

# 18. skupina PSP: Vzácné plyny

IUPAC Periodic Table of the Elements

1 <b>H</b> hydrogen 1.0080 ± 0.0002																	18 <b>He</b> helium 4.0026 ± 0.0001	
3 <b>Li</b> lithium 6.94 ± 0.06	4 <b>Be</b> beryllium 9.0122 ± 0.0001																	10 <b>Ne</b> neon 20.180 ± 0.001
11 <b>Na</b> sodium 22.990 ± 0.001	12 <b>Mg</b> magnesium 24.305 ± 0.002																	18 <b>Ar</b> argon 39.95 ± 0.16
19 <b>K</b> potassium 39.098 ± 0.001	20 <b>Ca</b> calcium 40.078 ± 0.004	21 <b>Sc</b> scandium 44.956 ± 0.001	22 <b>Ti</b> titanium 47.867 ± 0.001	23 <b>V</b> vanadium 50.942 ± 0.001	24 <b>Cr</b> chromium 51.996 ± 0.001	25 <b>Mn</b> manganese 54.938 ± 0.001	26 <b>Fe</b> iron 55.845 ± 0.002	27 <b>Co</b> cobalt 58.933 ± 0.001	28 <b>Ni</b> nickel 58.693 ± 0.001	29 <b>Cu</b> copper 63.546 ± 0.003	30 <b>Zn</b> zinc 65.38 ± 0.02	31 <b>Ga</b> gallium 69.723 ± 0.001	32 <b>Ge</b> germanium 72.630 ± 0.008	33 <b>As</b> arsenic 74.922 ± 0.001	34 <b>Se</b> selenium 78.971 ± 0.008	35 <b>Br</b> bromine 79.904 ± 0.003	36 <b>Kr</b> krypton 83.798 ± 0.002	
37 <b>Rb</b> rubidium 85.468 ± 0.001	38 <b>Sr</b> strontium 87.62 ± 0.01	39 <b>Y</b> yttrium 88.906 ± 0.001	40 <b>Zr</b> zirconium 91.224 ± 0.002	41 <b>Nb</b> niobium 92.906 ± 0.001	42 <b>Mo</b> molybdenum 95.95 ± 0.01	43 <b>Tc</b> technetium [97]	44 <b>Ru</b> ruthenium 101.07 ± 0.02	45 <b>Rh</b> rhodium 102.91 ± 0.01	46 <b>Pd</b> palladium 106.42 ± 0.01	47 <b>Ag</b> silver 107.87 ± 0.01	48 <b>Cd</b> cadmium 112.41 ± 0.01	49 <b>In</b> indium 114.82 ± 0.01	50 <b>Sn</b> tin 118.71 ± 0.01	51 <b>Sb</b> antimony 121.76 ± 0.01	52 <b>Te</b> tellurium 127.60 ± 0.03	53 <b>I</b> iodine 126.90 ± 0.01	54 <b>Xe</b> xenon 131.29 ± 0.01	
55 <b>Cs</b> caesium 132.91 ± 0.01	56 <b>Ba</b> barium 137.33 ± 0.01	57-71 lanthanoids	72 <b>Hf</b> hafnium 178.49 ± 0.01	73 <b>Ta</b> tantalum 180.95 ± 0.01	74 <b>W</b> tungsten 183.84 ± 0.01	75 <b>Re</b> rhenium 186.21 ± 0.01	76 <b>Os</b> osmium 190.23 ± 0.03	77 <b>Ir</b> iridium 192.22 ± 0.01	78 <b>Pt</b> platinum 195.08 ± 0.02	79 <b>Au</b> gold 196.97 ± 0.01	80 <b>Hg</b> mercury 200.59 ± 0.01	81 <b>Tl</b> thallium 204.38 ± 0.01	82 <b>Pb</b> lead 207.2 ± 1.1	83 <b>Bi</b> bismuth 208.98 ± 0.01	84 <b>Po</b> polonium [209]	85 <b>At</b> astatine [210]	86 <b>Rn</b> radon [222]	
87 <b>Fr</b> francium [223]	88 <b>Ra</b> radium [226]	89-103 actinoids	104 <b>Rf</b> rutherfordium [267]	105 <b>Db</b> dubnium [268]	106 <b>Sg</b> seaborgium [269]	107 <b>Bh</b> bohrium [270]	108 <b>Hs</b> hassium [269]	109 <b>Mt</b> meitnerium [277]	110 <b>Ds</b> darmstadtium [281]	111 <b>Rg</b> roentgenium [282]	112 <b>Cn</b> copernicium [285]	113 <b>Nh</b> nihonium [286]	114 <b>Fl</b> flerovium [290]	115 <b>Mc</b> moscovium [290]	116 <b>Lv</b> livermorium [293]	117 <b>Ts</b> tennessine [294]	118 <b>Og</b> oganeson [294]	

Key:  
atomic number  
**Symbol**  
name  
abridged standard  
atomic weight



57 <b>La</b> lanthanum 138.91 ± 0.01	58 <b>Ce</b> cerium 140.12 ± 0.01	59 <b>Pr</b> praseodymium 140.91 ± 0.01	60 <b>Nd</b> neodymium 144.24 ± 0.01	61 <b>Pm</b> promethium [145]	62 <b>Sm</b> samarium 150.36 ± 0.02	63 <b>Eu</b> europium 151.96 ± 0.01	64 <b>Gd</b> gadolinium 157.25 ± 0.03	65 <b>Tb</b> terbium 158.93 ± 0.01	66 <b>Dy</b> dysprosium 162.50 ± 0.01	67 <b>Ho</b> holmium 164.93 ± 0.01	68 <b>Er</b> erbium 167.26 ± 0.01	69 <b>Tm</b> thulium 168.93 ± 0.01	70 <b>Yb</b> ytterbium 173.05 ± 0.02	71 <b>Lu</b> lutetium 174.97 ± 0.01
89 <b>Ac</b> actinium [227]	90 <b>Th</b> thorium 232.04 ± 0.01	91 <b>Pa</b> protactinium 231.04 ± 0.01	92 <b>U</b> uranium 238.03 ± 0.01	93 <b>Np</b> neptunium [237]	94 <b>Pu</b> plutonium [244]	95 <b>Am</b> americium [243]	96 <b>Cm</b> curium [247]	97 <b>Bk</b> berkelium [247]	98 <b>Cf</b> californium [251]	99 <b>Es</b> einsteinium [252]	100 <b>Fm</b> fermium [257]	101 <b>Md</b> mendelevium [258]	102 <b>No</b> nobelium [259]	103 <b>Lr</b> lawrencium [262]

For notes and updates to this table, see [www.iupac.org](http://www.iupac.org). This version is dated 4 May 2022.  
Copyright © 2022 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

# 18. skupina PSP: Vzácné plyny

- Výskyt
- Základní charakteristika
- Laboratorní příprava/Průmyslová výroba
- Použití
- Chemická reaktivita
- Sloučeniny

# Výskyt

- Frakční destilací zkapalněného vzduchu se získávají **Ar, Ne, Kr a Xe**

Tabulka: Složení  
zemské atmosféry

<b>Plyn</b>	<b>Objemový podíl (%)</b>
Dusík	78,084
Kyslík	20,946
<b>Argon</b>	0,934
Oxid uhličitý	0,04
<b>Neon</b>	0,00182
<b>Helium</b>	0,000524
Methan	0,00017
<b>Krypton</b>	0,00014
Vodík	0,000055
...	
<b>Xenon</b>	~0,000009

# Výskyt

- Helium

Zemská atmosféra

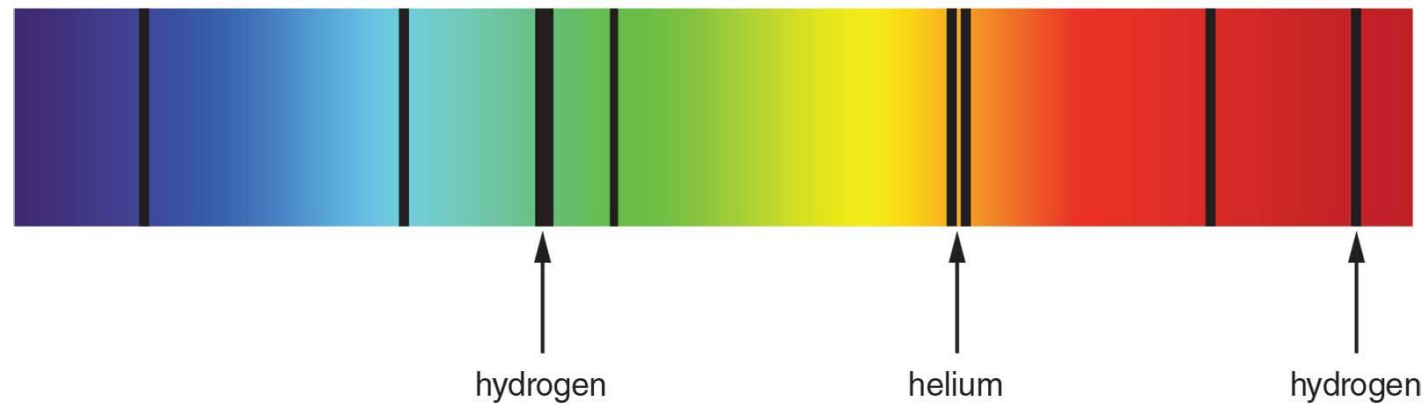
Produkt  $\alpha$ -rozpadu těžších jader

Příměs zemního plynu

Produkt  $\alpha$ -rozpadu těžších jader

Druhý nejrozšířenější prvek ve vesmíru

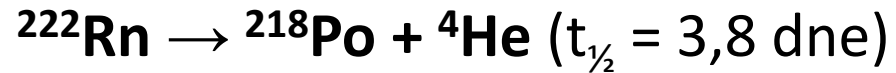
Produkt vodíkového hoření



Zjednodušené absorpční spektrum slunečního záření

# Výskyt

- Rn je sledován pro svou radioaktivitu, např.



Nebezpečný při vdechování, může způsobit rakovinu plic

Radonové podloží

Tvárnice pro stavbu domů

Rn v uzavřených objektech (domy, byty)

Těžba uranových rud

Jáchymovské lázně

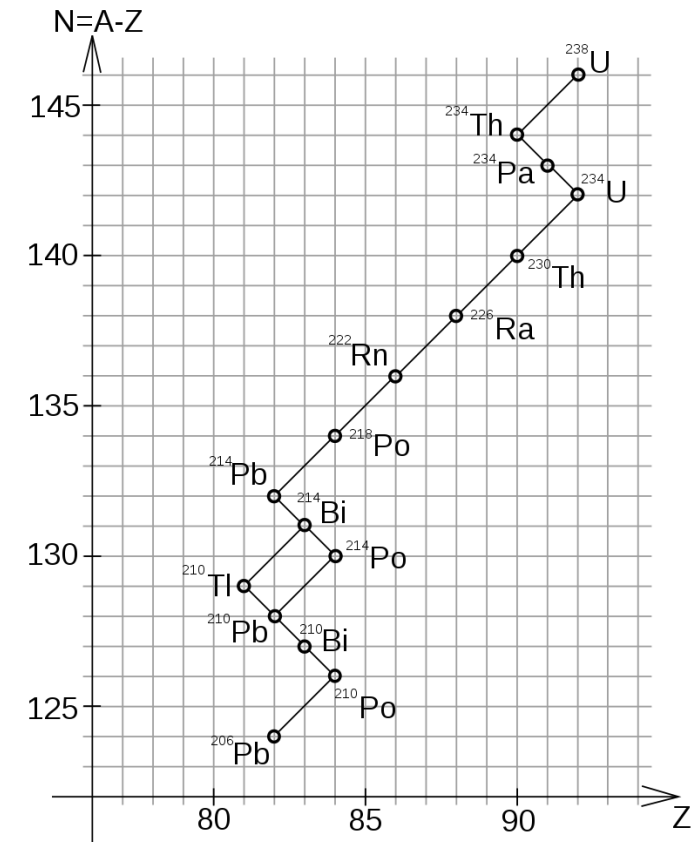
Rozpustnost Rn ve vodě až  $230 \text{ cm}^3 \text{ kg}^{-1}$



Hlubinný důl uranových rud  
v Příbrami

# Výskyt

- Rn je sledován pro svou radioaktivitu, např.  
 $^{222}\text{Rn} \rightarrow ^{218}\text{Po} + ^4\text{He}$  ( $t_{1/2} = 3,8$  dne)  
Nebezpečný při vdechování, může způsobit rakovinu plic  
Radonové podloží  
Tvárnice pro stavbu domů  
Rn v uzavřených objektech (domy, byty)  
Těžba uranových rud  
Jáchymovské lázně  
Rozpustnost Rn ve vodě až  $230 \text{ cm}^3 \text{ kg}^{-1}$
- Rn (některý z izotopů) je členem uran-radiové, uran-aktiniové i thoriové rozpadové řady



Uran-radiová rozpadová řada

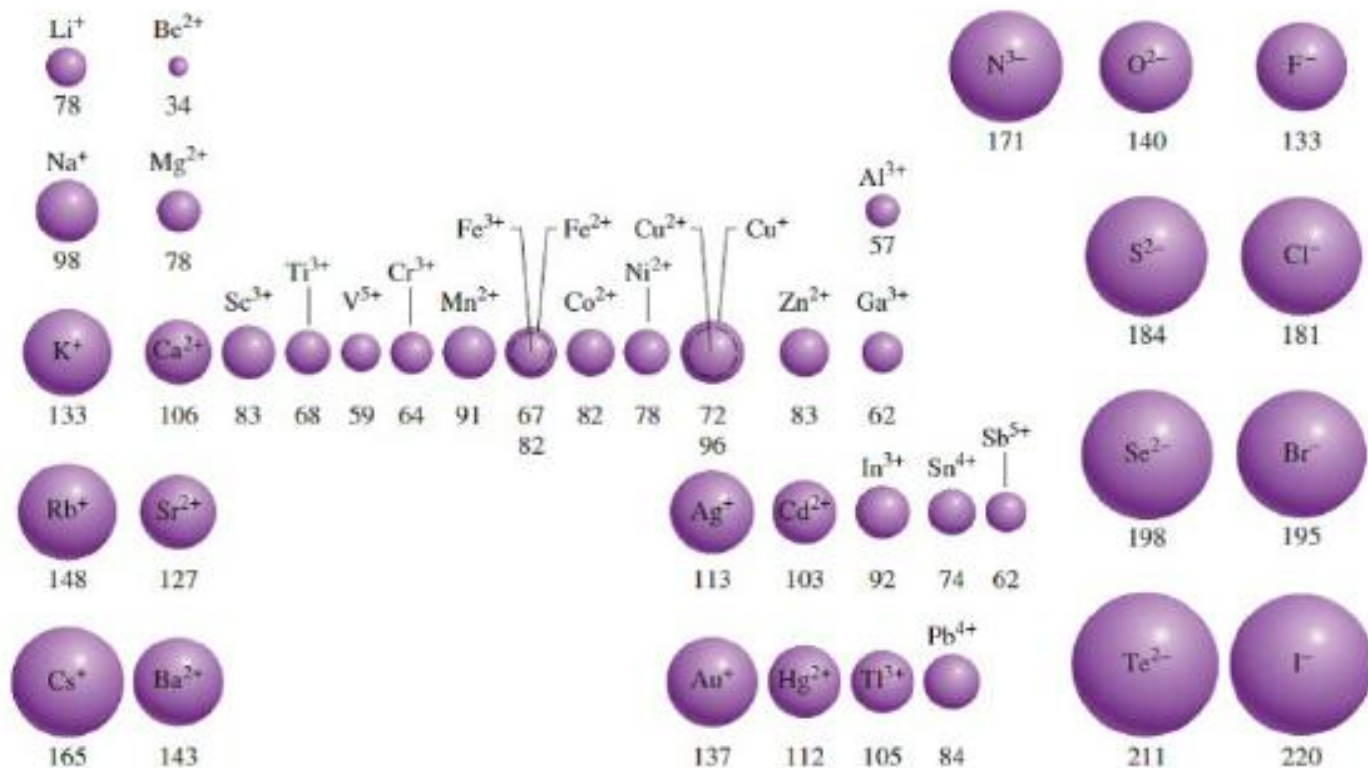
# Základní charakteristika

- Ve všech případech úplně **obsazené valenční orbitaly**  
Inertní **jednoatomové** plyny  
**Netvoří** dvojatomové ani víceatomové molekuly (molekulové orbitaly)  
Existence  $\text{He}_2^+$ ,  $\text{Ne}_2^+$ ,  $\text{Ar}_2^+$  a  $\text{Xe}_2^+$  prokázána  
Řád vazby?

	He	Ne	Ar	Kr	Xe	Rn	Og
<b>Elektronová konfigurace</b>	$1s^2$	[He] $2s^2 2p^6$	[Ne] $3s^2 3p^6$	[Ar] $3d^{10} 4s^2 4p^6$	[Kr] $4d^{10} 5s^2 5p^6$	[Xe] $4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^6$	?
<b>Elektronegativita</b>	-	-	-	-	-	-	-
<b>Poloměr vdW (pm)</b>	99	160	191	197	214	?	?
<b>Nejstálější oxidační stupně</b>	-	-	-	II, IV	II, IV, VI, VIII	II	?
<b>Teplota tání (°C)</b>	<del>          </del>	-248	-189	-157	-112	-71	?
<b>Teplota varu (°C)</b>	-269	-246	-186	-153	-108	-62	?

# Základní vlastnosti

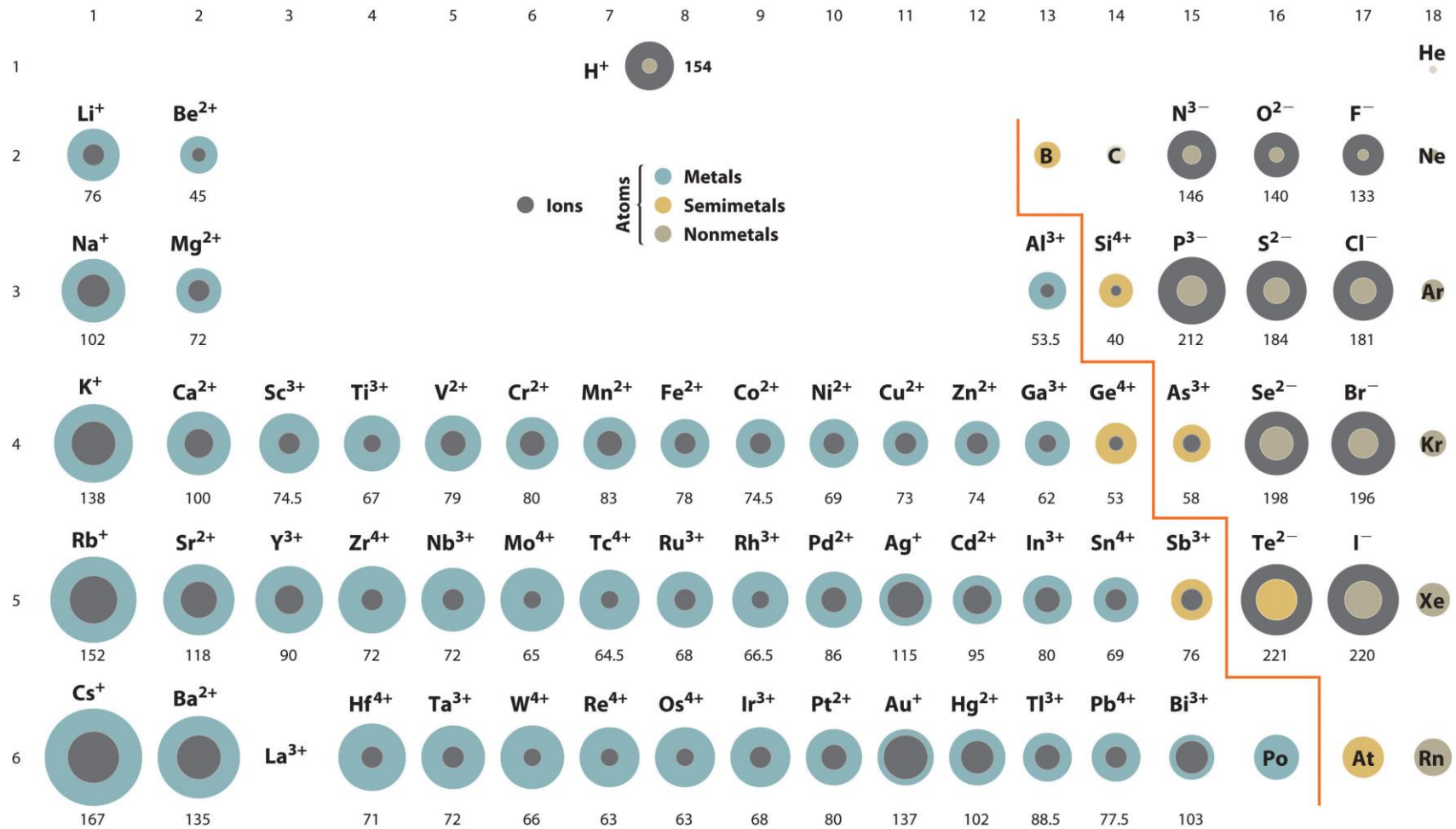
## Iontový poloměr





# Základní vlastnosti

## Iontový poloměr



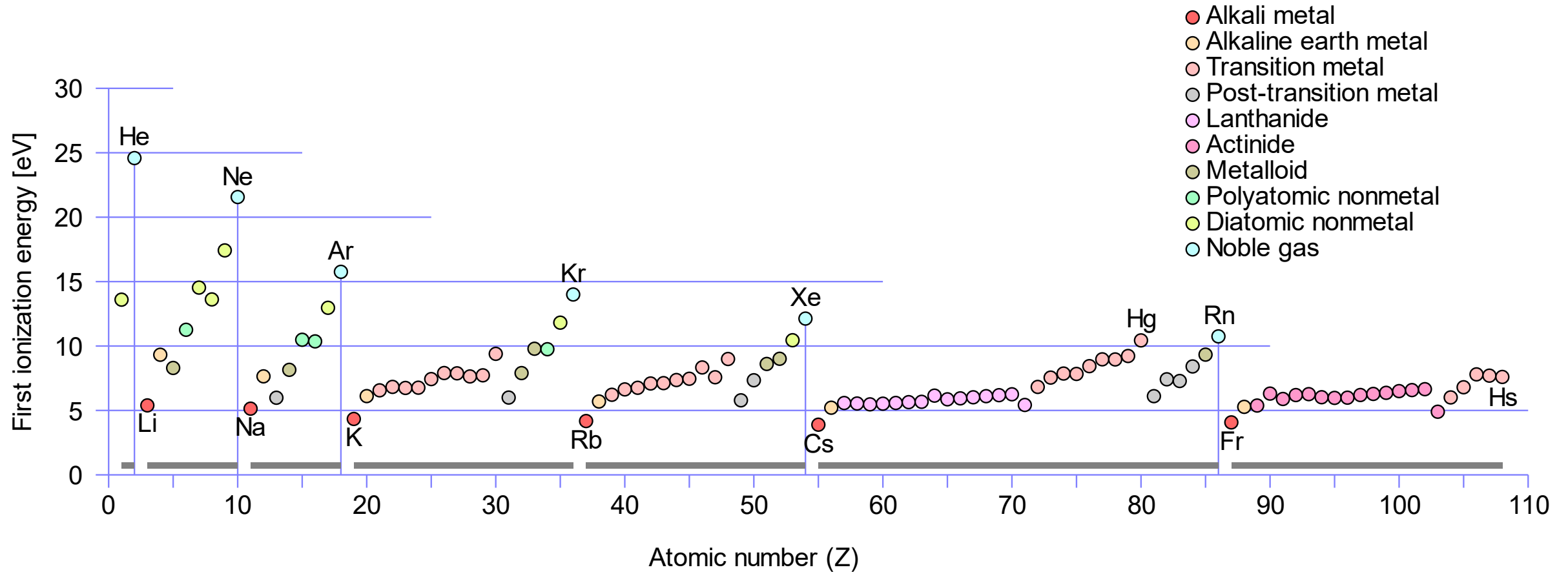
# Základní charakteristika

- Ionizační energie jsou velmi vysoké
- Srovnej ionizační energii Kr, Xe a Rn s halogeny a kyslíkem

	He	Ne	Ar	Kr	Xe	Rn
<b>Elektronová konfigurace</b>	$1s^2$	[He] $2s^2 2p^6$	[Ne] $3s^2 3p^6$	[Ar] $3d^{10} 4s^2 4p^6$	[Kr] $4d^{10} 5s^2 5p^6$	[Xe] $4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^6$
<b>Nejstálější oxidační stupně</b>	-	-	-	II, IV	II, IV, VI	II
<b>I. Ionizační energie (eV)</b>	24,6	21,6	15,8	14,0	12,1	10,7

# Základní charakteristika

## 1. ionizační energie



# Základní vlastnosti

- Jednoatomové plyny
- Bezbarvé, bez zápachu
- Při ionizaci v elektrickém poli svítí specifickými barvami  
Výbojky

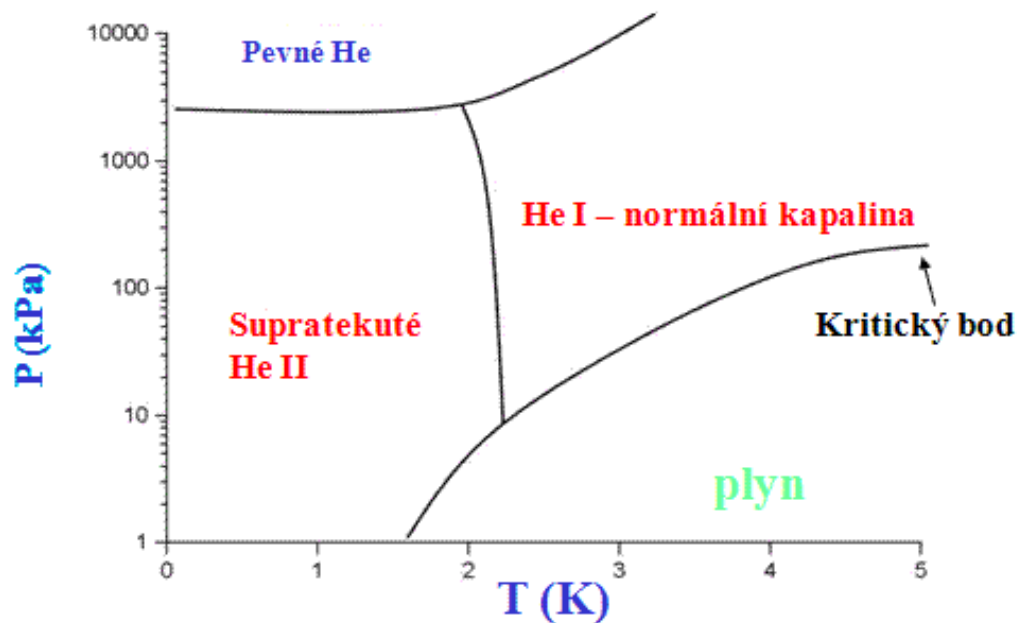
Colors and spectra (bottom row) of electric discharge in noble gases; only the second row represents pure gases.



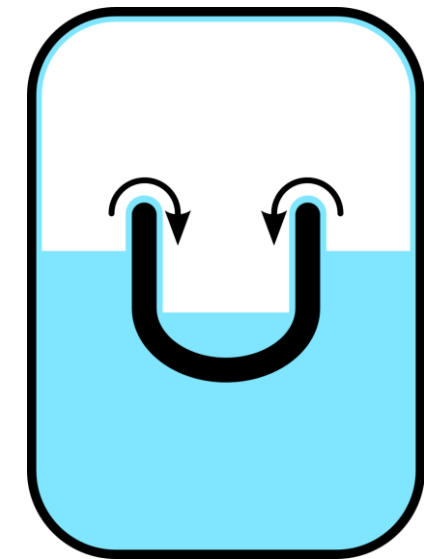
# Základní vlastnosti

## Supratekutost helia

- Atomy helia jsou velmi malé  
Helium difunduje sklem, pryží,...
- Při teplotách 2,18 K a nižších supratekutá fáze He II



Fázový diagram He



Supratekuté helium vytváří filmy o tloušťce několika stovek atomů. Tyto filmy vzlínají po stěnách a přes hranu nádoby.

# Průmyslová výroba

- **Helium**

Frakční destilace zemního plynu  
Frakční destilace vzduchu

- **Neon, argon, krypton, xenon**

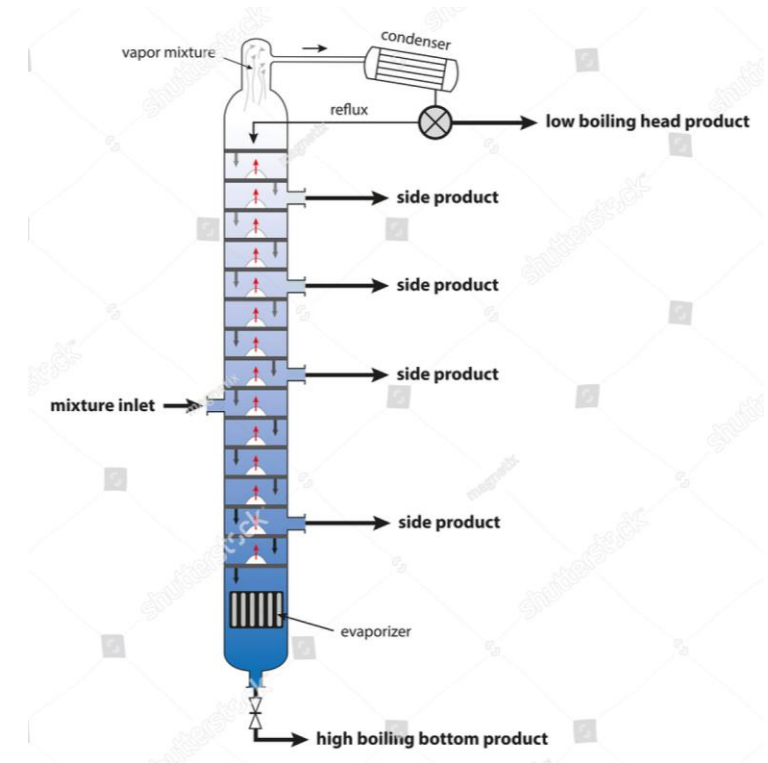
Frakční destilace vzduchu

- **Radon** se může získat (“vyvařit”) z radonových vod (vývěrů)

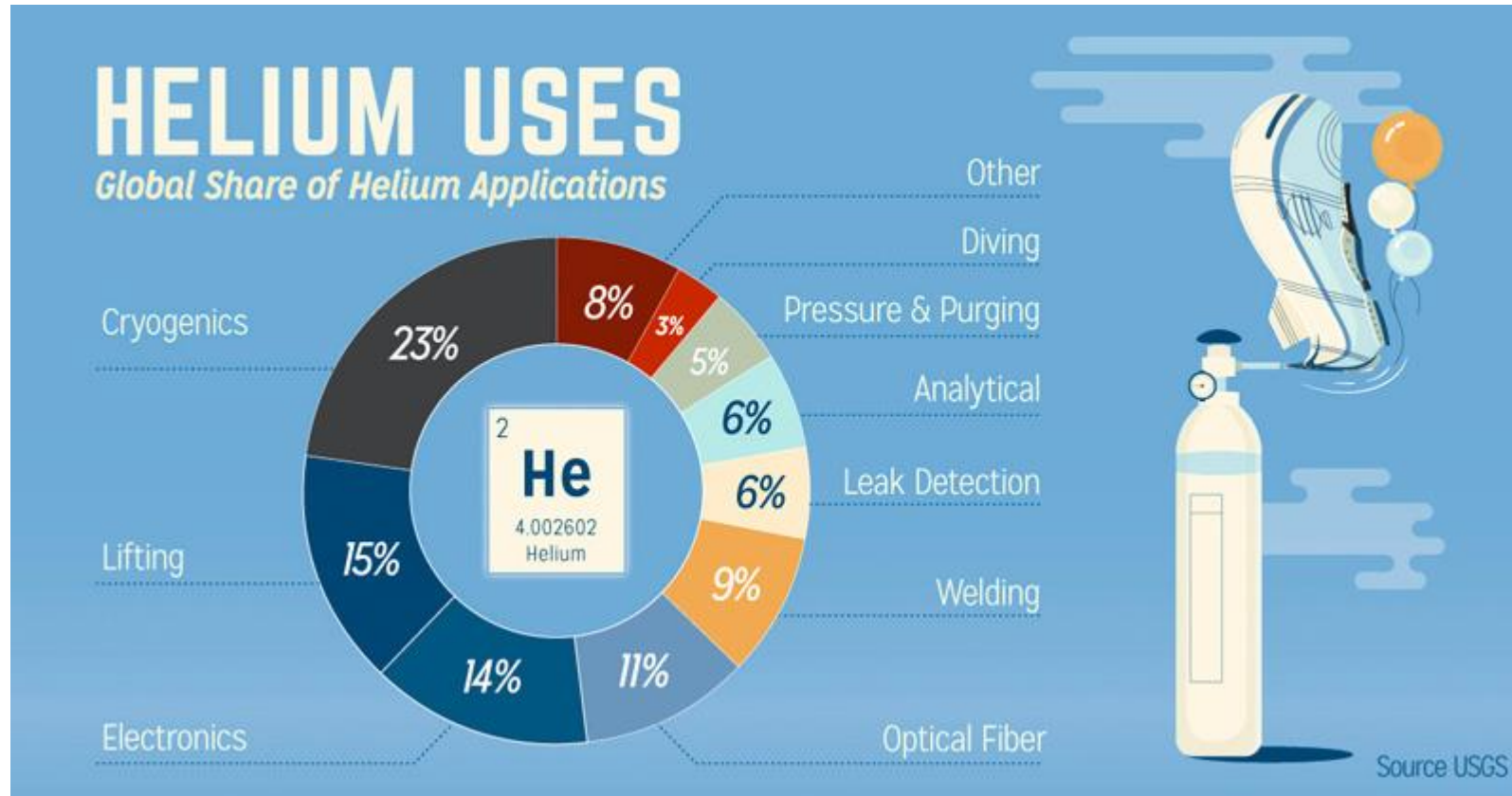
- Vzácné plyny se laboratorně nepřipravují

Plynné helium je dodáváno v tlakových lahvích (plynová chromatografie)

Kapalně helium je dodáváno v Dewarových nádobách (NMR spektroskopie)



# Použití Helium



# Použití

## Vzácné plyny

- Neon – výbojky

- Argon – výbojky

**Ochranná inertní atmosféra (svařování, laboratoř)**

- Krypton – výbojky

- Xenon – výbojky

- Radon – radonové koupele (lázně)









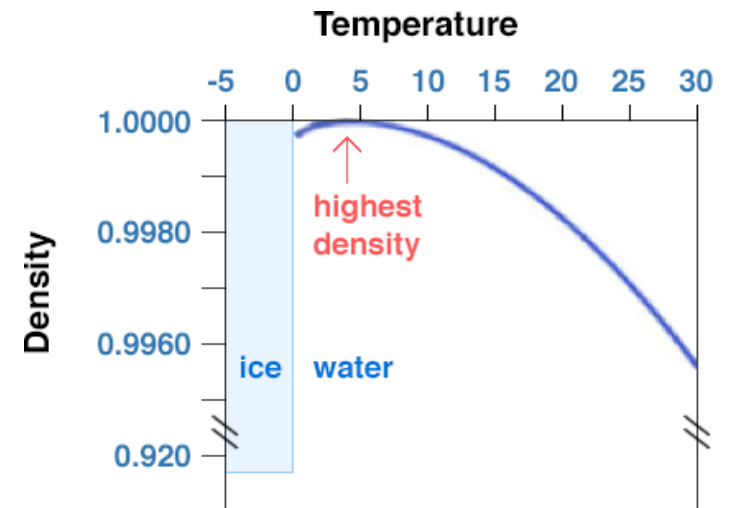
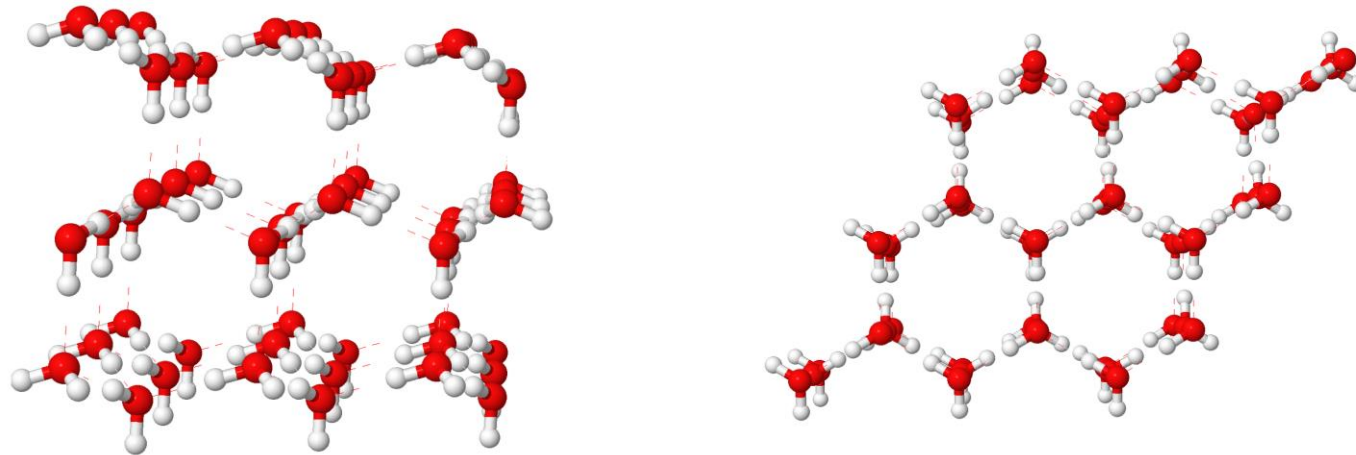
# Sloučeniny

- **Klathráty**  
Klathráty Ar, Kr a Xe s vodou
- **Fluoridy xenonu**
- **Oxid-fluoridy xenonu**
- **Oxidy xenonu**

# Sloučeniny

## Klathráty

- Voda,  $\text{H}_2\text{O}$ , je výjimečná sloučenina  
Životně důležité rozpouštědlo  
Krystalická struktura ledu je relativně “prázdná”  
Nižší hustota než kapalné vody  
Tvorba klathrátů ( $8\text{CH}_4 \cdot 46\text{H}_2\text{O}$ ;  $8\text{Ar} \cdot 46\text{H}_2\text{O}$ )



Krystalická struktura běžného ledu (šesterečná soustava), čárkovaně vodíkové můstky

# Sloučeniny

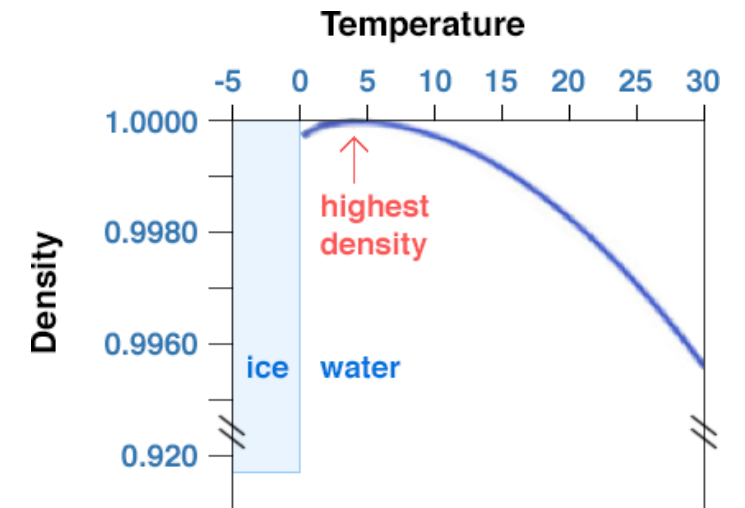
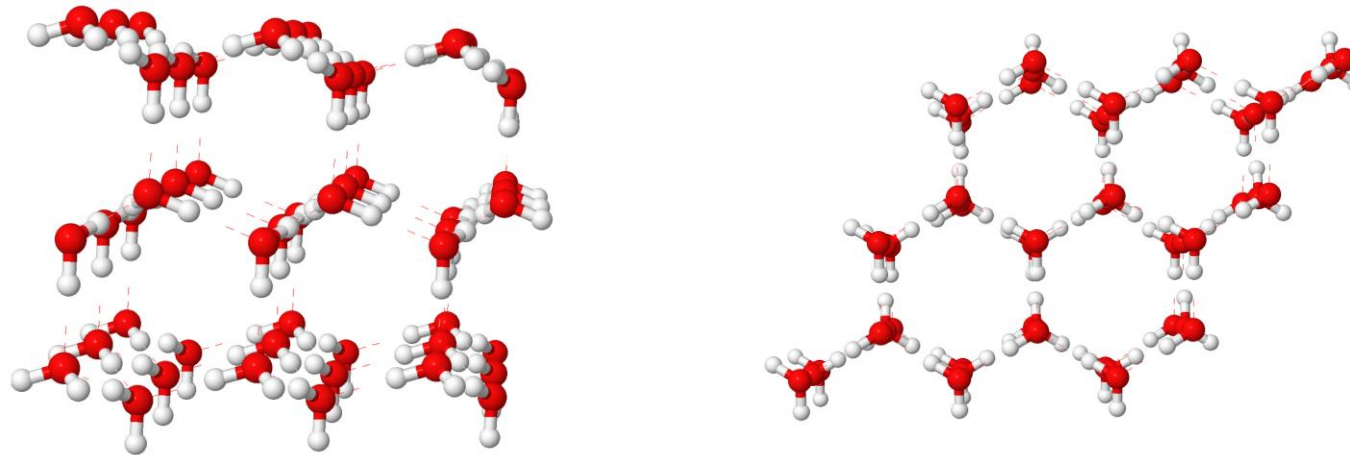
## Klathráty

- **Klathráty nejsou sloučeniny, mezi atomy vzácných plynů a molekulami vody nevzniká žádná vazba**

Klathráty **Ar**, **Kr** a **Xe** s vodou vznikají při tuhnutí vody nasycené vzácným plynem

Nestechiometrické poměry

Limitní složení  $X \cdot 6H_2O$

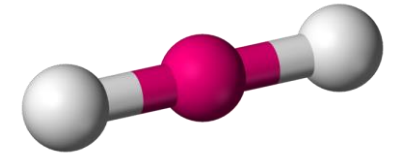


Krystalická struktura běžného ledu (šesterečná soustava), čárkovaně vodíkové můstky

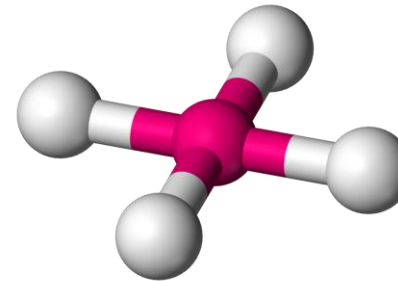
# Sloučeniny

## Fluoridy xenonu

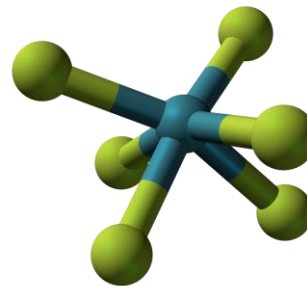
- Oxidační stav II: **XeF<sub>2</sub>**, **fluorid xenonatý**
- Oxidační stav IV: **XeF<sub>4</sub>**, **fluorid xenoničitý**
- Oxidační stav VI: **XeF<sub>6</sub>**, **fluorid xenonový**



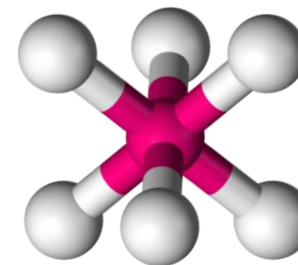
Struktura XeF<sub>2</sub>



Struktura XeF<sub>4</sub>



Struktura XeF<sub>6</sub>  
plynná fáze



Pravidelný oktaedr


# Sloučeniny

## Fluoridy xenonu

- Připravují se přímo z Xe a F<sub>2</sub> v niklových autoklávech  
Stechiometrické poměry

- XeF<sub>2</sub> je komerčně dostupný





### XeF<sub>2</sub>

All Photos (1)

Documents

- ↓ SDS
- 🔍 COO/COA
- 📄 Specification Sheet

394505 ▶ Sigma-Aldrich

### Xenon difluoride

★★★★★ (0) Write a review

99.99% trace metals basis

Synonym(s):  
Xenon Fluoride (XeF<sub>2</sub>)

Linear Formula:  
XeF<sub>2</sub>

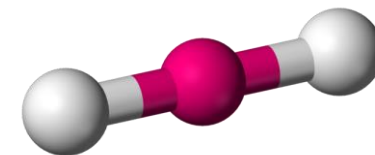
CAS Number:	13709-36-9	Molecular Weight:	169.29	EC Number:	237-251-2
MDL number:	MFCD00040538	PubChem Substance ID:	24864601	NACRES:	NA.23

[Sign In](#) to View Organizational & Contract Pricing

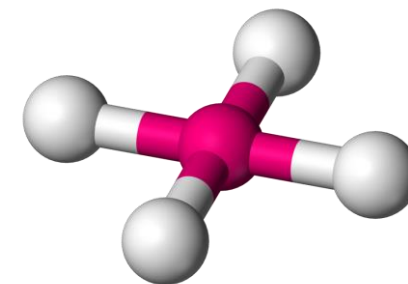
SKU	Pack Size	Availability	Price	Quantity
394505-1G	1 g	✔ Estimated to ship on February 22, 2024 <a href="#">Details...</a>	CZK 7,600.00	<input type="text"/> - <input type="text"/> + <input type="button" value="i"/>
394505-5G	5 g	✔ Estimated to ship on March 14, 2024 <a href="#">Details...</a>	CZK 33,800.00	<input type="text"/> - <input type="text"/> + <input type="button" value="i"/>

[Request a Bulk Order](#)

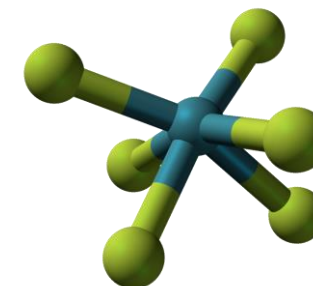
[Copy Link](#) [Email](#)



Struktura XeF<sub>2</sub>



Struktura XeF<sub>4</sub>



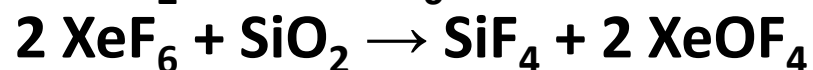
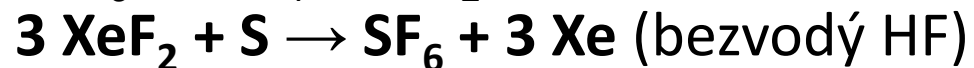
Struktura XeF<sub>6</sub>

# Sloučeniny

## Fluoridy xenonu

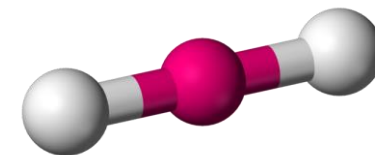
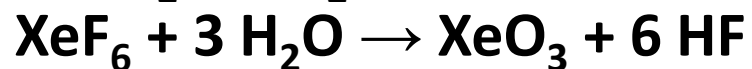
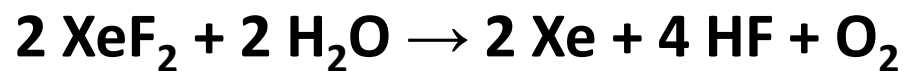
- Fluoridy xenonu

Silná oxidační a fluorační činidla

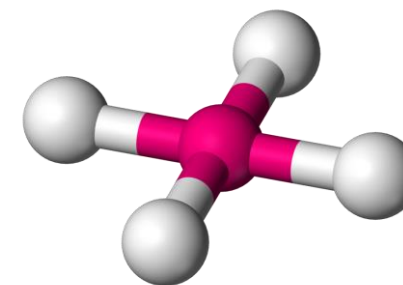


- Fluoridy xenonu

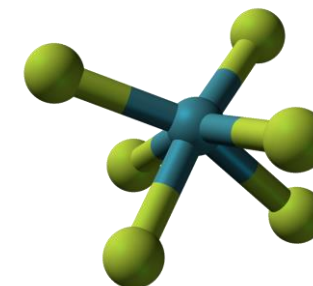
Všechny hydrolyzují



Struktura XeF<sub>2</sub>



Struktura XeF<sub>4</sub>



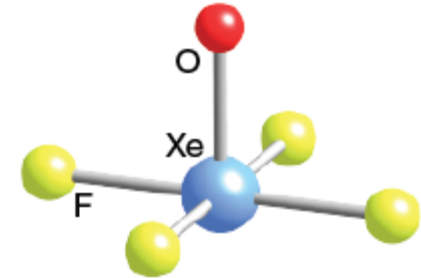
Struktura XeF<sub>6</sub>



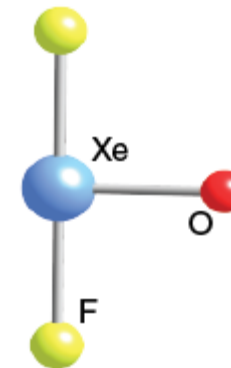
# Sloučeniny

## Oxid-fluoridy xenonu

- Už jsme potkali  $\text{XeOF}_4$   
 $2 \text{XeF}_6 + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{SiF}_4 + 2 \text{XeOF}_4$   
Lze připravit opatrnou hydrolýzou  $\text{XeF}_6$   
 $\text{XeF}_6 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{XeOF}_4 + 2 \text{HF}$
- Obdobně další oxid-fluoridy  
 $\text{XeOF}_2$  opatrnou hydrolýzou  $\text{XeF}_4$   
 $\text{XeO}_2\text{F}_2$  a další...



Struktura  $\text{XeOF}_4$

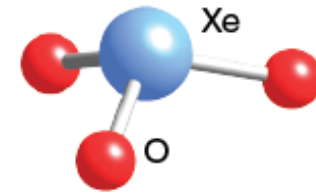


Struktura  $\text{XeOF}_2$

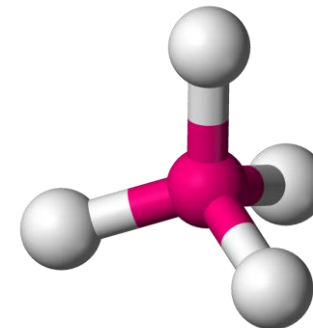
# Sloučeniny

## Oxidy xenonu

- Už jsme potkali  $\text{XeO}_3$   
 **$\text{XeF}_6 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{XeO}_3 + 6 \text{HF}$**   
Explozivní sloučenina ( $\Delta_f H^0 = 402 \text{ kJ mol}^{-1}$ )  
Silné oxidační činidlo
- $\text{XeO}_4$   
Explozivní sloučenina ( $\Delta_f H^0 = 642 \text{ kJ mol}^{-1}$ )  
Silné oxidační činidlo



Struktura  $\text{XeO}_3$

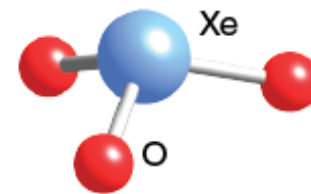


Struktura  $\text{XeO}_4$

# Sloučeniny

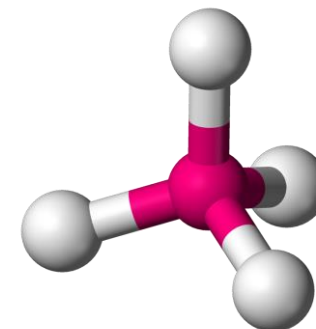
## Oxidy xenonu

- Už jsme potkali  $\text{XeO}_3$ 
  - Explozivní sloučenina ( $\Delta_f H^0 = 402 \text{ kJ mol}^{-1}$ )
  - Silné oxidační činidlo
  - V zásaditém prostředí dá vzniknout xenonanům ( $\text{HXeO}_4^-$ )
  - Xenonany disproportionují za vzniku xenoničelanů ( $\text{XeO}_6^{4-}$ ) a elementárního xenonu



Struktura  $\text{XeO}_3$

- $\text{XeO}_4$ 
  - Explozivní sloučenina ( $\Delta_f H^0 = 642 \text{ kJ mol}^{-1}$ )
  - Silné oxidační činidlo
  - Vzniká při působení kyseliny sírové na xenoničelany



Struktura  $\text{XeO}_4$