

Lösningar till: Tentamen i Tillämpad Kärnkemi den 21 maj 1994

1. Ibland används något som kallas 1 upp - 2 ned kaskader vid isotopseparation. Rita upp principen och förklara när den används. (max 4p). Svar: Frågan aktualiserades i samband med vårt studiebesök vid Eurodif. Principen används när diffusorerna har asymmetriska separationsfaktorer. I det aktuella fallet är den avrikade strömmen bättre separerad än den anrikade (förlust pga omblandning). Strömmen från en diffusor med anrikat material går till nästa steg uppströms i kaskaden medan strömmen med det avrikade hoppar över en diffusor nedströms i kaskaden. Härigenom motsvaras ett avrikningssteg av två anrikningssteg.

2. Vid kokvattenreaktorer förekommer något som kallas för "void coefficient". a. Vad är det? (max 2p), b. Hur påverkar den reaktiviteten? (max 2p). Svar: a) Void koefficient anger hur reaktiviteten förändras pga förekomst av ånga i härden (void = tomt på moderator), b) I normala LWR är den negativ, dvs reaktiviteten minskar med ökande void. I RBMK-reaktorer och vissa av CANDU-typ är den däremot positiv dvs reaktiviteten ökar med ökande void. Det senare beror på att moderatorn inte samtidigt är kylmedel och att reaktorerna samtidigt är "övermodererade" dvs moderatorn är en bättre moderator än kylmedlet.

3. Beskriv en bränslepinne för en BWR med skiss och text som förklarar funktionen hos delarna. (max 5p). Svar: Se utdelat blad och figur 19.12.a på sid 542 i läroboken.

4. Hur separeras plutonium från uran i den vanligaste varianten av PUREX processen? (max 4p). Svar: U och Pu samextraheras och därefter strippas Pu som Pu^{3+} från extraktet genom tillsats av lämpligt reduktionsmedel.

5. Natururan består nu av 0.0054% ^{234}U , 0.72% ^{235}U och resten ^{238}U . Om vi antar att samtliga uranisotoper bildades i lika stora mängder i en r-process, hur gammalt är då vårt uran? (max 5p). Lösning:

$$x_{235} := 0.72\% \quad x_{234} := 0.0054\% \quad x_{238} := 1 - x_{235} - x_{234} \quad x_{238} = 99.275\%$$

$$\lambda_{235} := \frac{\ln(2)}{7.04 \cdot 10^8 \cdot \text{yr}}$$

$$\lambda_{238} := \frac{\ln(2)}{4.468 \cdot 10^9 \cdot \text{yr}}$$

$$x_{235} = 50\% \cdot \exp(-\lambda_{235} \cdot \text{Age})$$

$$x_{238} = 50\% \cdot \exp(-\lambda_{238} \cdot \text{Age})$$

$$\frac{x_{235}}{x_{238}} = \frac{50\% \cdot \exp(-\lambda_{235} \cdot \text{Age})}{50\% \cdot \exp(-\lambda_{238} \cdot \text{Age})}$$

$$\frac{x_{235}}{x_{238}} = \exp\left[\text{Age} \cdot (-\lambda_{235} + \lambda_{238})\right] \quad \text{Age} := \frac{-\ln\left(\frac{x_{235}}{x_{238}}\right)}{(\lambda_{235} - \lambda_{238})} \quad \text{Age} = 1.874 \cdot 10^{17} \cdot \text{sec}$$

$$\text{Age} = 5.939 \cdot 10^9 \cdot \text{yr}$$

6. Det finns två typer av bridreaktorer. a. Vilken av dessa har kortast fördubblingstid? (max 2p), b. I vilken förekommer stora mängder Pa och varför? (max 2p). Svar: a) Snabba bridreaktorer som går på U/Pu-cykeln, dvs i första hand LMFBR. b) Termiska bridreaktorer går på Th/U-cykeln. I denna förekommer den långlivade Pa isotopen ^{231}Pa , som huvudsakligen bildas genom bireaktionen $^{232}\text{Th}(n,2n)^{231}\text{Th}(\beta^-)^{231}\text{Pa}$.

7. Hur hanteras utbränt kärnbränsle från svenska kärnkraftverk idag? (max 4p). Svar: Lagring upp till ett år i reaktorns bränslebassäng. Därefter transport med båt (Sigyn) till mellanlagret i Simpevarp (CLAB) där bränslet lagras i vattenbassänger i väntan (minst 30 år) på slutlig inkapsling och slutdeponering i berggrunden.

8. Vilka absorbatormaterial används normalt i styrtavar för: a. Kokvattenreaktorer? (max 1p), b. Tryckvattenreaktorer? (max 1p), c. Varför just dessa? (max 3p). Svar: a) B_4C , b) Cd-Ag-In legering, c) Den första har bättre egenskaper i system där högre n-energies förekommer medan den andra är bättre i ett mer termiskt n-spektrum.

9. Hur mycket ^{135}Xe finns det per kg relativt färskt UO_2 -bränsle (3% anrikat) i en reaktor som drivs med effekttätheten 22 kW/kg bränsle? Antag att nuklidkartans tvärsnitt är användbara. (max 5p). Lösning: (Vi räknar på 1 kg UO_2 för enkelhets skull)

$$P := 22 \cdot 10^3 \cdot \frac{\text{watt}}{\text{kg}} \quad \text{MeV} := 1.60217733 \cdot 10^{-13} \cdot \text{joule} \quad Q_{\text{fiss}} := 200 \cdot \text{MeV} \quad N_A := 6.0221367 \cdot \frac{10^{23}}{\text{mole}}$$

$$R_{\text{fiss}} := \frac{P}{Q_{\text{fiss}}} \quad R_{\text{fiss}} = 6.866 \cdot 10^{14} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1} \quad (\text{men } R_{\text{fiss}} = \phi \cdot \sigma \cdot N) \quad y_{135} := 6.6 \cdot \%$$

$$M_{\text{wUO}_2} := (238 \cdot 97 \cdot \% + 235 \cdot 3 \cdot \% + 2 \cdot 16.00) \cdot \frac{\text{gm}}{\text{mole}} \quad N_{235} := \frac{1}{M_{\text{wUO}_2}} \cdot N_A \cdot 3 \cdot \%$$

$$R_{\text{fiss}} = \phi \cdot 582.2 \cdot 10^{-28} \cdot \text{m}^2 \cdot N_{235} \quad \phi := 1.7176 \cdot 10^{25} \cdot \frac{R_{\text{fiss}}}{(\text{m}^2 \cdot N_{235})} \quad \phi = 1.762 \cdot 10^{17} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$$

$$\lambda_{\text{Xe}} := \frac{\ln(2)}{9.17 \cdot \text{hr}} \quad \sigma_{\text{Xe}} := 2.65 \cdot 10^6 \cdot 10^{-28} \cdot \text{m}^2$$

$$k := \lambda_{\text{Xe}} + \phi \cdot \sigma_{\text{Xe}} \quad k = 6.768 \cdot 10^{-5} \cdot \text{sec}^{-1}$$

$$\frac{dN_{\text{Xe}}}{dt} = R_{\text{fiss}} \cdot y_{135} - k \cdot N_{\text{Xe}} \quad N_{\text{Xe}} := \frac{R_{\text{fiss}} \cdot y_{135}}{k} \quad N_{\text{Xe}} = 6.695 \cdot 10^{17} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$\text{Eller i mol:} \quad C_{\text{Xe}} := \frac{N_{\text{Xe}}}{N_A} \quad C_{\text{Xe}} = 1.112 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\text{mole}}{\text{kg}}$$

$$\text{Eller i vikts\%:} \quad x_{\text{Xe}} := C_{\text{Xe}} \cdot 135 \cdot \frac{\text{gm}}{\text{mole}} \quad x_{\text{Xe}} = 1.501 \cdot 10^{-5} \cdot \%$$