



# MVZ 165: Šíření jaderných zbraní

Ondřej Rojčík

[rojcik@fss.muni.cz](mailto:rojcik@fss.muni.cz)

Konzultační hodiny: úterý 13.00 – 15.00

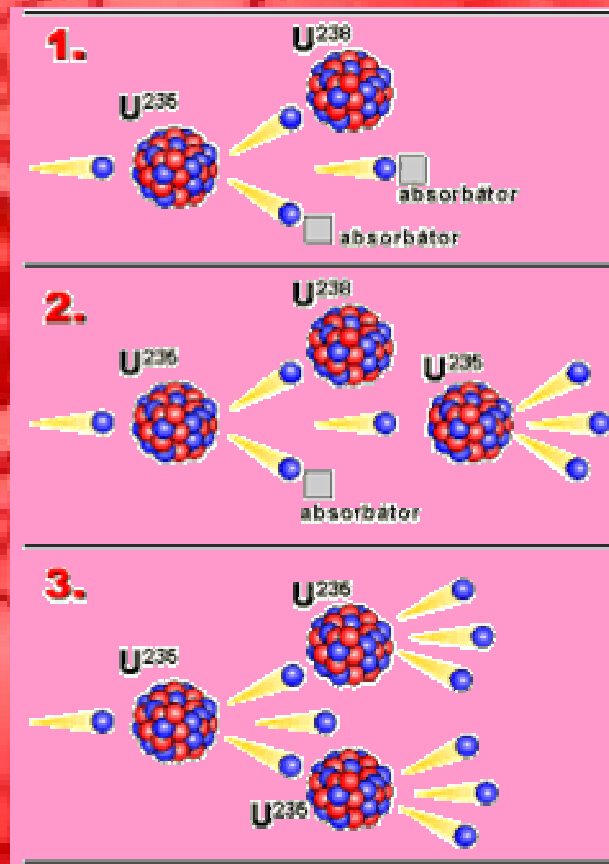
# Technické minimum

Seznámení se základními technickými aspekty proliferace jaderných zbraní:

1. Podstata jaderné energie
2. Konstrukce JZ
3. Následky jaderné exploze
4. Produkce JZ
5. Výrobní cyklus jaderné energetiky
6. Zneužitelnost civilních jaderných technologií

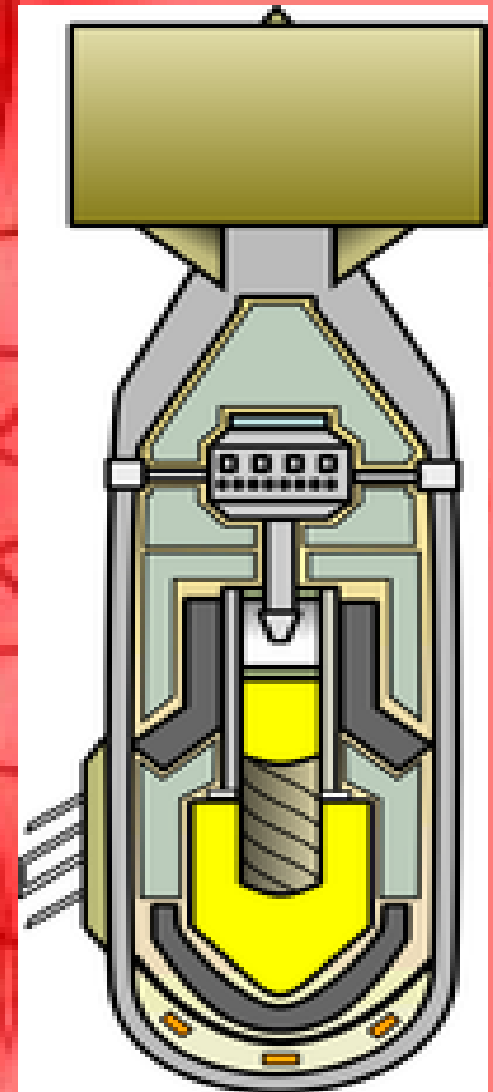
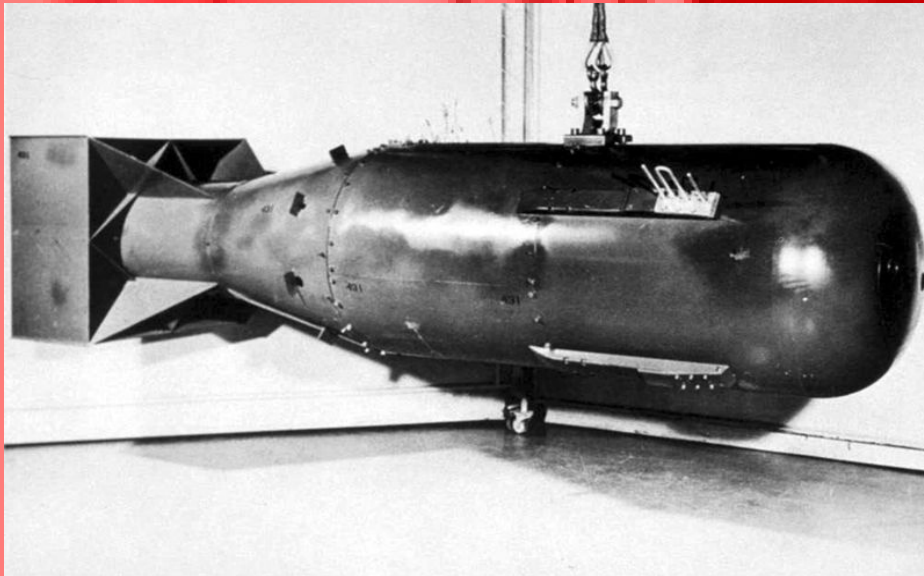
# Štěpení: řetězová reakce

- **Štěpení:** neutrony narážejí do těžkých prvků - izotopu uranu (U-235) nebo plutonia (Pu-239) - tyto prvky za příznivých okolností rozštěpí
- **Kritický stav:** z každého rozštěpeného prvku se uvolní jeden neutron, který rozštěpí jedno další jádro. V takové případě řetězová reakce stále pokračuje – nerozrůstá se, ani nezaniká
- **Nadkritický stav:** počet neutronů štěpících další jádra je 2-3. V zásadě k tomu stačí, aby bylo pohromadě dostatečné velké množství čistého štěpného materiálu



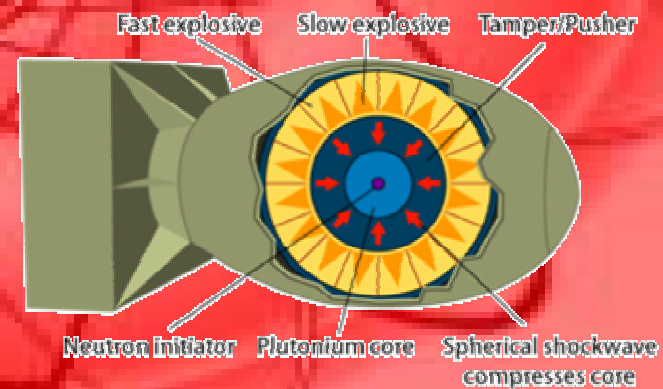
# Explozivní typ pumy (gun-type)

- Dvě podkritická množství štěpného materiálu
- Jedna část slouží jako projektil, který se odpálí proti druhé části, čímž vznikne nadkritické množství a dojde k jadernému výbuchu



# Implozivní typ pumy

- Nadkritické množství vznikne stlačením plutoniové koule v důsledku výbuchu konvenčních náloží
- Tento typ je složitější, ale používanější, protože je bezpečnější a mnohem efektivnější



# Co následuje po explozi?

Jaderná exploze uvolňuje tři typy energie:

- Tepelnou energii (tepelnou vlnu): představuje 30-50% uvolněné energie; tepelná vlna se zastavuje nejpomaleji a proto má také nejdelší dopad
- Tlak (tlaková vlna): představuje 40-60% energie; její účinek na lidské ztráty je většinou nepřímý (hroutící se domy a padající trosky)
- Záření: představuje 5-10% uvolněné energie; způsobuje rozptyl radioaktivního záření; dlouhodobé účinky na lidský organizmus

# Následky jaderné exploze

**OPERATION DOORSTEP  
and  
OPERATION CUE**

**Film #0800033  
(Two Films Combined)**

# Jaderný test „Crossroads“





# Jaderný test „Mike“



# Termonukleární a další jaderné zbraně

## **Vodíková (termonukleární/termojaderná) bomba**

- Systém založený na termonukleární syntéze (nuclear fusion)
- Při této reakci dochází ke slučování dvou atomů - izotopů vodíku (tritium, deuterium) – jež vytvoří těžší a stabilnější atom.

## **Kořeněné bomby (salted bombs)**

- Součástí obalu pumy je kobalt
- Při výbuchu přeměněn na radioaktivní látku, jež produkuje radioaktivní spad s dlouhodobým (5 let) radioaktivním zářením
- Kobaltová bomba nikdy nebyla testována, ani zařazena do výzbroje
- Byla však testována: test Castle Bravo, jako „koření“ byl užit přírodní uran

## **Neutronová bomba (zbraň se zvýšenou radiací):**

- Založená na termonukleární syntéze
- Při explozi nejsou neutrony zadržovány, ale záměrně směřovány ven
- Tyto zbraně tak nepůsobí tepelnou ani tlakovou vlnu
- Zabíjí pouze radiace

# Produkce jaderných zbraní:

## Získání vhodného štěpného materiálu:

- Těžba uranové rudy
- Produkce uranového koncentrátu (yellowcake) + další zpracování před obohacováním

## Zbraně založené na uranu:

- Obohacení uranu

## Zbraně založené na plutoniu:

- Získání a provozování jaderného reaktoru
- Zpracování vyhořelého paliva k získání plutonia

## Konstrukce zbraně:

- Návrh a konstrukce štěpného jádra
- Návrh a konstrukce nejaderných komponentů: konvenční chemická trhavina, rozbuška, neutronový iniciátor, reflektor
- Montáž zbraně

## Testování a rozmístění zbraní:

- Testy
- Vývoj nosičů

# Jak získat vhodný štěpný materiál?

- Krádeží
- Zneužitím civilního jaderného programu
- Vývojem ve zvláštních zařízeních

# Plutonium v reaktorové kvalitě (reactor-grade plutonium)

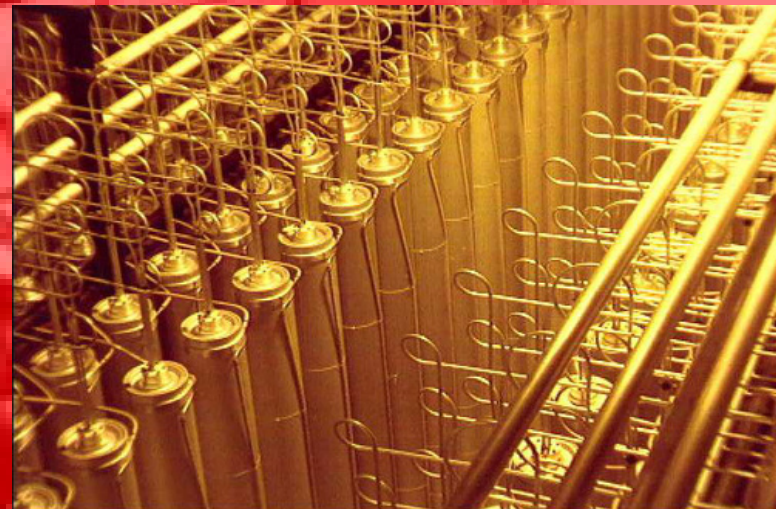
- Reaktory jaderných elektráren přeměňují uran na plutonium.
- Toto plutonium však není 100% vhodné pro užití v jaderných zbraních
- Vhodné kanadské těžkovodní reaktory CANDU: palivem je přírodní uran + snadná výměna paliva

# Způsoby obohacování uranu

- **Termální difúze:** požívaná ve 40. letech; ekonomicky velmi neefektivní
- **Plynová difúze:** nejvíce se používala v 60.-80. letech;  
- extrémně náročná technika na spotřebu elektrické energie  
+ dostupná technologie a know-how
- **Plynové odstředivky (gas centrifuge):** v současnosti nejpoužívanější technologie; + ekonomicky efektivní, dostupná technologie i know-how, rychlé obohacení na HEU;
- **Chemické metody:** + nízká spotřeba energie, nenáročná údržba; – zdlouhavá výroba
- **Laserové metody:** stále ve vývoji, používané maximálně v laboratorním, nikoliv průmyslovém měřítku; předpokládá se ale, že díky své ekonomické efektivitě (energetické nenáročnosti) a rychlosti se tato metoda bude v budoucnu široce uplatňovat
- **Elektromagnetické metody:** další možnost; rozvíjené již od II. Světové války; tyto metody jsou ekonomicky zcela neefektivní a proto používané výhradně v laboratorním měřítku

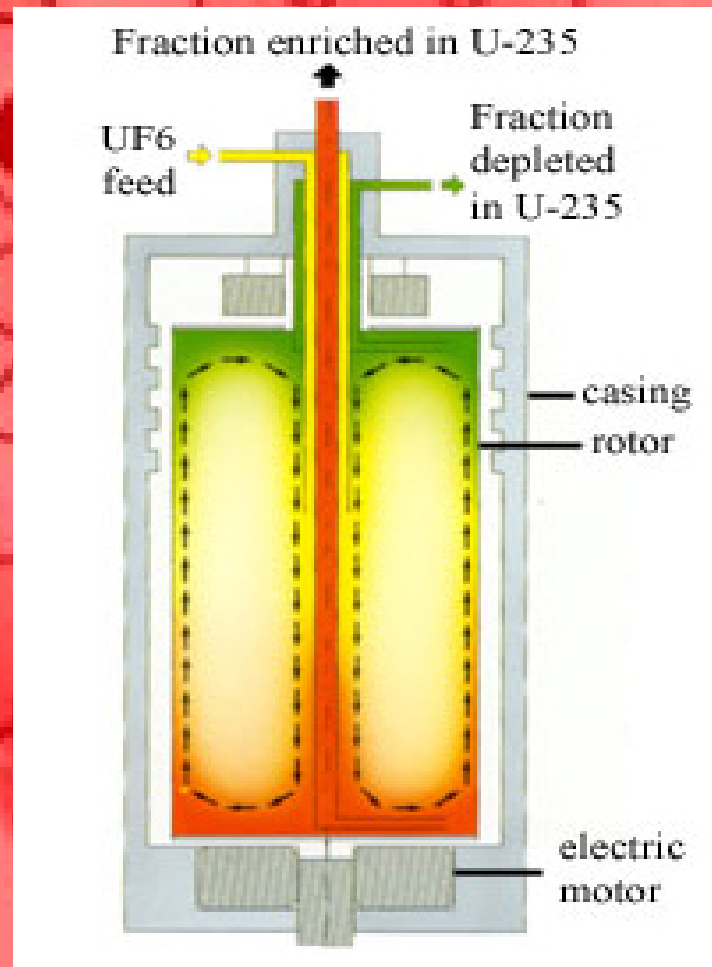
# Plynové odstředivky (gas centrifuge)

- Vstupní materiál: uranový hexafluorid ( $\text{UF}_6$ )
- Obsahuje lehčí U-235 a těžší U-238
- Obrovskou odstředivou silou se lehčí a těžší prvky oddělí
- V jedné odstředivce dojde jen k malému obohacení
- Proto jsou odstředivky stavěny do **kaskád**



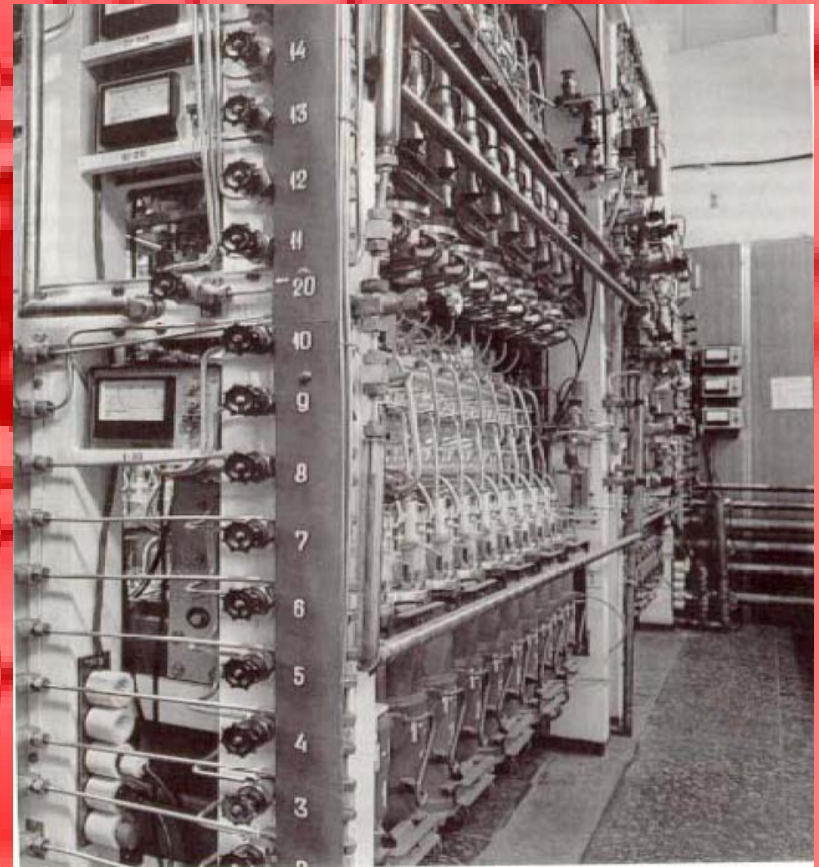
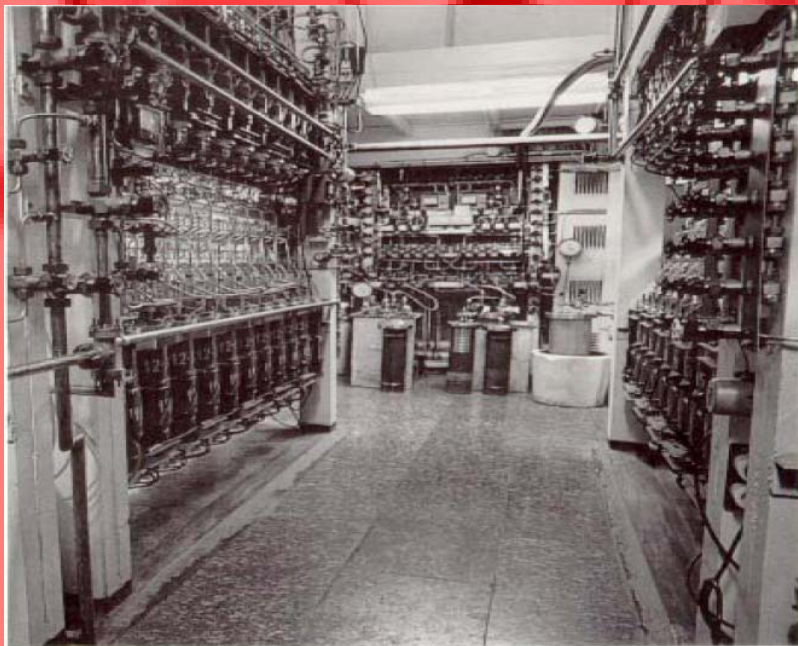


# Plynové odstředivky

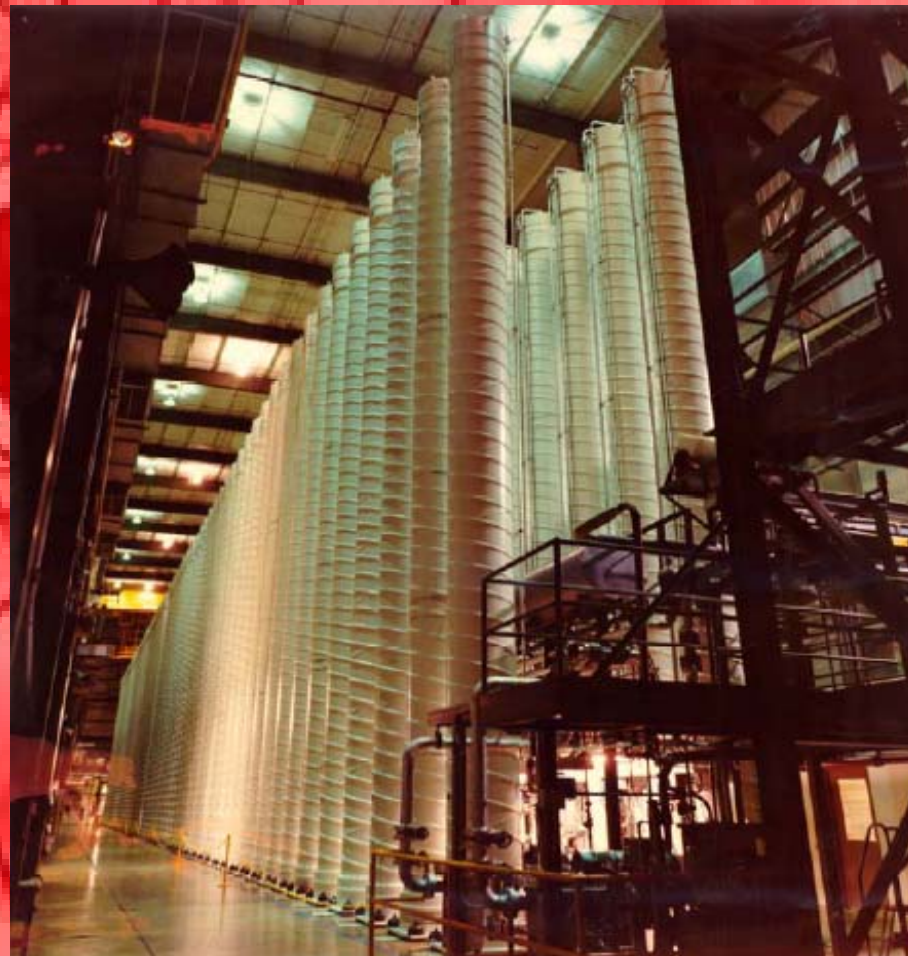




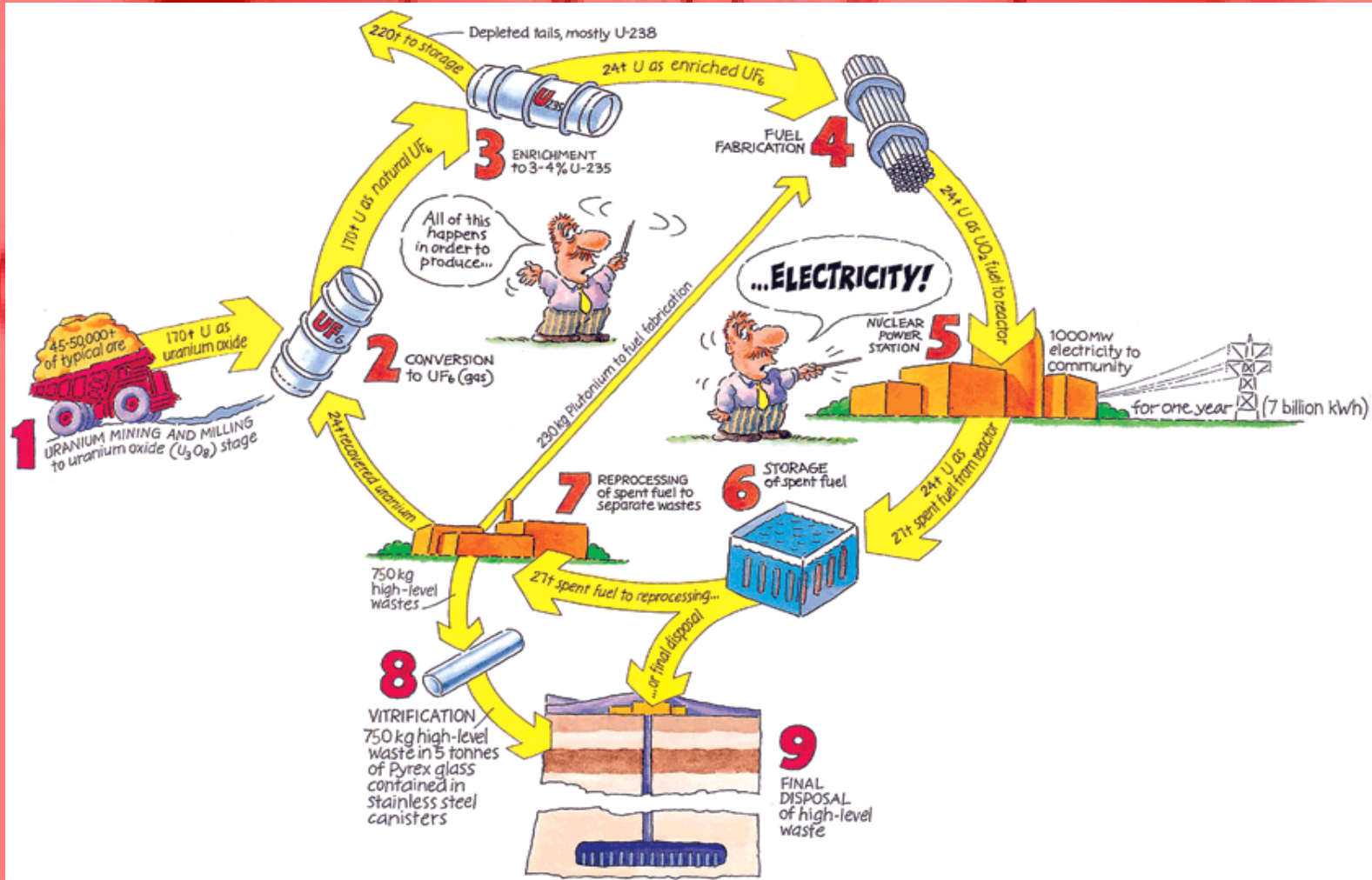
# Plynové odstředivky



# Plynové odstředivky



# Cyklus výroby jaderné energie





# Summary

Nejdůležitější pojmy:

štěpná reakce x termojaderná fúze

explozivní x implozivní typ bomby

neutronová bomba

obohacování uranu: (low-enriched uranium)

LEU x (highly enriched uranium) HEU

plynové odstředivky

# Co nás čeká přístě?

První případová studie:

## USA

- Důvody vzniku amerického jaderného programu
- Historie
- Vliv na další proliferaci JZ
- Politika neproliferace a aktuální „jaderná dohoda“ s Indií