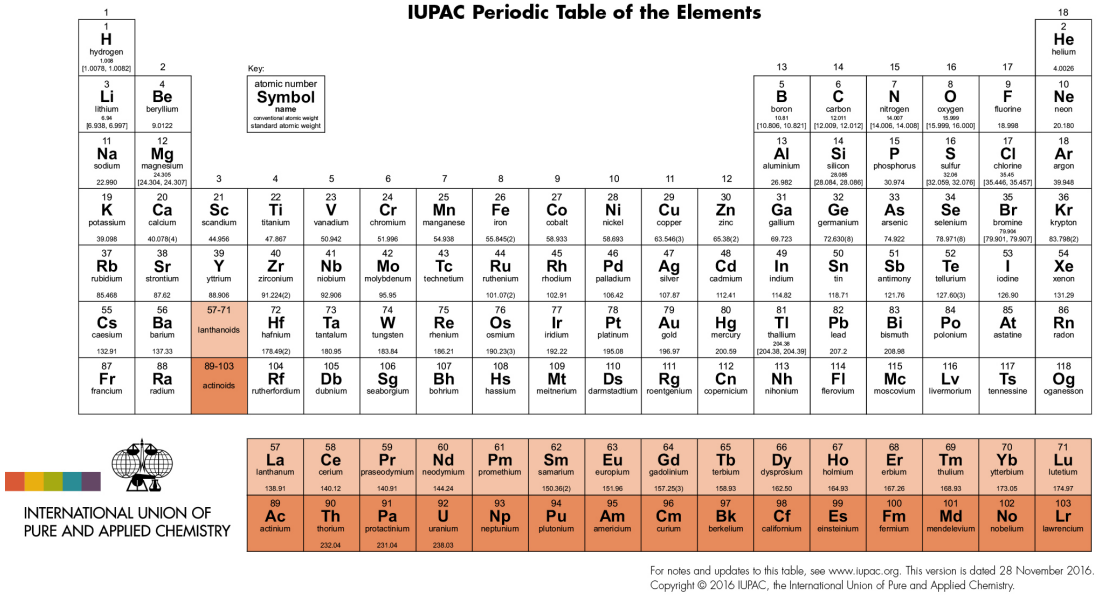
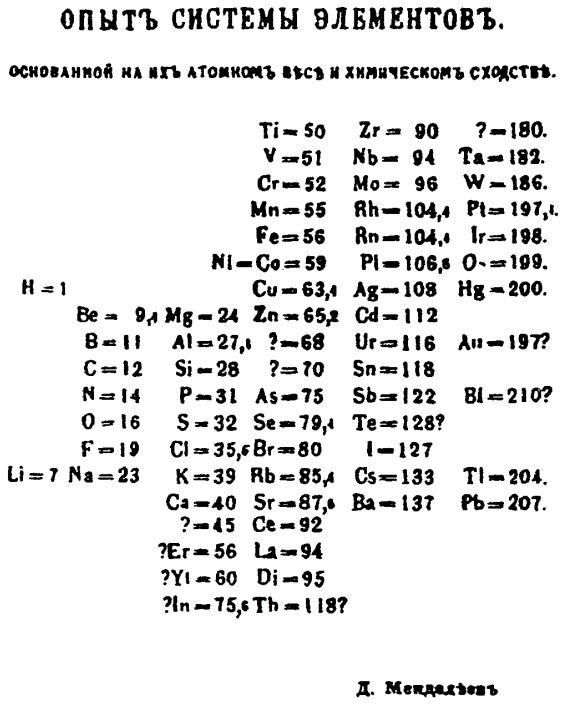
Novinky v periodické tabulce prvků

Zdeněk Moravec, hugo@chemi.muni.cz



Úvod

1869



ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

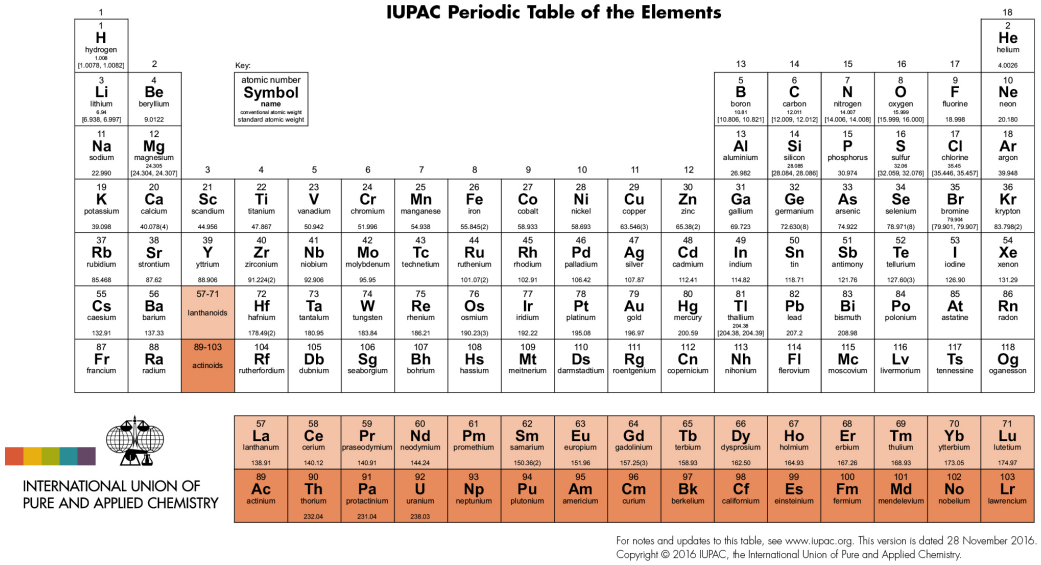
ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

		Ti=50	Zr=90	?=180.	
		V=51	Nb=94	Ta=182.	
		Cr=52	Mo=96	W=186.	
		Mn=55	Rh=104,4	Pt=197,4.	
		Fe=56	Rn=104,4	Ir=198.	
		Ni=Co=59	Pl=106,6	Os=199.	
H=1		Cu=63,4	Ag=108	Hg=200.	
	Be=9,4	Mg=24	Zn=65,2	Cd=112	
	B=11	Al=27,4	?=68	Ur=116	Au=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		
		?Yt=60	Di=95		
		?In=75,6	Th=118?		

Д. Менделѣевъ

Periodická tabulka prvků z roku 1869.[1]

2016



IUPAC Periodic Table of the Elements

Key: atomic number, Symbol, name, conventional atomic weight, standard atomic weight

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H hydrogen 1.008 [1.0078, 1.0082]																	2 He helium 4.0026
3 Li lithium 6.94 [6.938, 6.997]	4 Be beryllium 9.0122											5 B boron 10.81 [10.806, 10.821]	6 C carbon 12.011 [12.009, 12.012]	7 N nitrogen 14.007 [14.006, 14.008]	8 O oxygen 15.999 [15.999, 16.000]	9 F fluorine 18.998	10 Ne neon 20.180
11 Na sodium 22.990	12 Mg magnesium 24.305 [24.304, 24.307]											13 Al aluminium 26.982	14 Si silicon 28.085 [28.084, 28.086]	15 P phosphorus 30.974	16 S sulfur 32.06 [32.059, 32.076]	17 Cl chlorine 35.45 [35.446, 35.457]	18 Ar argon 39.948
19 K potassium 39.098	20 Ca calcium 40.078(4)	21 Sc scandium 44.956	22 Ti titanium 47.867	23 V vanadium 50.942	24 Cr chromium 51.996	25 Mn manganese 54.938	26 Fe iron 55.845(2)	27 Co cobalt 58.933	28 Ni nickel 58.693	29 Cu copper 63.546(3)	30 Zn zinc 65.38(2)	31 Ga gallium 69.723	32 Ge germanium 72.630(8)	33 As arsenic 74.922	34 Se selenium 78.971(8)	35 Br bromine 79.904 [79.901, 79.907]	36 Kr krypton 83.798(2)
37 Rb rubidium 85.468	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.906	40 Zr zirconium 91.224(2)	41 Nb niobium 92.906	42 Mo molybdenum 95.95	43 Tc technetium	44 Ru ruthenium 101.07(2)	45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.42	47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41	49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71	51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.60(3)	53 I iodine 126.90	54 Xe xenon 131.29
55 Cs caesium 132.91	56 Ba barium 137.33	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.49(2)	73 Ta tantalum 180.95	74 W tungsten 183.84	75 Re rhenium 186.21	76 Os osmium 190.23(3)	77 Ir iridium 192.22	78 Pt platinum 195.08	79 Au gold 196.97	80 Hg mercury 200.59	81 Tl thallium 204.38 [204.38, 204.39]	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon
87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium	111 Rg roentgenium	112 Cn copernicium	113 Nh nihonium	114 Fl flerovium	115 Mc moscovium	116 Lv livermorium	117 Ts tennessine	118 Og oganesson

57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12	59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.36(2)	63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.25(3)	65 Tb terbium 158.93	66 Dy dysprosium 162.50	67 Ho holmium 164.93	68 Er erbium 167.26	69 Tm thulium 168.93	70 Yb ytterbium 173.05	71 Lu lutetium 174.97
89 Ac actinium	90 Th thorium 232.04	91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03	93 Np neptunium	94 Pu plutonium	95 Am americium	96 Cm curium	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 28 November 2016.
Copyright © 2016 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

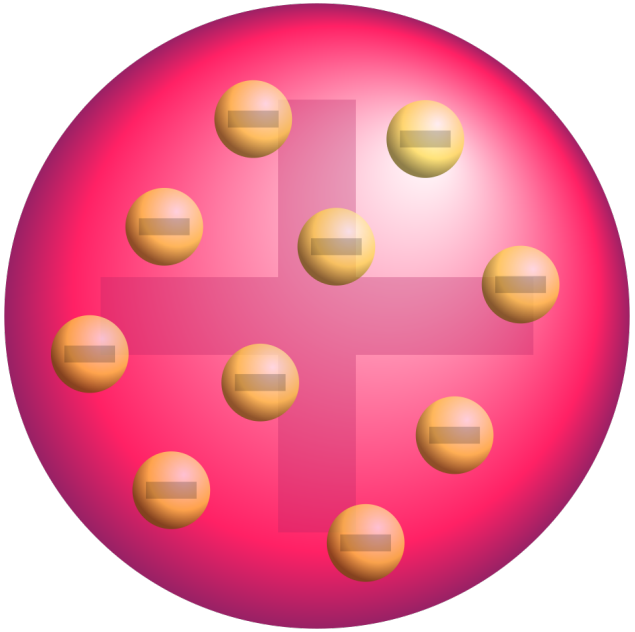
Periodická tabulka prvků.[2]

[1] Zdroj: Dmitrij Ivanovič Mendělejev/Commons
[2] Zdroj: IUPAC

Atom

Historický vývoj atomové teorie

- Démokritos (460–370 př. n. l.) — všechno jsoucí se skládá ze dvou prvků, „plného“ a „prázdného“, které do sebe nikdy nepřecházejí. „Plné“ tvoří nedělitelné (řecky atomoi) a nekonečně rozmanité částečky, které se pohybují v „prázdném“.
- Nedělitelnost atomu byla vyvrácena až v roce 1897 fyzikem J. J. Thompsonem, který objevil a charakterizoval elektron.[3]

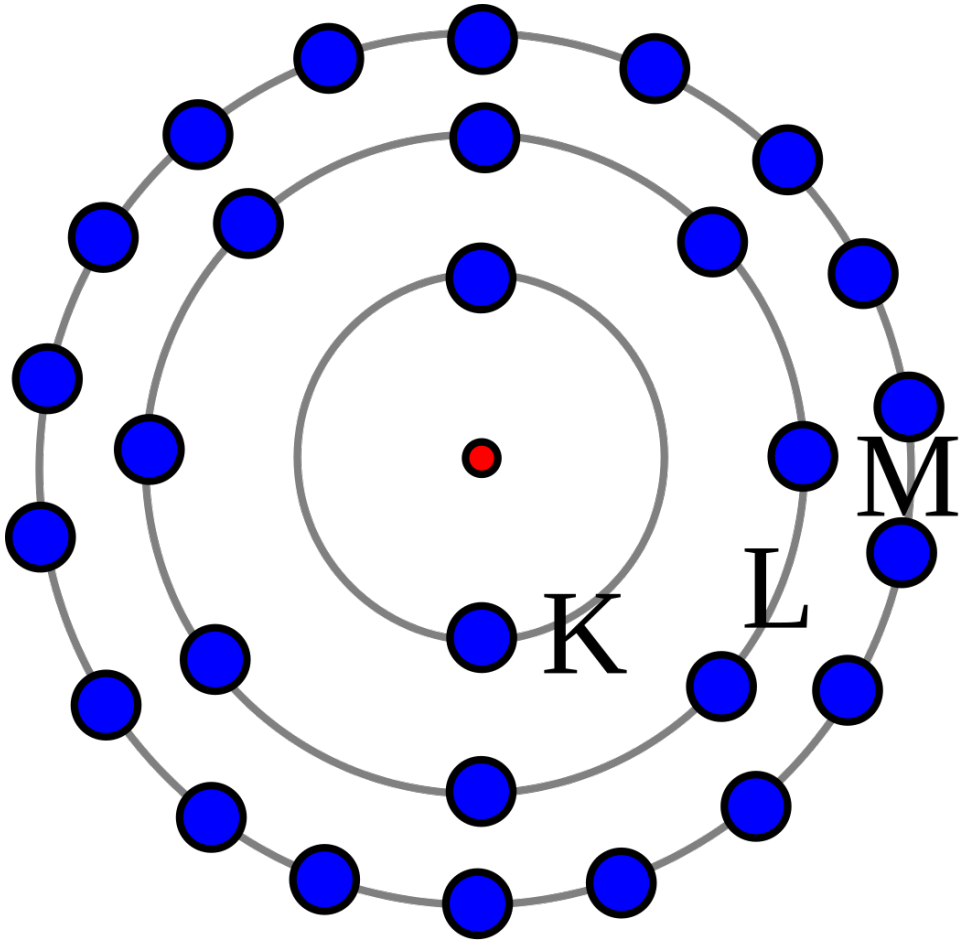


Thompsonův pudinkový model atomu.[4]

[3] Corpuscles to Electrons
[4] Zdroj: Fastfission/Commons

- Niels Bohr (1885–1962) — dánský fyzik, nositel Nobelovy ceny za fyziku z roku 1922.[5]
- V letech 1911–1918 vytvořil tzv. *Bohrův model atomu*.
- Zavedl tři postuláty:[6]
  1. Atom je stabilní soustava složená z kladně nabitého jádra, v němž je soustředěna téměř celá hmotnost atomu, a z elektronového obalu. Elektrony obíhají kolem jádra po kružnicových drahách, na nichž nevyzařují žádnou energii.
  2. Atom se může nacházet pouze v kvantových stacionárních stavech s určitou hodnotou energie (na určitých energetických hladinách).
  3. Při přechodu mezi energetickými hladinami elektron absorbuje (při přechodu na hladinu s vyšší energií) nebo emituje (při přechodu na hladinu s nižší energií) právě jeden foton, jehož energie odpovídá energetickému rozdílu hladin.

[5] The Nobel Prize in Physics 1922
[6] Bohr model



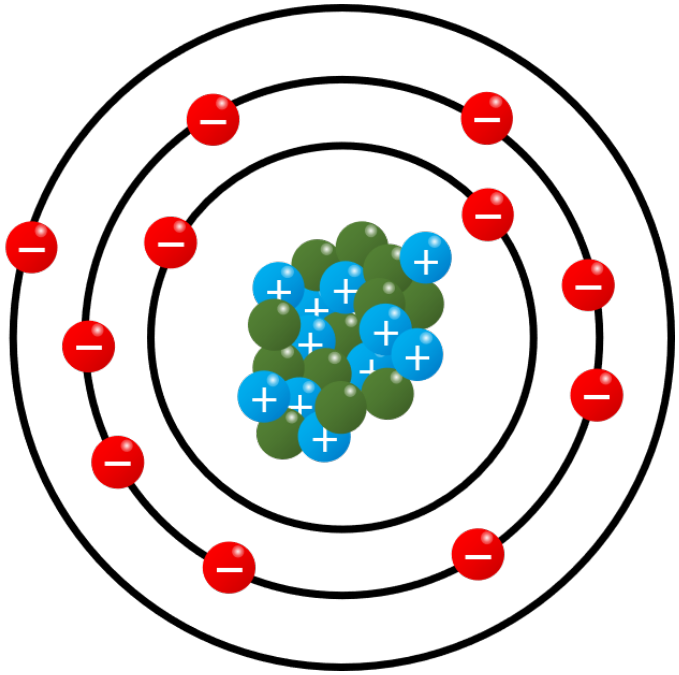
Bohrův model atomu.[7]

[7] Zdroj: Cdang/Commons

Atom

Struktura atomu

- Atom – skládá se z elektronového obalu a atomového jádra
- Elektronový obal – tvoří většinu objemu atomu, ale je skoro prázdný
- Atomové jádro – malý objem, ale obsahuje většinu hmoty atomu
- Periodická tabulka prvků – atomy (prvky) seřazené podle hmotnosti (počtu protonů)
- Perioda – skupina prvků, které mají shodnou valenční slupku elektronového obalu
- Skupina – prvky, které mají shodný počet elektronů ve valenční slupce

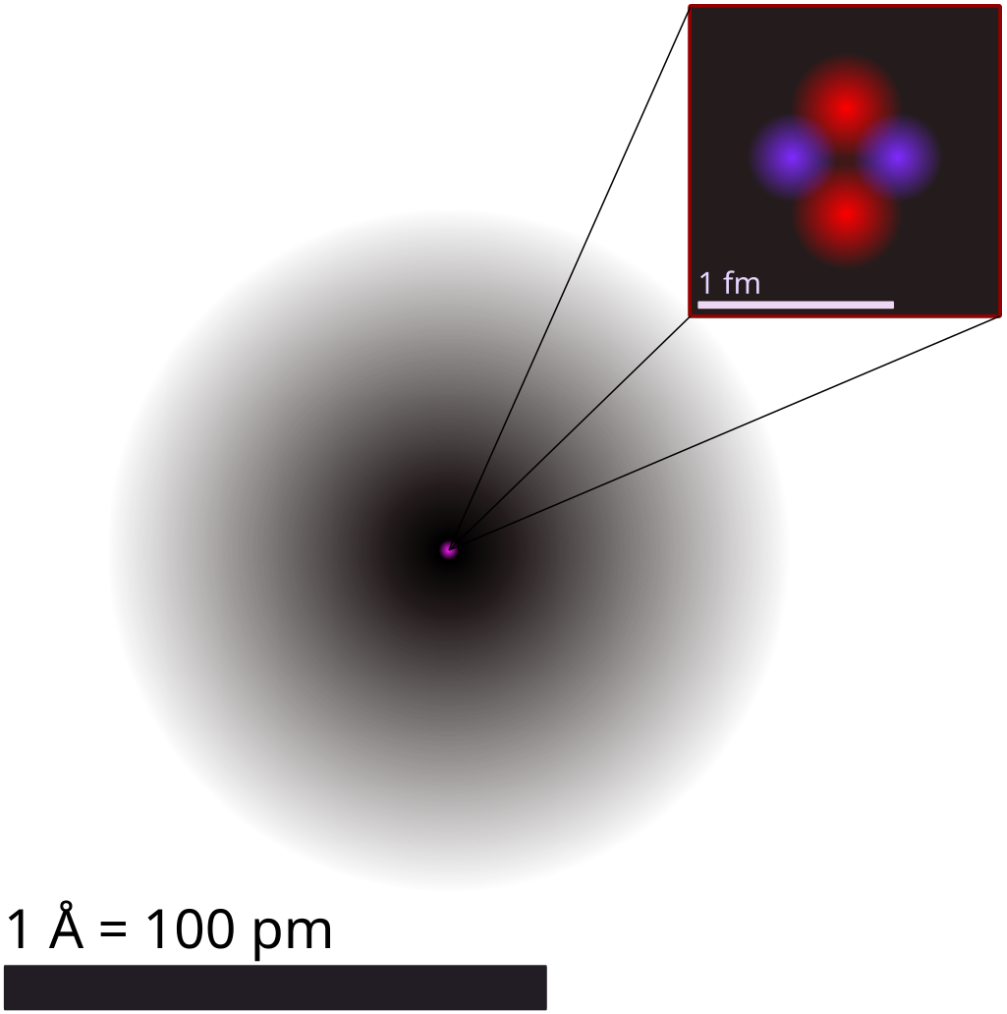


Model atomu sodíku.[8]

[8] Zdroj: Plazmi/Commons

Atom

Struktura atomu



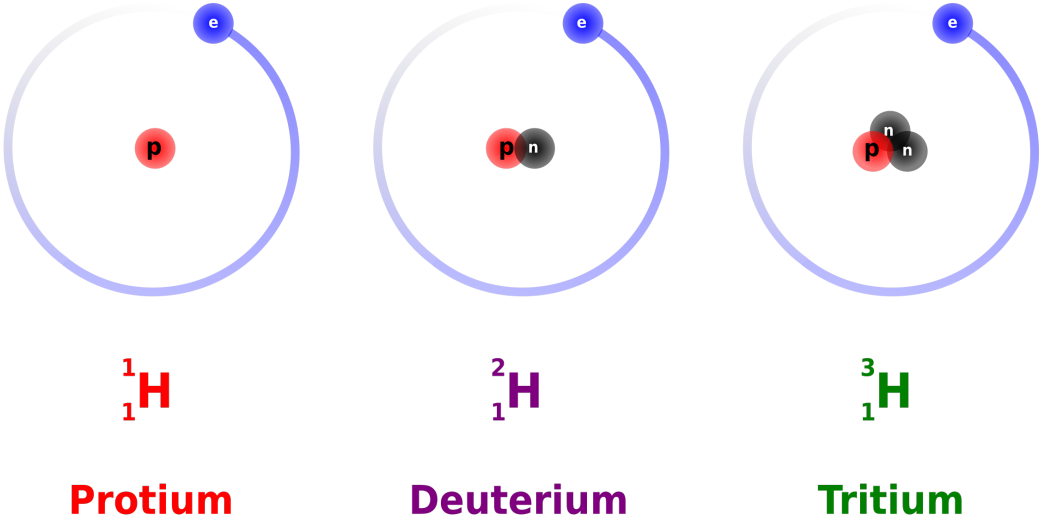
Model atomu helia; 1 pm $= 10^{-12}$ m; 1 fm $= 10^{-15}$ m.[9]

[9] Zdroj: Yzmo/Commons

Atom

Izotopy

- Nuklid – látka z atomů jednoho prvku, které mají stejný počet neutronů.
- Izotop – konkrétní nuklid jednoho chemického prvku.
- Existenci izotopů prokázal v roce 1913 Frederick Soddy, který za tento objev získal v roce 1921 Nobelovu cenu za chemii.[10]



Izotopy vodíku.[11]

[10] The Nobel Prize in Chemistry 1921
[11] Zdroj: Dirk Hünniger/Commons

Atom

Stabilita atomových jader

- Na stabilitu má vliv velikost vazebné energie jádra a poměr mezi počtem protonů a neutronů. U lehkých jader je poměr zhruba 1:1, se vzrůstajícím protonovým číslem dochází ke zvyšování přebytku neutronů
- Nejvíce stabilních jader má protonové i neutronové číslo sudé, např. ${}^{12}_{6}C$, ${}^{16}_{8}O$, ...
- Naopak kombinace lichého protonového a neutronového čísla je u stabilních jader vzácná, známe pouze čtyři: ${}^{1}_{1}H$, ${}^{6}_{3}Li$, ${}^{10}_{5}B$ a ${}^{14}_{7}N$
- **Poločas rozpadu** - doba, za kterou dojde k rozpadu poloviny jader v systému
- Charakteristika nestabilních jader, pohybuje se od zlomků sekund až po milióny let
- $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$
- $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$
- $t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \ln 2$

- Pokud je v jádru nadbytek neutronů nebo protonů, jádro se přemění na stabilnější.
  - α rozpad - rozpad charakteristický pro těžší jádra, dojde k uvolnění α-částice (jádro ${}^{4}_{2}He^{2+}$), vzniklé jádro má protonové číslo menší o 2 a nukleonové o 4
  - ${}^{226}_{88}Ra \longrightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$
  - V případě nadbytku neutronů může dojít k rozpadu neutronu na proton a elektron, během přeměny se uvolňuje částice β^- (${}^{0}_{-1}e^-$)
  - ${}^{32}_{15}P \longrightarrow {}^{32}_{16}S + {}^{0}_{-1}e$
  - V případě nadbytku protonů může dojít k rozpadu protonu na neutron a pozitron, během přeměny se uvolňuje částice β^+ (${}^{0}_{+1}e^+$)
  - ${}^{11}_{6}C \longrightarrow {}^{11}_{5}B + {}^{0}_{+1}e$
  - Nadbytek protonů v jádře může být kompenzován i pomocí *elektronového záchytu*, kdy proton pohltí elektron a vznikne neutron
  - ${}^{7}_{4}Be + {}^{0}_{-1}e \longrightarrow {}^{7}_{3}Li$

Atom

Alotropie prvků

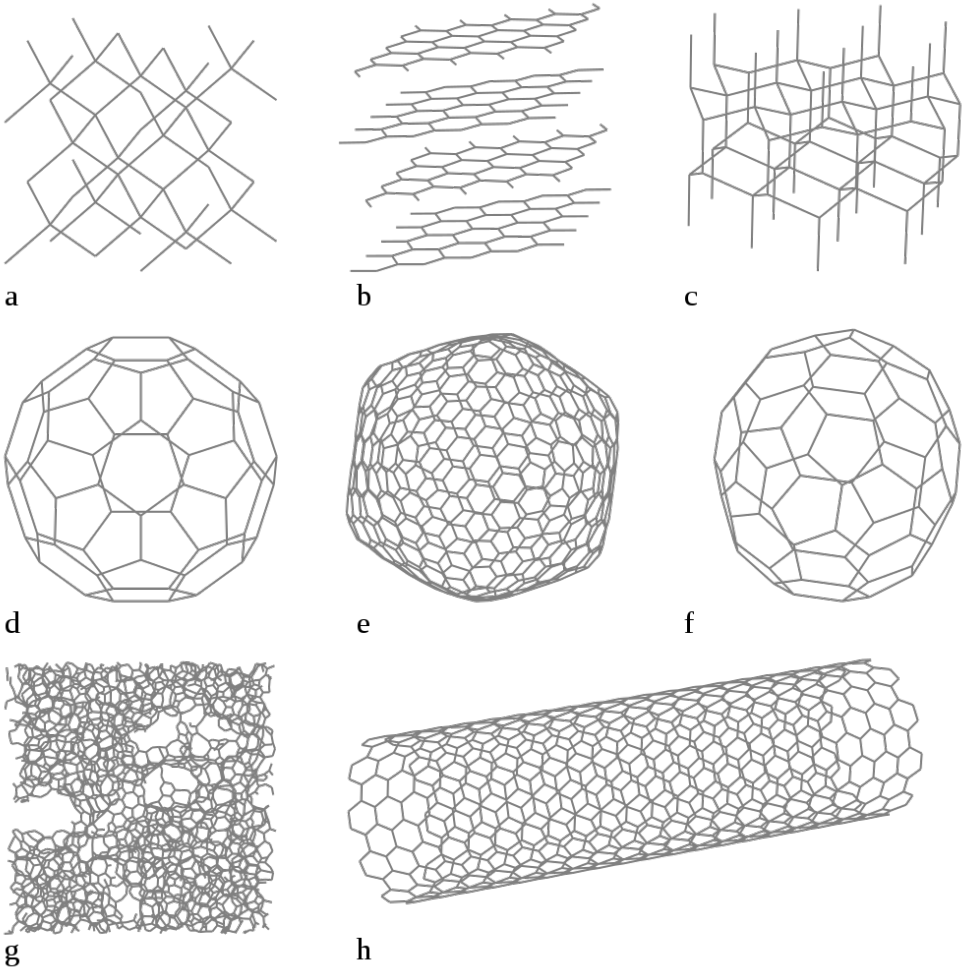
- Koncept *alotropie* navrhl v roce 1841 Jöns Jakob Berzelius, termín je odvozen z řeckého výrazu pro variabilitu.[12]
- Alotropy prvku jsou rozdílné strukturní modifikace daného prvku, mají odlišné fyzikální i chemické vlastnosti.[13]
- S alotropy se setkáváme např. u uhlíku, fosforu, síry a mnoha dalších prvků.
  - *Uhlík*:[14] diamant, grafit, grafen, fullereny, uhlíkové nanotrubice, ...
  - *Fosfor*: bílý, červený, černý, fialový
  - *Selen*: červený, šedý, černý
  - *Kobalt*: α-kobalt, β-kobalt

Černý a červený selen.[15]

[12] The Origin of the Term Allotrope
[13] Allotropes
[14] KSICHT, seriál, ročník 2024/25

Atom

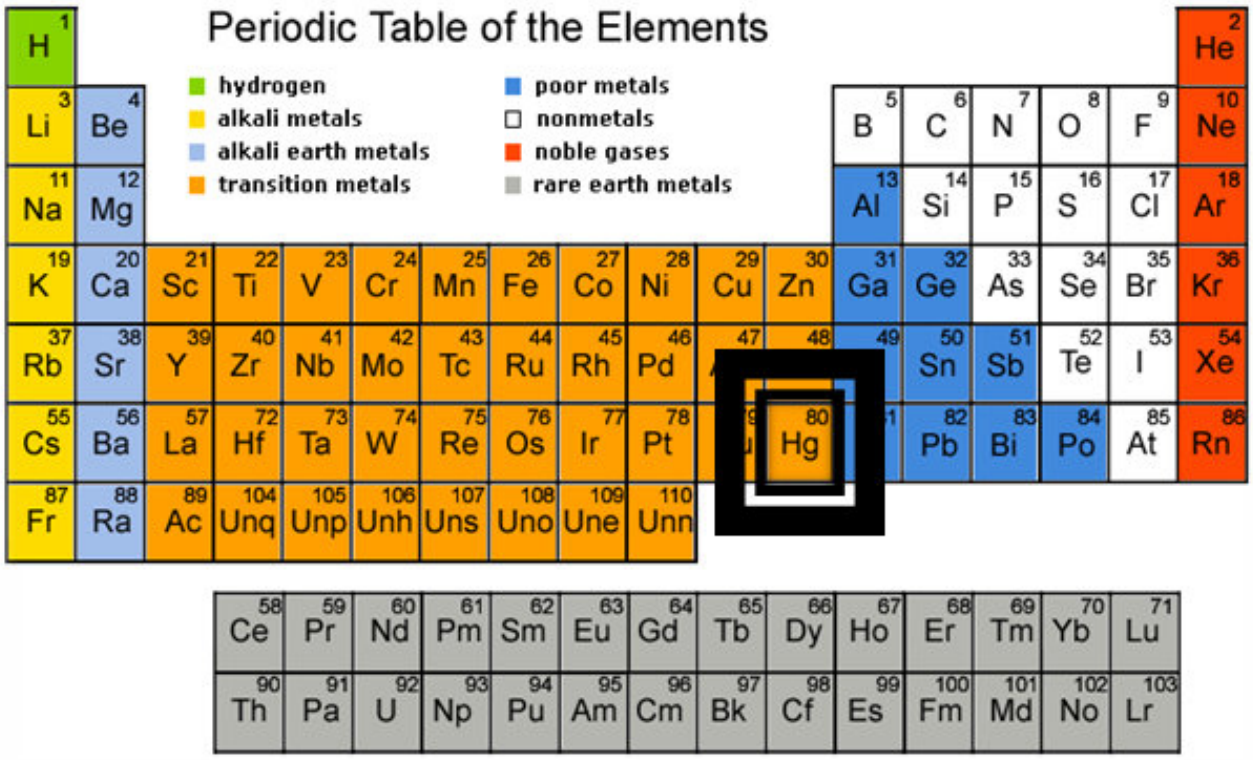
Alotropie prvků



Allotropické modifikace uhlíku.[16]

[16] Zdroj: mstroeck/Commons

Současnost



PSP, stav před rokem 1997.[17]

[17] Zdroj: NPGallery/Commons

Současnost

IUPAC Periodic Table of the Elements

Key: atomic number **Symbol** name (conventional atomic weight; standard atomic weight)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 **H** hydrogen 1.008 [1.0078, 1.0082]																	2 **He** helium 4.0026
3 **Li** lithium 6.94 [6.938, 6.997]	4 **Be** beryllium 9.0122											5 **B** boron 10.81 [10.806, 10.821]	6 **C** carbon 12.011 [12.009, 12.012]	7 **N** nitrogen 14.007 [14.006, 14.008]	8 **O** oxygen 15.999 [15.999, 16.000]	9 **F** fluorine 18.998	10 **Ne** neon 20.180
11 **Na** sodium 22.990	12 **Mg** magnesium 24.305 [24.304, 24.307]											13 **Al** aluminium 26.982	14 **Si** silicon 28.085 [28.084, 28.086]	15 **P** phosphorus 30.974	16 **S** sulfur 32.06 [32.059, 32.076]	17 **Cl** chlorine 35.45 [35.446, 35.457]	18 **Ar** argon 39.948
19 **K** potassium 39.098	20 **Ca** calcium 40.078(4)	21 **Sc** scandium 44.956	22 **Ti** titanium 47.867	23 **V** vanadium 50.942	24 **Cr** chromium 51.996	25 **Mn** manganese 54.938	26 **Fe** iron 55.845(2)	27 **Co** cobalt 58.933	28 **Ni** nickel 58.693	29 **Cu** copper 63.546(3)	30 **Zn** zinc 65.38(2)	31 **Ga** gallium 69.723	32 **Ge** germanium 72.630(8)	33 **As** arsenic 74.922	34 **Se** selenium 78.971(8)	35 **Br** bromine 79.904 [79.901, 79.907]	36 **Kr** krypton 83.798(2)
37 **Rb** rubidium 85.468	38 **Sr** strontium 87.62	39 **Y** yttrium 88.906	40 **Zr** zirconium 91.224(2)	41 **Nb** niobium 92.906	42 **Mo** molybdenum 95.95	43 **Tc** technetium	44 **Ru** ruthenium 101.07(2)	45 **Rh** rhodium 102.91	46 **Pd** palladium 106.42	47 **Ag** silver 107.87	48 **Cd** cadmium 112.41	49 **In** indium 114.82	50 **Sn** tin 118.71	51 **Sb** antimony 121.76	52 **Te** tellurium 127.60(3)	53 **I** iodine 126.90	54 **Xe** xenon 131.29
55 **Cs** caesium 132.91	56 **Ba** barium 137.33	57-71 lanthanoids	72 **Hf** hafnium 178.49(2)	73 **Ta** tantalum 180.95	74 **W** tungsten 183.84	75 **Re** rhenium 186.21	76 **Os** osmium 190.23(3)	77 **Ir** iridium 192.22	78 **Pt** platinum 195.08	79 **Au** gold 196.97	80 **Hg** mercury 200.59	81 **Tl** thallium 204.38 [204.38, 204.39]	82 **Pb** lead 207.2	83 **Bi** bismuth 208.98	84 **Po** polonium	85 **At** astatine	86 **Rn** radon
87 **Fr** francium	88 **Ra** radium	89-103 actinoids	104 **Rf** rutherfordium	105 **Db** dubnium	106 **Sg** seaborgium	107 **Bh** bohrium	108 **Hs** hassium	109 **Mt** meitnerium	110 **Ds** darmstadtium	111 **Rg** roentgenium	112 **Cn** copernicium	113 **Nh** nihonium	114 **Fl** flerovium	115 **Mc** moscovium	116 **Lv** livermorium	117 **Ts** tennessine	118 **Og** oganesson

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY

57 **La** lanthanum 138.91	58 **Ce** cerium 140.12	59 **Pr** praseodymium 140.91	60 **Nd** neodymium 144.24	61 **Pm** promethium	62 **Sm** samarium 150.36(2)	63 **Eu** europium 151.96	64 **Gd** gadolinium 157.25(3)	65 **Tb** terbium 158.93	66 **Dy** dysprosium 162.50	67 **Ho** holmium 164.93	68 **Er** erbium 167.26	69 **Tm** thulium 168.93	70 **Yb** ytterbium 173.05	71 **Lu** lutetium 174.97
89 **Ac** actinium	90 **Th** thorium 232.04	91 **Pa** protactinium 231.04	92 **U** uranium 238.03	93 **Np** neptunium	94 **Pu** plutonium	95 **Am** americium	96 **Cm** curium	97 **Bk** berkelium	98 **Cf** californium	99 **Es** einsteinium	100 **Fm** fermium	101 **Md** mendelevium	102 **No** nobelium	103 **Lr** lawrencium

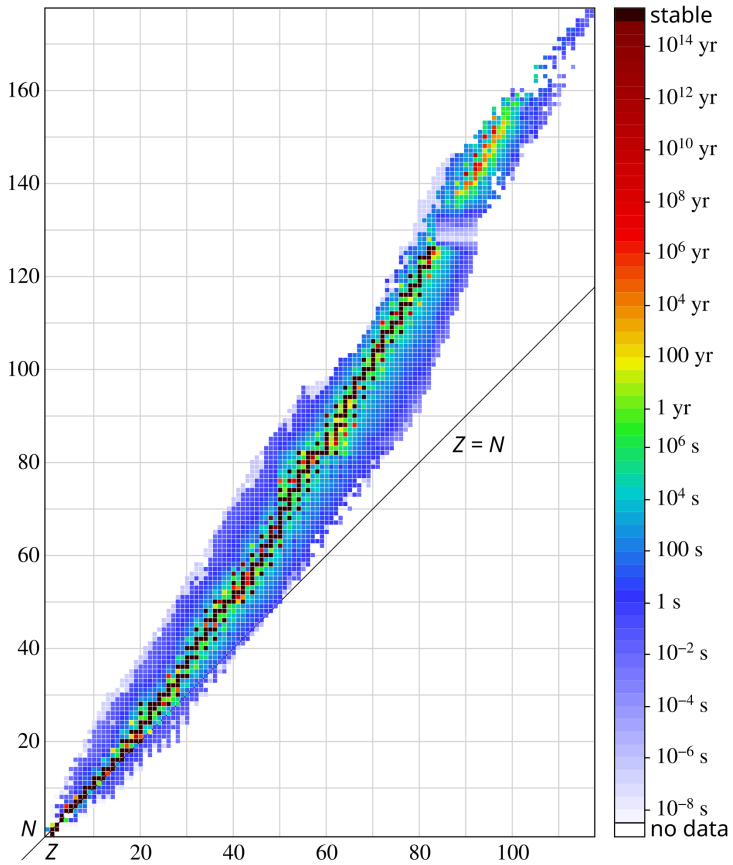
For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 28 November 2016.
Copyright © 2016 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

Periodická tabulka prvků, rok 2016.[18]

[18] Zdroj: IUPAC

Stabilita jader

- Z prvních 82 prvků má 80 stabilní izotopy. Tc (43) a Pm (61) stabilní izotopy nemá.
- Z 251 známých stabilních izotopů se předpokládá, že 90 je opravdu stabilních a 161 má velice dlouhý poločas přeměny.
- U těžších prvků se neočekává, že by měly stabilní izotopy.
- V přírodě nacházíme 35 nuklidů, které mají poločas přeměny delší než je stáří Země (primordiální jádra).
- Nejdelší změřený poločas rozpadu má ^{128}Te, $2{,}2\times10^{24}$ let.



Poločas přeměny izotopů.[19]

[19] Zdroj: BenRG/Commons

Současnost

Bismut

- Dlouho byl za stabilní (a zároveň nejtěžší stabilní jádro) považován izotop ^{209}Bi, ale v roce 2003 bylo prokázáno, že se rozpadá za uvolnění částice α.[20]
- $^{209}_{83}\mathrm{Bi} \longrightarrow {}^{205}_{81}\mathrm{Tl} + {}^{4}_{2}\alpha$
- Poločas rozpadu je 2,01.10^{19} let. Stáří vesmíru je odhadováno na 13,8$\times 10^{9}$ let.
- Za nejtěžší stabilní jádro je nyní považováno jádro $^{208}_{82}$Pb.

Izotop	Poločas rozpadu	Typ rozpadu
^{207}Bi	31,55 let	β^+
^{208}Bi	3,7.10^5 let	β^+
^{209}Bi	2,01.10^{19} let	α
^{210}Bi	5,012 dne	β^-/α
^{210m}Bi	3,04.10^6 let	α

[20] Experimental detection of alpha-particles from the radioactive decay of natural bismuth

Současnost

Dokončení 7. periody

Supertěžké prvky mají protonové číslo vyšší než 103.

Protonové číslo	**Značka**	**Název**	$T_{\frac{1}{2}}$
104	Rf	Rutherfordium	1,3 h
105	Db	Dubnium	28 h
106	Sg	Seaborgium	14 min
107	Bh	Bohrium	11,5 min
108	Hs	Hassium	110 s
109	Mt	Meitnerium	67 s
110	Ds	Darmstadtium	14 s
111	Rg	Roentgenium	306 s
112	Cn	Copernicium	28 s
113	Nh	Nihonium	9,5 s
114	Fl	Flerovium	19 s
115	Mc	Moscovium	650 ms
116	Lv	Livermorium	57 ms
117	Ts	Tennessine	51 ms
118	Og	Oganesson	181 ms

Současnost

Dokončení 7. periody

- Organizace IUPAC vydala 9. 6. 2016 návrh na pojmenování nových čtyř prvků s protonovými čísly 113, 115, 117 a 118.[21]
- 28. 11. 2016 byly tyto názvy schváleny.[22,23]
- Všechny tyto nově připravené prvky jsou nestabilní, jejich poločasy rozpadu se pohybují ve zlomcích sekund.
- Kromě metod přípravy, jsou studovány i jejich fyzikální a chemické vlastnosti.[24]

Protonové číslo	**Původní název**	**Schválený název**
113	Ununtrium (Uut)	Nihonium (Nh)
115	Ununpentium (Uup)	Moscovium (Mc)
117	Ununseptium (Uus)	Tennessine (Ts)
118	Ununoctium (Uuo)	Oganesson (Og)

[21] IUPAC is naming the four new elements nihonium, moscovium, tennessine, and oganesson

[22] IUPAC announces the names of the elements 113, 115, 117, and 118

[23] Další čtyři supertěžké prvky mají svá jména

[24] Five decades of GSI superheavy element discoveries and chemical investigation

- *Nihonium*
  - Umělý prvek, protonové číslo 113, Nh.
  - Poprvé byl připraven v roce 2003:
  - $^{243}_{95}\mathrm{Am} + ^{48}_{20}\mathrm{Ca} \longrightarrow ^{291}_{115}\mathrm{Mc}^{\star} \longrightarrow ^{288}_{115}\mathrm{Mc} + 3\,\mathrm{n} \longrightarrow ^{284}\mathrm{Nh} + \alpha$
  - $^{243}_{95}\mathrm{Am} + ^{48}_{20}\mathrm{Ca} \longrightarrow ^{291}_{115}\mathrm{Mc}^{\star} \longrightarrow ^{287}_{115}\mathrm{Mc} + 4\,\mathrm{n} \longrightarrow ^{283}\mathrm{Nh} + \alpha$
  - $^{286}_{113}\mathrm{Nh} \longrightarrow ^{282}_{111}\mathrm{Rg} + \alpha$
- Pojmenován byl po Japonsku – „země vycházejícího slunce“.
- Známe osm izotopů ^{278}Nh – ^{290}Nh, nejdelší poločas rozpadu má ^{286}Nh, $t_{\frac{1}{2}} = 9{,}5$ s.
- Chemické vlastnosti nihonia nebyly zatím detailně prozkoumány.[25]
- Očekává se, že bude méně reaktivní než thallium a bude se podobat ušlechtilým kovům.

[25] First foot prints of chemistry on the shore of the Island of Superheavy Elements

Moscovium

- Umělý prvek, protonové číslo 115, Mc.[26]
- Dřívější název tohoto prvku byl *ununpentium*.
- Poprvé byl připraven v roce 2004:[27]
- $^{243}_{95}\mathrm{Am} + ^{48}_{20}\mathrm{Ca} \longrightarrow ^{288}_{115}\mathrm{Mc} + 3\,^{1}_{0}\mathrm{n}$
- $^{243}_{95}\mathrm{Am} + ^{48}_{20}\mathrm{Ca} \longrightarrow ^{287}_{115}\mathrm{Mc} + 4\,^{1}_{0}\mathrm{n}$
- Předpokládaná elektronová konfigurace: [Rn] $5f^{14}$ $6d^{10}$ $7s^2$ $7p^3$.

Izotop	Poločas rozpadu	Typ přeměny
^{286}Mc	20 ms	α
^{287}Mc	38 ms	α
^{288}Mc	193 ms	α
^{289}Mc	250 ms	α
^{290}Mc	650 ms	α

[26] IUPAC announces the names of the elements 113, 115, 117, and 118
[27] Experiments on the synthesis of element 115

Tennessin

- Umělý prvek, protonové číslo 117, Ts.[28]
- Název byl zvolen podle Tennessee (státu USA).[29]
- Poprvé byl připraven v dubnu 2010:[30]
- $^{249}_{97}\mathrm{Bk} + ^{48}_{20}\mathrm{Ca} \longrightarrow ^{294}_{117}\mathrm{Ts} + 3\,^{1}_{0}\mathrm{n}$
- $^{249}_{97}\mathrm{Bk} + ^{48}_{20}\mathrm{Ca} \longrightarrow ^{294}_{117}\mathrm{Ts} + 4\,^{1}_{0}\mathrm{n}$

Izotop	Poločas rozpadu	Typ přeměny
^{293}Ts	25 ms	α
^{294}Ts	51 ms	α

[28] IUPAC announces the names of the elements 113, 115, 117, and 118
[29] The Discovery of Tennessine
[30] Synthesis of a New Element with Atomic Number Z = 117

Ogganesson

- Umělý prvek, protonové číslo 118, Og.[31]
- Pojmenován byl podle ruského fyzika Yuri Ogganessiana, jde o druhý prvek pojmenovaný po žijící osobě.[32]
- Poprvé byl připraven v roce 2002:[33]
- $^{249}_{98}\mathrm{Cf} + ^{48}_{20}\mathrm{Ca} \longrightarrow ^{294}_{118}\mathrm{Og} + 3\,^{1}_{0}\mathrm{n}$

Yuri Ogganessian.[34]

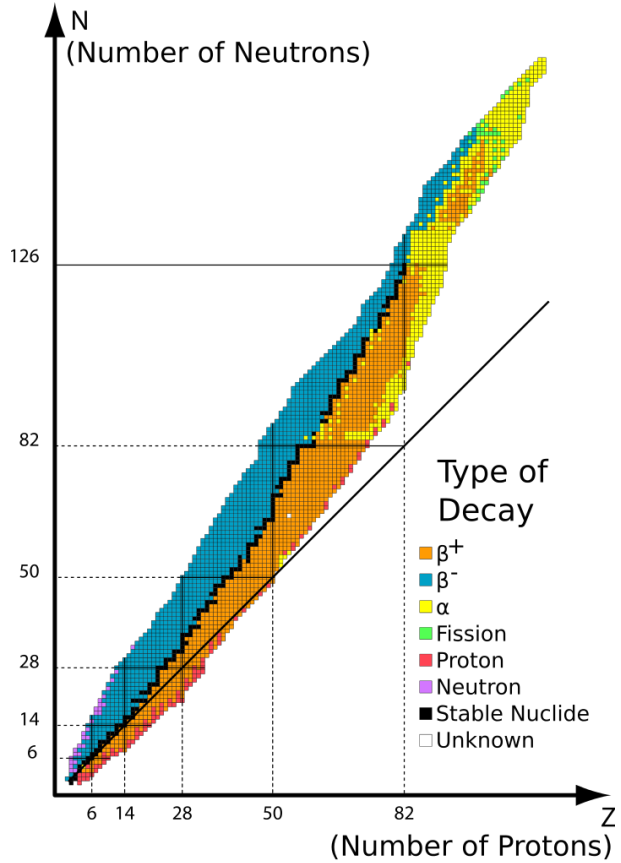
Izotop	Poločas rozpadu	Typ přeměny
^{294}Og	0,58 ms	α

[31] IUPAC announces the names of the elements 113, 115, 117, and 118
[32] Mr Element 118: The only living person on the periodic table
[33] Scientists Announce Creation of Atomic Element, the Heaviest Yet
[34] Zdroj: VPRO/Commons

Budoucnost

Hledání dalších supertěžkých prvků

- Struktura atomového jádra je podobná struktuře elektronového obalu.
- Protony mají svůj systém hladin, stejně tak neutrony. Z toho důvodu existují velmi stabilní kombinace počtu protonů a neutronů, tzv. *magická čísla*, kdy jsou tyto slupky zcela zaplněny.
- 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126[35]
- U těchto číselných kombinací se očekává zvýšená stabilita jader.
- Stabilitu jader dále zvyšuje sudý počet protonů i neutronů.



Typ rozpadu jádra v závislosti na protonovém čísle.[36]

[35] Magic numbers of nucleons
[36] Zdroj: Napy1kenobi/Commons

Budoucnost

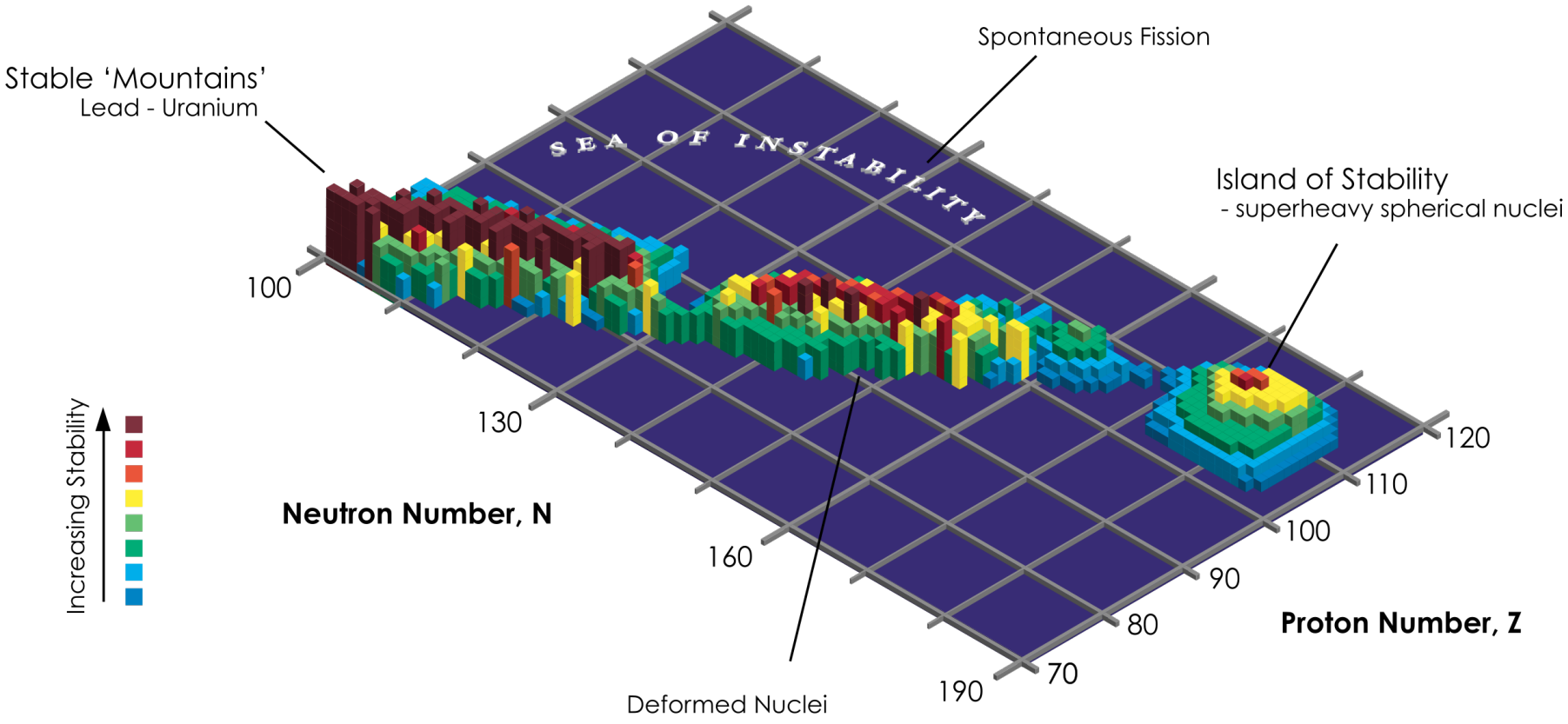
Hledání dalších supertěžkých prvků

- V oblasti okolo magických čísel se očekávají tzv. *ostrovy stability*.[37]
- Přesnou polohu těchto ostrovů je obtížné určit, každé nově objevené jádro pomáhá zpřesnit modely.[38]
- První ostrov stability se předpokládá v blízkosti jádra $^{298}_{114}\mathrm{Fl}$.
- Příprava těchto jader je ovšem velmi komplikovaná, např.:
- $^{248}_{94}\mathrm{Pu} + ^{50}_{20}\mathrm{Ca} \longrightarrow ^{298}_{114}\mathrm{Fl}$
- $^{248}_{96}\mathrm{Cm} + ^{238}_{92}\mathrm{U} \longrightarrow ^{298}_{114}\mathrm{Fl} + ^{186}_{74}\mathrm{W} + 2\,^{1}_{0}\mathrm{n}$
- Druhý ostrov stability se předpokládá až u protonového čísla 164, to je ale se současnou technologií nedosažitelné.[39]

[37] Novinky ve studiu velmi těžkých a supertěžkých prvků
[38] Meze periodické tabulky
[39] Investigation of the stability of superheavy nuclei around Z=114 and Z=164

Budoucnost

Hledání dalších supertěžkých prvků



Ostrovy stability.[40]

[40] Zdroj: InvaderXan/Commons

Budoucnost

Hledání dalších supertěžkých prvků

- Nová supertěžká jádra lze produkovat několika způsoby:[41]
  1. Ostřelováním těžkých jader intenzivním proudem neutronů, např.:
     - $^{238}_{92}\mathrm{U} + ^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow ^{239}_{92}\mathrm{U} \xrightarrow{23\,\mathrm{min}} ^{239}_{93}\mathrm{Np} + \beta^- \xrightarrow{56\,\mathrm{hod}} ^{239}_{94}\mathrm{Pu} + \beta^-$
  2. Ostřelováním terče s obsahem těžkých, stabilních jader jiným těžkým jádrem.
     - $^{64}_{28}\mathrm{Ni} + ^{209}_{83}\mathrm{Bi} \longrightarrow ^{272}_{111}\mathrm{Rg} + ^{1}_{0}\mathrm{n}$
     - $^{70}_{30}\mathrm{Zn} + ^{208}_{82}\mathrm{Pb} \longrightarrow ^{277}_{112}\mathrm{Cn} + ^{1}_{0}\mathrm{n}$
- Výzkum nových prvků probíhá v několika laboratořích:
  - Joint Institute for Nuclear Research v Dubně[42]
  - Riken v Japonsku[43]
  - GSI Helmholtz Centre for Heavy Ion Research v Darmstadtu[44]

[41] Jak se produkují a studují supertěžké prvky
[42] Joint Institute for Nuclear Research
[43] RIKEN
[44] GSI

Budoucnost

Hledání dalších supertěžkých prvků

- Syntéza prvních prvků 8. periody je již studována.
- **Ununennium**, Uue, prvek 119
  - První neúspěšný pokus byl proveden již v roce 1985[45]
  - ${}^{254}_{99}\mathrm{Es} + {}^{48}_{20}\mathrm{Ca} \longrightarrow {}^{302}_{119}\mathrm{Uue}^*$
  - Nadějnější se zdá experiment z roku 2020 (Riken, Japonsko):[46]
  - ${}^{248}_{96}\mathrm{Cm} + {}^{51}_{23}\mathrm{V} \longrightarrow {}^{299}_{119}\mathrm{Uue}^*$
- **Unbibium**, Ubb, prvek 122
  - V roce 2000 se o syntézu pokoušeli v GSI:[47]
  - ${}^{238}_{92}\mathrm{U} + {}^{65}_{29}\mathrm{Cu} \longrightarrow {}^{303}_{121}\mathrm{Ubu}^*$
- Cesta k těžším prvkům zatím není zcela zřejmá.
- Jednou z exotičtějších možností je studium prvků vyvržených během exploze supernovy.[48]

---

[45] Search for superheavy elements using the ${}^{48}\mathrm{Ca}+{}^{254}\mathrm{Es}^g$ reaction

[46] Extreme chemistry: experiments at the edge of the periodic table

[47] Investigations of the synthesis of the superheavy element $Z = 122$

[48] Superheavy Elements Are Breaking the Periodic Table

Děkuji za pozornost

Zdeněk Moravec
hugo@chemi.muni.cz