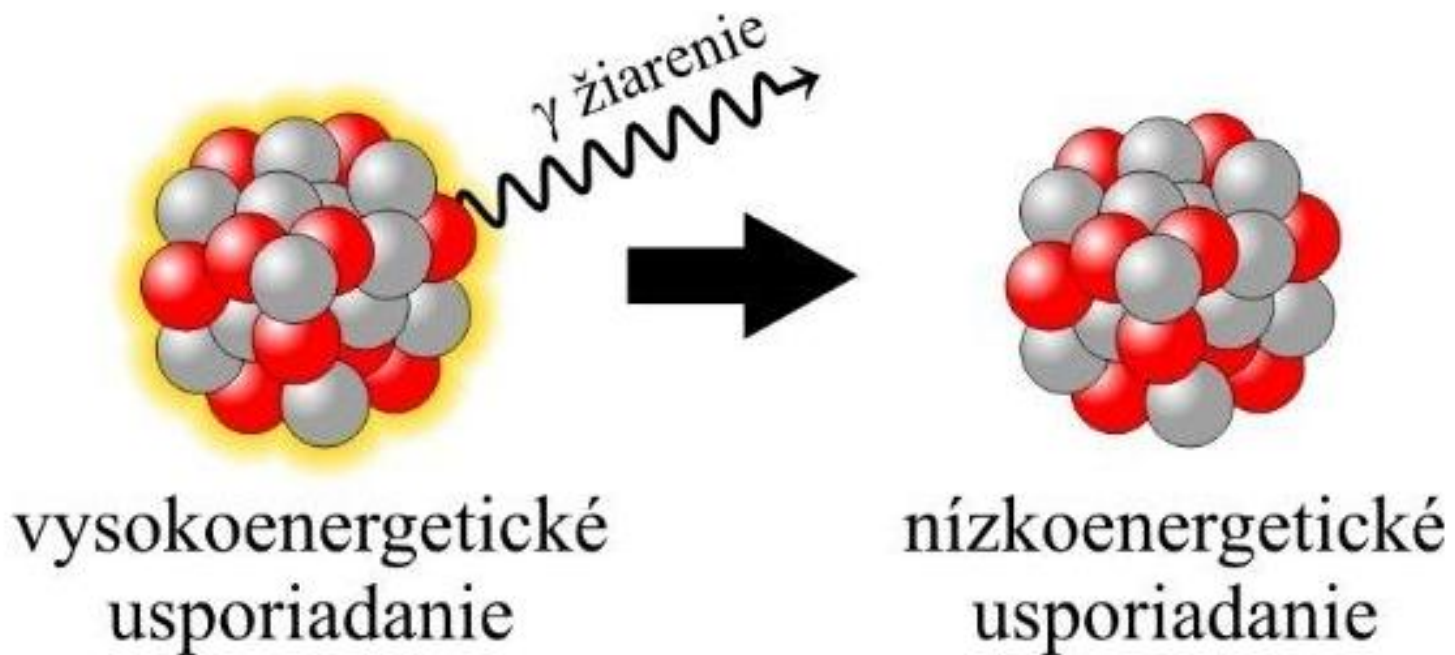
- **Jadrové izoméry** (izobarické izotopy) sú nuklidy s rovnakými protónovými aj nukleónovými číslami. Majú rovnaký počet protónov aj neutrónov, líšia sa iba vzájomnou konfiguráciou v atómovom jadre. Jadrové izoméry sa líšia energetickými stavmi, parametrami jadrových premien a podobne. Vyšší izomér, čiže jadro s vyššou energiou, sa označuje malým *m* (metastabilný) za nukleónovým číslom.



Tri typy žiarenia rádioaktívneho materiálu

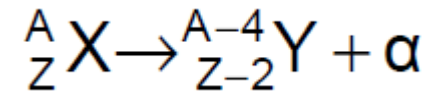


Vyžarovanie γ fotónu počas stabilizácie vznikajúceho vysokoenergetického jadra

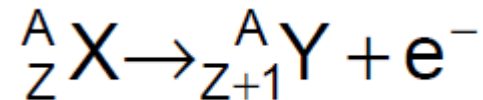


Posunové pravidlá

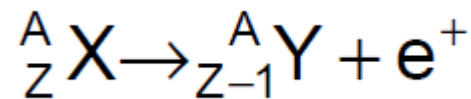
- Pri alfa premene sa protónové číslo prvku zníži o 2 jednotky a nukleónové číslo o 4 jednotky; prvok sa posunie v periodickej sústave prvkov o dve miesta doľava.



- Pri zápornej beta premene sa protónové číslo zvýši o 1 a nukleónové číslo ostáva bez zmeny. Prvok sa posunie o jedno miesto doprava.

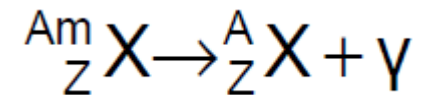


- Pri kladnom beta rozpade sa protónové číslo prvku zmenší o 1 a nukleónové číslo ostáva bez zmeny. Prvok sa posunie o jedno miesto doľava

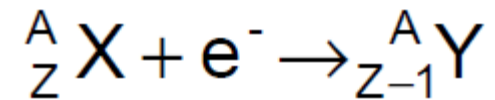


Posunové pravidlá

- Pri gama žiarení a izomérskej premene atómového jadra sa nemení ani protónové ani nukleónové číslo prvku, preto sa nemení ani poloha prvku v periodickej sústave prvkov.

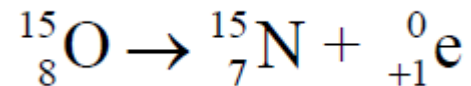
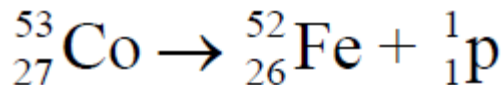
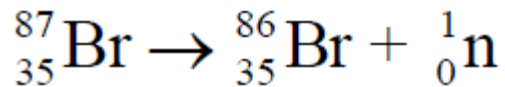


- Pri zachytení elektrónu sa protónové číslo zmenší o 1 a nukleónové číslo sa nemení.



Umelá (indukovaná) rádioaktivita

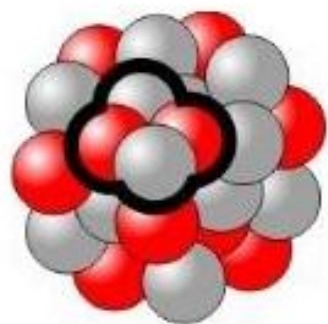
- Okrem spomínaných **prirodzených rozpadov**, počas ktorých dochádza k **transmutáciám (transformáciám)** jedného jadra na iné, môžu byť transmutácie aj umelo vyvolané.
- Ak sa poča ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\alpha \rightarrow [{}^{18}_9\text{F}] \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{p}$ praví nestabilný izotop (napr.), tento sa ďalej rozkladá rádioaktívnym rozkladom, čomu hovoríme **umelá (indukovaná) rádioaktivita**.



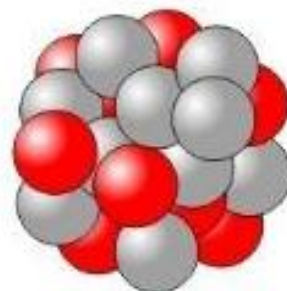
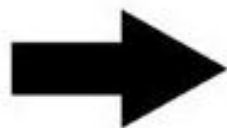
Posunové pravidlá

Proces	Častica	ΔZ	ΔA	Príklad
α rozpad	${}^4_2\alpha$	-2	-4	${}^{211}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{207}_{82}\text{Pb} + {}^4_2\alpha$
β rozpad	${}^0_{-1}\text{e}$	1	0	${}^{24}_{11}\text{Na} \rightarrow {}^{24}_{12}\text{Mg} + {}^0_{-1}\text{e}$
elektrónový záchyt	${}^0_{-1}\text{e}$	-1	0	${}^{44}_{22}\text{Ti} + {}^0_{-1}\text{e} \rightarrow {}^{44}_{21}\text{Sc}$
pozitrónová emisia	${}^0_1\text{e}$	-1	0	${}^{43}_{22}\text{Na} \rightarrow {}^{43}_{21}\text{Sc} + {}^0_1\text{e}$
protónová emisia	${}^1_1\text{p}$	-1	-1	${}^{57}_{30}\text{Zn} \rightarrow {}^{56}_{29}\text{Cu} + {}^1_1\text{p}$
neutrónová emisia	${}^1_0\text{n}$	0	-1	${}^{91}_{34}\text{Se} \rightarrow {}^{90}_{34}\text{Se} + {}^1_0\text{n}$

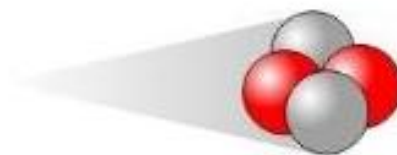
Emisia α častice v priebehu α rozpadu spolu so zmenami Z a A



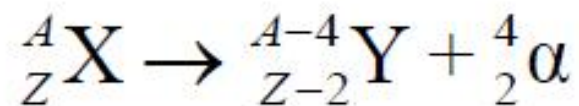
Z, A



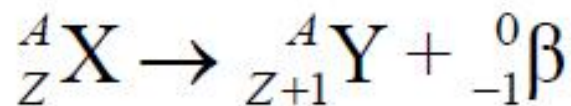
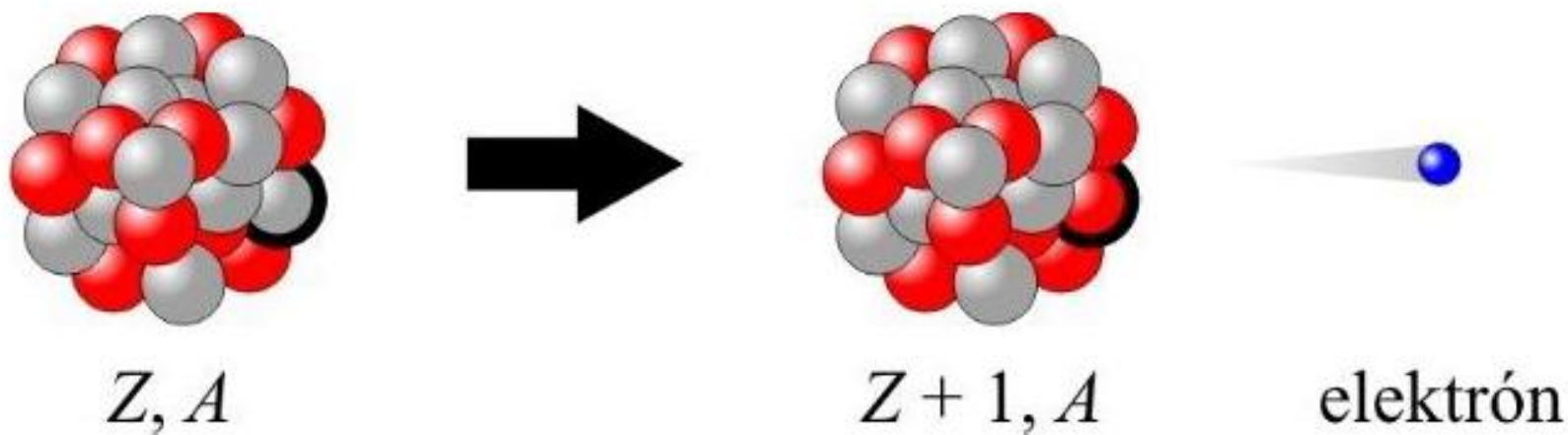
$Z - 2, A - 4$



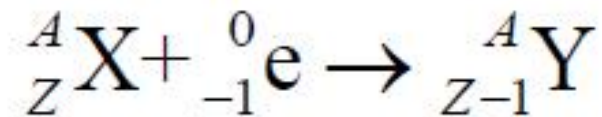
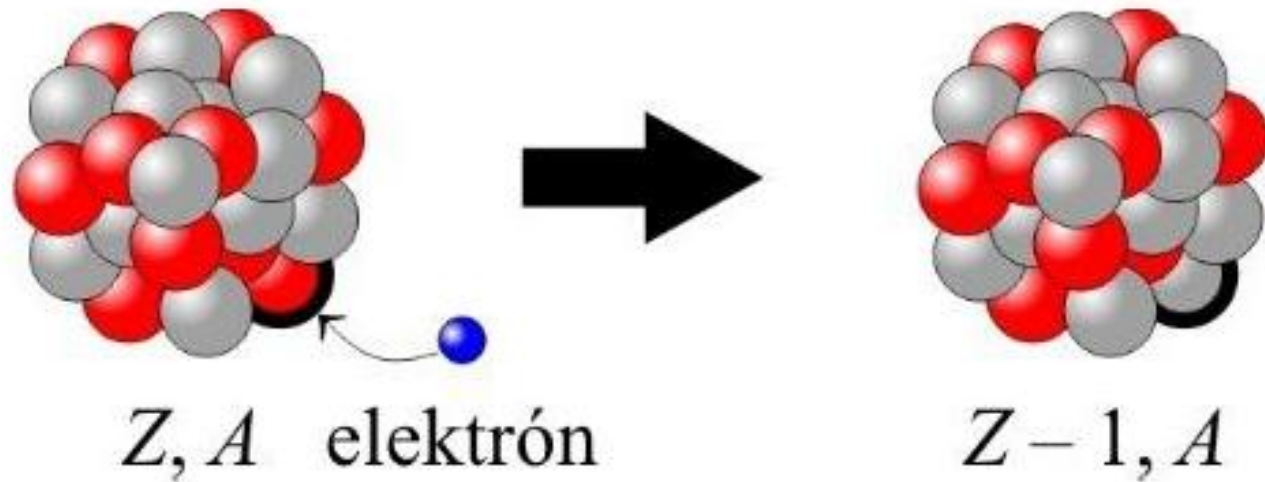
α častica



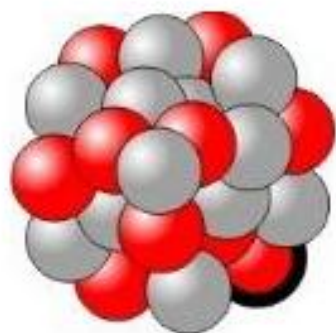
Emisia β častice v priebehu β rozpadu spolu so zmenami Z a A



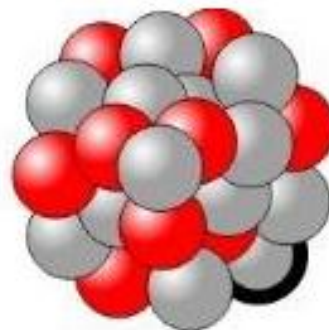
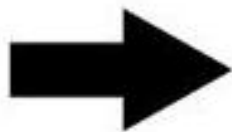
Elektrónový záchyt spolu so zmenami Z a A



Pozitrónová emisia v priebehu β^+ rozpadu spolu so zmenami Z a A



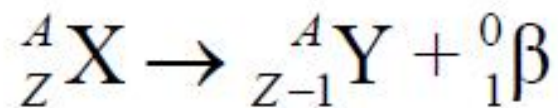
Z, A



$Z-1, A$



pozitrón



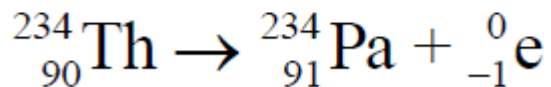
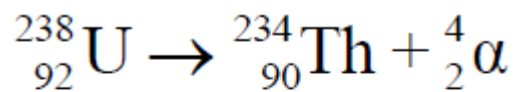
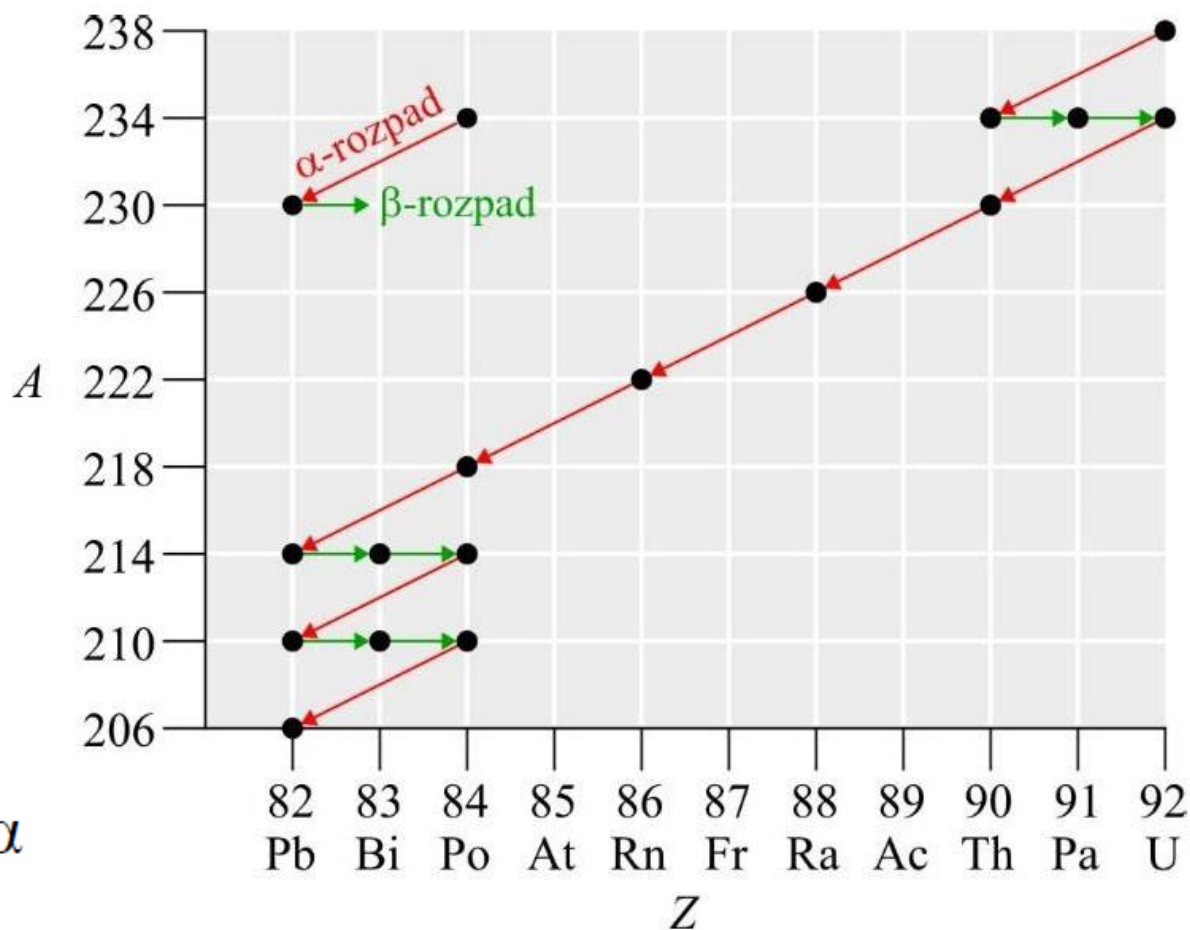
Vlastnosti emitovaných částic

Typ	Stupeň prenikania (ochrana)	Rýchlosť v / c^a	Častica ^b	A	q	Príklad
α	neprenikavé, ale poškodzujúce (papier)	$\approx 0,1 c$	jadro hélia ${}^4_2\text{He}^{2+}$, ${}^4_2\alpha$, α	4	+2	${}^{211}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{207}_{82}\text{Pb} + {}^4_2\alpha$
β	mierne prenikavé (3 mm Al)	$< 0,9 c$	elektrón ${}^0_{-1}\text{e}$, β^- , β	0	-1	${}^{24}_{11}\text{Na} \rightarrow {}^{24}_{12}\text{Mg} + {}^0_{-1}\text{e}$
γ	veľmi prenikavé (olovo, betón)	$\approx c$	fotón	0	0	${}^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^{60}_{27}\text{Co} + \gamma$
β^+	mierne prenikavé	$< 0,9 c$	pozitrón ${}^0_1\text{e}$, β^+	0	+1	${}^{22}_{11}\text{Na} \rightarrow {}^{22}_{10}\text{Ne} + {}^0_1\text{e}$
p	mierne / málo prenikavé	$\approx 0,1 c$	protón ${}^1_1\text{H}^+$, ${}^1_1\text{p}$, p	1	+1	${}^{53}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^{52}_{26}\text{Fe} + {}^1_1\text{p}$
n	veľmi prenikavé	$< 0,1 c$	neutrón ${}^1_0\text{n}$, n	1	0	${}^{137}_{53}\text{I} \rightarrow {}^{136}_{53}\text{I} + {}^1_0\text{n}$

^a c je rýchlosť svetla vo vákuu ($299792458 \text{ m s}^{-1}$).

^b Pre častice sú udané alternatívne symboly.

Rozpadový rad uránu-238 (^{238}U)



Kinetika rádioaktívnych premien

- Nestabilita atómov alebo metastabilných častíc sa charakterizuje ***strednou dobou života*** τ a predstavuje najpravdepodobnejšiu dobu života ktoréhokoľvek atómu uvažovaného rádioaktívneho prvku.

Kinetika rádioaktívnych premien

- Kinetiku rádioaktívnej premieny charakterizuje **polčas premieny** alebo **polčas rozpadu T** . Je to priemerná doba, za ktorú sa počet rádioaktívneho nuklidu zmenší na polovicu. Je to určitý časový interval, za ktorý pôvodný počet rádioaktívnych atómov N_0 poklesne na polovičnú hodnotu N_T .
- Počet nepremenených atómov rádionuklidu sa mení s časom podľa **exponenciálneho zákona rádioaktívnej premieny**:
$$N_T = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$
- Kinetiku rádioaktívnej premieny charakterizuje **polčas premieny** alebo **polčas rozpadu T** .

$$N_T = \frac{N_0}{2} \Rightarrow \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda T} \Rightarrow \lambda \cdot T = \ln 2 \Rightarrow T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

Krivka rádioaktivního rozpadu vo vztahu k polčasu

