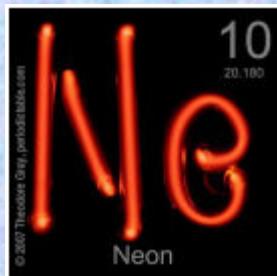
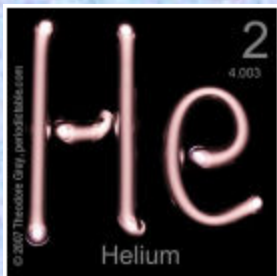


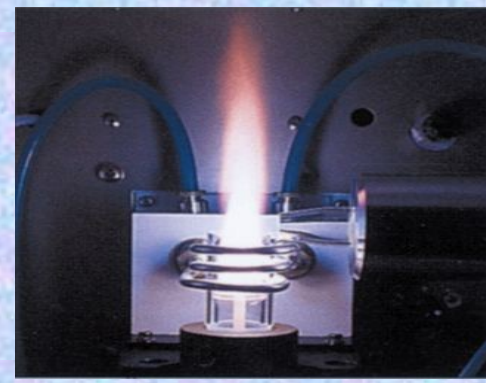
# p<sup>8</sup> prvky – vzácné plyny

He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn



## charakteristika:

- p prvky – celkem 8 elektronů mají v orbitalech **s** a **p** – proto jejich atomy netvoří vazby s jinými atomy
- byly považovány za nereaktivní = inertní, bylo však připraveno několik sloučenin xenonu, kryptonu a radonu
- bez barvy a zápachu, velmi lehké plyny

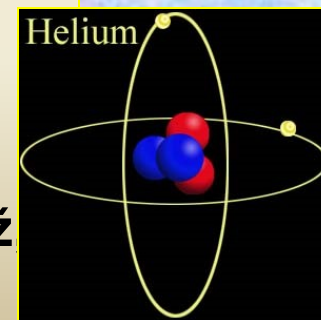
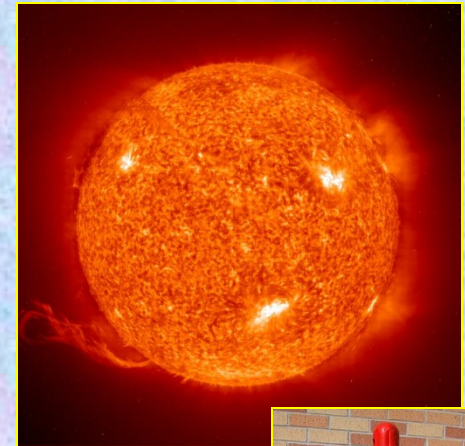


# Helium

- název z řeckého **helios – Slunce** – objeveno ve spektru Slunce
- výskyt:
  - druhý nejrozšířenější prvek ve vesmíru
  - malé množství v zemské atmosféře (0,5 ml na 100 l vzduchu)
- průmyslová výroba:
  - vedlejší produkt při frakční destilaci zkapalněného vzduchu

- fyzikální vlastnosti:

- **monoatomické molekuly**
- bezbarvý, nehořlavý plyn bez chuti, bez zápachu, těžko zkapalnitelný
- **tzv. helium I je supratekuté**, tzn. bez tření protéká libovolnými předměty,
- **supravodivé**, tzn. dokáže vést elektrický proud bez ztrát (má neměřitelný elektrický odpor)
- schopnost difundovat řadou materiálů (pryž, PVC, sklo)



- chemické vlastnosti:
  - mimořádně netečný plyn
  - netvoří žádné sloučeniny

- využití:

- chladio
- plnění osvětlovacích trubic a výbojek
- příprava speciální vzduchové směsi pro hloubkové potápěče – pro snížení tlaku kyslíku v krvi (nedochází ke vzniku tzv. kesonové nemoci)
- plnění meteorologických balónů
- při práci s hořlavinami



# Neon

- název z řeckého **néon – nový**
- výskyt:
  - v zemské atmosféře (1,8 ml ve 100 l vzduchu)
- průmyslová výroba:
  - destilací zkapalněného vzduchu

- fyzikální vlastnosti:
  - monoatomické molekuly
  - bezbarvý, bez chuti, bez zápachu
- chemické vlastnosti:
  - netvoří žádné sloučeniny
  - chemicky mimořádně netečný plyn

- využití:
  - plnění žárovek, osvětlovacích trubic a výbojek



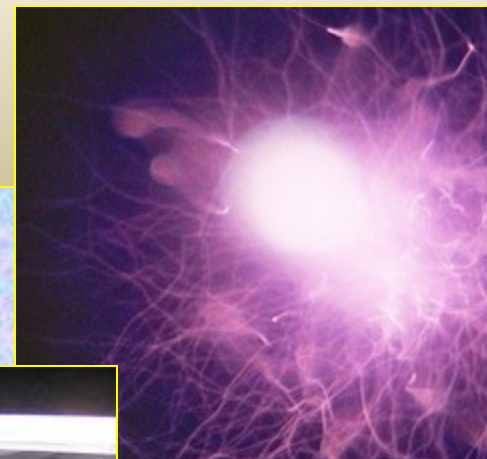
# Argon

- název z řeckého **argón – líný**
- **výskyt:**
  - v zemské atmosféře (1 l ve 100 l vzduchu)

- **fyzikální vlastnosti:**
  - monoatomické molekuly
  - bezbarvý, bez chuti, bez zápachu

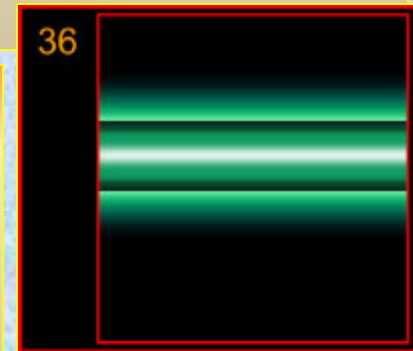
- **chemické vlastnosti:**
  - chemicky netečný plyn

- **využití:**
  - plnění žárovek, osvětlovacích trubíc a výbojek
  - inertní atmosféra při vysokoteplotní metalurgických procesech



# Krypton

- **výskyt:**
  - malém množství v zemské atmosféře (0,114 ml ve 100 l vzduchu)
- **průmyslová výroba:**
  - jako vedlejší produkt při frakční destilaci vzduchu
- **fyzikální vlastnosti:**
  - pouze jednoatomové molekuly, těžko zkapalnitelný
- **chemické vlastnosti:**
  - chemicky netečný plyn
  - tvoří pouze jednoatomové molekuly
- **využití:**
  - převážně na plnění žárovek, osvětlovacích trubic a výbojek



# Xenon

- **výskyt:**
  - malém množství v zemské atmosféře (0,008 ml na 100 l vzduchu)
- **průmyslová výroba:**
  - vedlejší produkt při frakční destilaci zkapalněného vzduchu

- **fyzikální vlastnosti:**

- bezbarvý plyn
- těžko zkapalnitelný



- **chemické vlastnosti:**

- chemicky netečný, ale vytváří několik sloučenin



- **využití:**

- plnění žárovek, osvětlovacích trubíc a výbojek

- **Sloučeniny – je jich mnoho, např.:**

- **oxid xenonový - v pevném stavu velmi explozivní (srovnatelný s TNT)**



# Radon

- výskyt:

- v malém množství v zemské atmosféře
- v přírodě spíše společně s radiem, z něhož také vzniká radioaktivním rozpadem

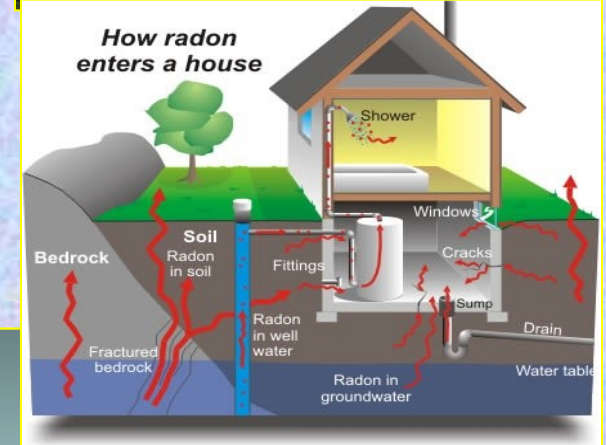


- fyzikální vlastnosti:

- bezbarvý plyn
- radioaktivní
- těžko zkapalnitelný

- chemické vlastnosti:

- mimořádně chemicky netečný, tvoří fluoridy



- využití:

- dříve při léčbě rakoviny k ozařování,
- léčba onemocnění pohybového aparátu - soli radia
- zdroj gama záření
- radonové koupele (protizánětlivý a analgetický účinek)



## Sloučeniny vzácných plynů

**He, Ne a Ar** netvoří žádné známé stabilní sloučeniny.

Sloučeniny **Kr a Xe** jsou známy.

**Rn** je schopen tvořit stabilní fluoridy, případně i další sloučeniny, ale vzhledem k tomu, že nemá žádné stabilní izotopy, nelze očekávat valný význam těchto sloučenin.

## Vzácné plyny - vlastnosti

	<b>He</b>	<b>Ne</b>	<b>Ar</b>	<b>Kr</b>	<b>Xe</b>	<b>Rn</b>
atomové číslo	2	10	18	36	54	86
relativní atomová hmotnost	4,00260	20,179	39,948	83,80	131,29	222
teplota tání C	-	-248,61	-189,37	-157,2	-111,8	-71
teplota varu C	-268,93	-246,06	-185,86	-153,35	-108,13	-62
I. ionizační potenciál (eV)	24,58	21,56	15,76	14,00	12,13	10,75
výparné teplo (kJ/mol)	0,08	1,74	6,52	9,05	12,65	18,1
rozp. ve vodě (cm <sup>3</sup> /kg)	8,61	10,5	33,6	59,4	108,1	230

# Klathráty obecně

Název tohoto typu látek je odvozen z latinského *clathratus* (uzavřený do klece).

## Pojem hostitele a hosta

Tvoří je **Ar, Kr, a Xe** (host) ale také jiné, molekulární plyny ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$ ), případně i jiné molekuly.

Jedná se o zvláštní uspořádání molekul v krystalu „hostitele“, kde subsystém vazeb vytváří dutiny, do kterých mohou být uzavřeny atomy, nebo molekuly obecně různých látek, které jsou v nich pak vázány pouze slabými van der Waalsovskými silami.

Tyto látky mají nestechiometrické složení, které se blíží nějaké limitní hodnotě a nepovažujeme je za sloučeniny vzácných plynů ve smyslu tvorby chemické vazby.

## Vzácné plyny - klathráty

- **Klathráty vzácných plynů** jsou relativně stálé, ale plyn se z nich uvolňuje při teplotě tání.
- Vznikají krystalizací např. z vody nasycené plynem za tlaku 1- 4 MPa.
- Jejich praktické použití je spojeno s potřebou zabránit úniku radioaktivních izotopů vzácných plynů, které vznikají v jaderných reaktorech.
- Za vysokého tlaku se mohou tvořit klathráty, které obsahují až 20 % argonu.

Látkou, která vytváří klathráty s Ar, Kr, a Xe je například **hydrochinon**.

Jejich složení se blíží limitní hodnotě poměru **plyn : hydrochinon 1:3**.

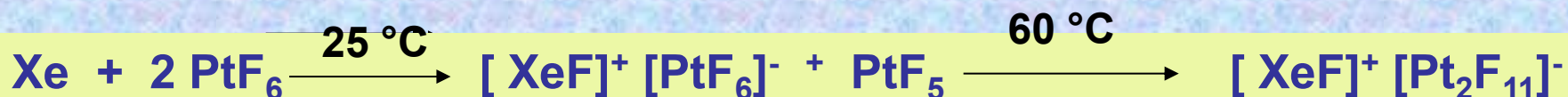
Další příklady: **8Kr. 46 H<sub>2</sub>O**

# Vzácné plyny – sloučeniny

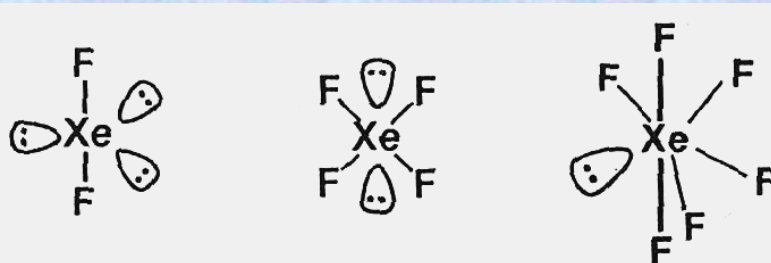
Stabilní izolovatelné chemické sloučeniny, charakterizovatelné jako chemická individua, tvoří pouze **Kr a Xe**.

Sloučeniny radonu lze těžko izolovat pro jeho vysokou aktivitu, která je příčinou jejich rychlé radiolýzy.

N. Bartlettem a D.H. Lochmanem v roce 1962, kdy byla připravena reakcí Xe s  $\text{PtF}_6$  první jeho skutečná sloučenina na základě zjištění, že v připravené sloučenině s kyslíkem  $\text{O}_2^+[\text{PtF}_6]^-$  je ionizační energie kyslíku je téměř stejná jako ionizační energie Xe – nebyl proto důvod předpokládat, že reakce s Xe s  $\text{PtF}_6$  nebude probíhat.



Po tomto objevu však byly relativně rychle za sebou připraveny fluoridy  **$\text{XeF}_2$  a  $\text{XeF}_4$** . Tyto reakce pak představují skutečný počátek chemie vzácných plynů.



Obr.č. 10.1. Fluoridy xenonu

## Vzácné plyny – sloučeniny xenonu

Oxidační stav	Vzorec	Teplota tání ( C )	Stereochemie	
II	XeF <sub>2</sub>	129	D <sub>∞h</sub>	lineární
IV	XeF <sub>4</sub>	117,1	D <sub>4h</sub>	čtvercová
VI	XeF <sub>6</sub>	49,5		deformovaný oktaedr
	XeOF <sub>4</sub>	-46	C <sub>4v</sub>	čtvercová pyramida
	XeO <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	30,8	C <sub>2v</sub>	
	CsXeOF <sub>5</sub>			deformovaný oktaedr
	KXeO <sub>3</sub> F			čtvercová pyramida
	XeO <sub>3</sub>	exploduje	C <sub>3v</sub>	pyramidální
VIII	XeO <sub>4</sub>	-35,9	T <sub>d</sub>	tetraedr
	XeO <sub>3</sub> F <sub>2</sub>	-54,1	D <sub>3h</sub>	trigonálně bipyramidální
	Ba <sub>2</sub> XeO <sub>6</sub>	>300 rozklad	O <sub>h</sub>	oktaedr

## Vzácné plyny – fluoridy xenonu a kryptonu

- Připravují se přímou syntézou, přičemž na vzájemném poměru  $\text{Xe} : \text{F}_2$ , tlaku a teplotě závisí složení získaného produktu.
- Reakce se provádějí v uzavřených niklových nádobách.
- Produkty jsou bílé krystalické látky.

$\text{XeF}_2$  komerčně dostupný, tyto látky zatím nemají praktického významu.

Z hlediska základního výzkumu však představují tyto sloučeniny velmi zajímavé objekty, zejména pokud jde o studium vazebných poměrů v nich.

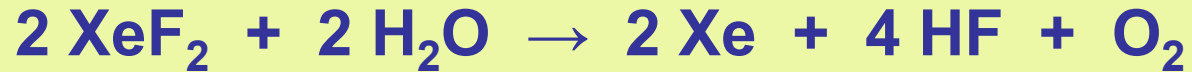
Pokud jde o sloučeniny dalších vzácných plynů, byly popsány některé sloučeniny kryptonu, z nichž nejlépe prostudovanou látkou je  $\text{KrF}_2$ . Stabilní je ovšem jen do teploty kolem  $-153\text{ °C}$ .

# Vzácné plyny – fluoridy xenonu

## XeF<sub>2</sub>

je lineární, dobře se rozpouští ve vodě a jeho roztoky jsou při teplotě kolem 0 °C a v neutrálním prostředí celkem stálé.

V přítomnosti zásad probíhá rychlá hydrolýza:



Vodný roztok XeF<sub>2</sub> je slabé fluorační a silné oxidační činidlo:



ale také:



a oxiduje rovněž i soli chromité až na chromany.



# Vzácné plyny – fluoridy xenonu

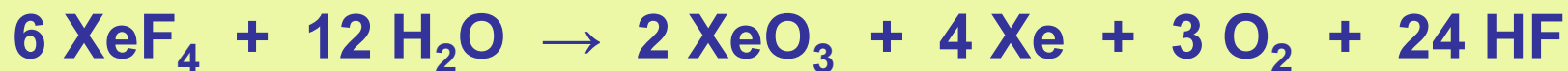
## XeF<sub>4</sub>

Čtvercová molekula, symetrie  $D_{4h}$ .

- snadno sublimuje
- reakce jsou obdobné jako u XeF<sub>2</sub>, ale je silnějším fluoračním činidlem:



Hydrolýze však podléhá velmi snadno:



ale průběh hydrolýzy má složitý mechanismus.

# Vzácné plyny – fluoridy xenonu

## XeF<sub>6</sub>

- je těkavější než fluorid xenoničitý.
- vodou se rozkládá velmi prudce a ve směsi produktů je opět obsažen explozivní oxid xenonový.

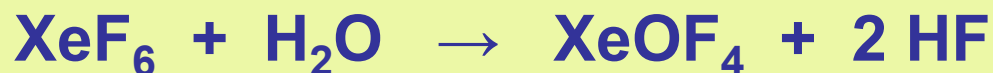
Fluorid xenonový je silným fluoračním činidlem, které napadá i sklo:



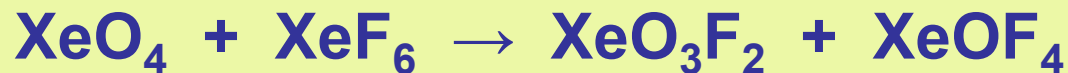
Tvar molekuly XeF<sub>6</sub> je dodnes předmětem zájmu chemiků. Jisté je, že se v plynné fázi nejedná o jednoduchý oktaedr a v pevné fázi jsou známy nejméně čtyři různé formy XeF<sub>6</sub>.

## Vzácné plyny – fluorid-oxidy xenonu

Vznikají jak již bylo dříve zmíněno jako meziprodukty při velmi opatrné hydrolýze, např.:



nebo reakcí fluoridů, případně jiných fluorid oxidů s oxidy:



Jsou to těkavé, bezbarvé kapaliny, nebo nízkotající látky, které podléhají ve vodných roztocích hydrolýze.

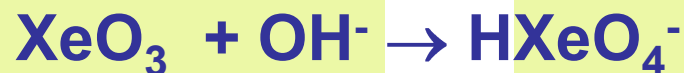
Existují sice sloučeniny s vazbami Xe-N a Xe-C, které však nejsou příliš stabilní.

# Vzácné plyny – kyslíkaté sloučeniny xenonu

## XeO<sub>3</sub>

- je velmi nebezpečný, silně explozivní
- vzniká hydrolyzou fluoridů xenonu
- ve vodě je velmi silným oxidačním činidlem.
- jeho reakce jsou však pomalé (je kineticky inertní).
- tyto roztoky bývají označovány jako kyselina xenonová a jsou stálé, pokud neobsahují oxidovatelné látky, nebo zásady.

V zásaditém prostředí vznikají přechodně xenonany:



ale ty se zvolna disproportionují za vzniku **xenoničelanů** a **volného xenonu**:



# Vzácné plyny – kyslíkaté sloučeniny

## Xenoničelany

výhradně se získávají srážením roztokem  $\text{XeO}_3$  s roztokem NaOH za přítomnosti ozonu.



koncentrovanou kyselinou sírovou se rozkládá za chladu, kdy lze připravit  $\text{XeO}_4$ , plyn, který je podobně jako  $\text{XeO}_3$ , silně explozivní.