

Tentamen: Kernenergie

Docenten: J. F. J. van den Brand en R. Aaij
Datum: 24 augustus 2012
Zaal: WN-Q105
Tijd: 12.00 - 14.00 uur

- Maak elke opgave op een apart blad.
- Vermeld je naam op elke pagina.
- Vermeld je collegenummer.
- Gebruik van een rekenmachine is toegestaan.
- Motiveer je resultaat teneinde een maximale score te bereiken.

Opgave 1.

Bereken de macroscopische werkzame doorsnede voor 8% verrijkt uraniumdioxide (UO_2) dat is gemengd in een 1:3 (volume)verhouding met grafiet (C).

Gebruik hierbij de volgende microscopische werkzame doorsneden voor de uranium isotopen, en voor zuurstof en koolstof: $\sigma^{235\text{U}} = 607.5$ b, $\sigma^{238\text{U}} = 11.8$ b, $\sigma^{16\text{O}} = 3.5$ b en $\sigma^{12\text{C}} = 4.9$ b. De dichtheden van UO_2 en koolstof zijn $\rho_{\text{UO}_2} = 11.0$ g/cm³ en $\rho_{\text{C}} = 1.60$ g/cm³.

Opgave 2.

Een reactor wordt bedreven met een fluxniveau van 3×10^{13} neutronen/cm²-s en bevat 10^{20} uranium-235 atomen per cm³. De reactiesnelheid is 1.29×10^{12} splijtingen/cm³. Bereken de macroscopische Σ_f en microscopische σ_f werkzame doorsneden voor kernsplijting.

Opgave 3.

Hoeveel botsingen zijn er nodig om een neutron met een energie van 2 MeV af te remmen tot een thermische energie van 0.025 eV, als er gebruik wordt gemaakt van water als moderator? Water heeft een slowing down decrement $\xi = 0.948$.

Opgave 4.

Een kernreactor wordt bedreven met ^{235}U en heeft een tijdconstante van 300 s. Bereken de vermenigvuldigingsfactor k van de kernreactor. Hoe lang duurt het om het reactorvermogen te veranderen van 1 W tot 1.5 GW? Zie tabel 2 in de bijlage voor de benodigde gegevens.

BIJLAGE:

$N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Constante van Avogadro

$e = -1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$

Lading van het elektron

$\tau_P = 1 \text{ ms}$

Levensduur van de 'prompt'neutronen.

$1 \text{ b} = \text{barn} = 10^{-28} \text{ m}^2.$

Eenheid van werkzame doorsnede.

Tabel met materiaaleigenschappen.

De atomaire massa van ^{235}U bedraagt 235.0439 en van ^{238}U 238.0508.

Material	Density (kg m^{-3})	n (10^{28}m^{-3})	$\sigma_f(\text{b})$	$\sigma_s(\text{b})$	$\sigma_a(\text{b})$	ξ	$\Sigma_s(\text{m}^{-1})$	$\Sigma_a(\text{m}^{-1})$
Graphite (C)	1600	8.23	–	4.7	0.0045	0.158	37.7	0.037
^{235}U	18700	4.79	579	10	680		47.9	3229
^{238}U	18900	4.79	–	8.3	2.72		39.8	13.0

* σ are at thermal energies: 0.025 eV

Tabel met halfwaardetijden en opbrengten van beta-vertraagde neutron-emitters die ontstaan in de reactie $n+^{235}\text{U}$.

Half-lives and yields of beta-delayed neutron emitters following $n + ^{235}\text{U}$

$t_{1/2}$	Yield (%)
55.7	0.0215
22.7	0.1424
6.22	0.1274
2.30	0.2568
0.61	0.0748
0.23	0.0273

Kernenergie definities pagina

Nuclide density	N	$= \frac{\rho N_0}{A}$ [nuclei/cm ³]
Microscopic cross-section	σ	[cm ² , barns]
Macroscopic cross-section	Σ	$= N\sigma$ [1/cm]
Elastic scattering E loss ratio	α	$= \frac{E'}{E} = \frac{(A-1)^2}{(A+1)^2}$
Slowing down decrement	ξ	$= 1 + \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln \alpha \approx 6/(3A+1)$ ($A \geq 10$)
Slowing down power	$\xi\Sigma_s$	
Slowing down ratio	$\xi\Sigma_s/\Sigma_a$	
Fission neutron production	ν	# neutrons produced per fission
Neutron multiplication (infinite medium)	k_∞	$\frac{\text{neutron productie door splijting in generatie } i}{\text{neutron absorptie in generatie } i-1}$
Fast fission factor	ϵ	$\frac{\text{\# snelle neutronen geproduceerd door alle splijtingen}}{\text{\# snelle neutronen geproduceerd door thermische splijtingen}}$
Resonance escape probability	p	$\frac{\text{\# neutronen die thermische energie bereiken}}{\text{\# snelle neutronen die met slow down beginnen}}$
Thermal utilization factor	f	$\frac{\text{\# thermische neutronen geabsorbeerd in fuel}}{\text{\# thermische neutronen geabsorbeerd in alles}}$
Reproduction factor	η_T	$\frac{\text{\# snelle neutronen geproduceerd in thermische splijting}}{\text{\# thermische neutronen geabsorbeerd in de fuel}}$