

Lösningar till: Tentamen i Tillämpad Kärnkemi den 18 oktober 1991

1. Beskriv principen för och hur separationseffekten beräknas för en gascentrifug för isotopseparation. (5p).

Svar: En gas i en centrifug (med rotationshastigheten ω radianer/sekund och gastätheten ρ vid radien r) utsätts för kraften $\omega^2 r \rho$ per volymsenhet. Detta leder till en tryckgradient $dp/dr = \omega^2 r \rho$, men $\rho = p M_w / (R T)$ (ur gaslagen). Detta leder till diff. ekv. $(1/p) \cdot (dp/dr) = M_w \omega^2 r / (R T)$. Integration mellan en inre radie r och yttre radie a (väggen) leder till ekvationen $p_r/p_a = \rho_r/\rho_a = \exp(-(M_w \omega^2 a^2 / (2 R T)) \cdot (1 - (r/a)^2))$. I en binär gasblandning ger detta partialtrycket för komponent 1, $(p_r \cdot x_r) / (p_a \cdot x_a) = \exp(-(M_{w1} \omega^2 a^2 / (2 R T)) \cdot (1 - (r/a)^2))$ och för komponent 2, $p_r \cdot (1 - x_r) / (p_a \cdot (1 - x_a)) = \exp(-(M_{w2} \omega^2 a^2 / (2 R T)) \cdot (1 - (r/a)^2))$. Om vi dividerar dessa ekvationer med varandra så får vi sambandet $x_r \cdot (1 - x_a) / (x_a \cdot (1 - x_r)) = \alpha(r, a) = \exp(-((M_{w2} - M_{w1}) \omega^2 a^2 / (2 R T)) \cdot (1 - (r/a)^2))$.

2. Ett stort kärnkraftverk laddas årligen med 30 ton anrikat uran (3% ^{235}U) i form av nytt bränsle. Naturligt uran innehåller 0.72% ^{235}U . Hur stor mängd naturligt uran motsvarar denna bränslemängd om avfallsströmmen från anrikningsanläggningen innehåller 0.25% ^{235}U . (4p). Lösning:

$$x_F := 0.72\% \quad x_P := 3\% \quad x_W := 0.25\% \quad P := 30 \cdot \text{tonne}$$

$$F := P \cdot \frac{x_P - x_W}{x_F - x_W} \quad \text{ekv. (2.49)} \quad F = 1.755 \cdot 10^5 \cdot \text{kg} \quad \text{eller} \quad F = 175.532 \cdot \text{tonne}$$

3. Definiera vad som menas med ett kritiskt, ett prompt kritiskt och ett fördröjt kritiskt system. Hur påverkas systemets tidskonstant? (5p). Svar: Ett kritiskt system har $k_{\text{eff}} = 1$, ett prompt kritiskt system har $k_{\text{eff}} - 1 = \beta$ och ett fördröjt kritiskt system har $0 < k_{\text{eff}} - 1 < \beta$.

4. Beskriv reningssystemen för reaktorvatten på en kokvattenreaktor och ange var de är anslutna. (5p). Svar: Se sid 575, 2:a stycket, i läroboken och utdelat blad.

5. a. Vilket är det stabilaste oxidationstalet för plutonium i sura vattenlösningar som står i kontakt med luft? (2p), b. Vad menas med disproportionering när man talar om Pu:s kemiska egenskaper? (2p), c. Beskriv ett sätt att grafiskt bestämma om disproportionering är möjlig eller ej. (2p). Svar: a) Pu(IV). b) omvandling av ett oxidationstal till ett lägre och ett högre oxidationstal, t ex $2 \text{ Pu(IV)} = \text{Pu(III)} + \text{Pu(V)}$. c) om förbindelse linjen mellan två oxidationstal passerar över värdet för ett mellanliggande oxidationstal kan detta disproportionera till de två som betraktas. Diagrammet skall visa $\Delta G_{\text{bildning}}$ mot oxidationstal.

6. a. Vilka engelska ord är det som givit förkortningen PUREX? (2p), b. Vilka reagens kan utnyttjas i PUREX processen för att separera uran och plutonium? (3p). Svar: a) **P**lутonium **U**ranium **R**edox **E**Xtraction. b) t ex Fe(II) eller U(IV).

7. Beskriv kortfattat i form av ett flödesschema pågående och planerad framtida hantering av använt svenskt reaktorbränsle. (5p). Svar: Se utdelat blad.

8. Vi kan förenkla situationen i Sverige genom att antaga att landet har 4 kraftreaktorer på vardera 500 MWe och 8 kraftreaktorer på vardera 1000 MWe. Dessa kan vidare antagas ha en genomsnittlig termisk verkningsgrad på 33% och en genomsnittlig drifttid som motsvarar 220 fulleffektdygner per år. Bränslet anses förbrukat vid en genomsnittlig termisk utbränning på 35 MWd/kg bränsle. Beräkna med dessa antaganden den totala mängden använt kärnbränsle som skall slutlagras om alla reaktorerna drivs under 25 år. (5p)

$$MW := 10^6 \cdot \text{watt} \quad MWd := MW \cdot \text{day}$$

$$Utbr := 35 \cdot \frac{MWd}{kg} \quad P_e := 4 \cdot 500 \cdot MW + 8 \cdot 1000 \cdot MW \quad \eta := 33\%$$

$$P_{th} := \frac{P_e}{\eta} \quad tid := 220 \cdot \text{day} \cdot 25 \quad Q_{th} := P_{th} \cdot tid$$

$$m_{fuel} := \frac{Q_{th}}{Utbr} \quad m_{fuel} = 4.762 \cdot 10^6 \cdot \text{kg} \quad \text{eller} \quad m_{fuel} = 4762 \cdot \text{tonne}$$