POLITECNICO DI TORINO

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

II SESSIONE -ANNO 1997

Ramo: Ingegneria Nucleare Tema N. 1

Come ottemperare ad un particolare vincolo di sicurezza imposto per l'esercizio di un dispositivo sperimentale sottocritico.

Nella zona centrale di un laboratorio vuoto, a pareti praticamente nere sia per i neutroni che per i raggi γ, opera un *dispositivo* sperimentale *sottocritico*, intrattenuto a potenza costante dall'azione della sorgente neutronica stazionaria sotto specificata.

È ammesso di schematizzare al massimo la geometria del dispositivo moltiplicante, fino a considerarlo come una sfera omogenea, non riflessa, di raggio estrapololato $R = 40\ cm$.

Sono note le caratteristiche materiali seguenti (teoria diffusiva ad un gruppo con una sola famiglia di precursori):

$D = 1.2\ [cm]$;	$L^2 = 36\ [cm^2]$;	$\nu = 2.41\ \underline{n}/fiss$;
$v = 2.2 \cdot 10^5\ [cm \cdot s^{-1}]$;	$\lambda = 0.077\ [s^{-1}]$;	$\beta = 0.0065$;

e la sorgente impressa $S(r)$, radialsimmetrica, è del tipo:

$$S(r) = S_0 \cdot \frac{\varphi_1(r)}{\int_0^R \varphi_1(r) 4\pi r'^2 dr'} \quad [\underline{n} \cdot cm^{-3} \cdot s^{-1}] \ ,$$

cioè tale da iniettare $S_0\ [\underline{n} \cdot s^{-1}]$ in totale, secondo l'armonica fondamentale, normalizzata $\varphi_1(r)$ del problema di Helmholtz in simmetria sferica.

Un dispositivo di sicurezza, supposto nel seguito di affidabilità assoluta, garantisce che la sorgente neutronica impressa si annulli istantaneamente in caso di apertura della porta del laboratorio. Inoltre si presume che, all'istante di tale apertura, assunto come tempo $t = 0$, si affacci al laboratorio un "manichino" parallelepipedo. Esso si presenta con una delle sue faccie maggiori ortogonale alla congiungente porta-centro del sottocritico. Dal centro del reattore tale faccia è vista sotto l'angolo solido di $\frac{4\pi}{20}$ steradianti ed ha una superficie effettiva di 0.50 m^2. Il materiale che costituisce il manichino è caratterizzato dai valori:

$$\boxed{\bar{D} = 0.5\ [cm]; \quad \bar{L}^2 = 49\ [cm^2];}$$

dei parametri neutronici. Si ammetta per semplicità che, ai fini del calcolo della quantità di neutroni assorbita dal manichino, esso possa essere trattato come una porzione di strato piano, indefinito, omogeneo, di spessore 20 cm.

L'**obiettivo** di questo tema è quello di **stabilire un limite superiore alla reattività** (negativa) del sottocritico, se si vuole che gli assorbimenti neutronici nel volume del manichino, durante tutto il transitorio di spegnimento, siano inferiori ad un valore prefissato.

* *

L'obiettivo potrà essere raggiunto a patto di rispondere ordinatamente alle seguenti domande:

D1) Calcolare, previa valutazione dello stato iniziale, il transitorio neutronico di spegnimento del sottocritico dopo l'apertura della porta, avendo assegnato a Σ_f un valore per ora arbitrario, ma comunque tale da assicurare la sottocriticità;

D2) Valutare il numero totale di neutroni che sfuggono dal sottocritico durante tutto il transitorio di spegnimento;

D3) Calcolare il numero totale N_A di neutroni che vengono assorbiti nel volume del manichino nel corso dell'intero transitorio;

D4) Verificare che i risultati numerici che si ottengono rispondendo a D2 e D3 sono *indipendenti* dal fatto che venga considerata o meno l'emissione ritardata di alcuni dei secondari di fissione. Infatti, partendo da condizioni iniziali *fisicamente equivalenti*, e trattando il problema con due modelli, uno

che considera tutte le emissioni pronte e l'altro che introduce i ritardati, si verificherà soltanto una diversità nell'andamento temporale della somministrazione della dose neutronica al manichino e non nel valore della dose integrata da esso assorbita;

D5) Determinare (sempre stando nel range della sottocriticità) il valore di Σ_f in corrispondenza del quale si verifica l'eguaglianza:

$$N_A = 10 \cdot S_0;$$

D6) Spiegare intuitivamente perché il quesito D5 è ben posto ed ammette soluzione univoca, nonostante che, durante tutto il transitorio di spegnimento, la sorgente esterna risulti *inattiva*.

D7) Ammesso che il valore di N_A possa essere correlato al **danno biologico** causato dall'irraggiamento neutronico su un organismo vivente, di quali altre cause di danno, o di potenziale pericolo, sarebbe *indispensabile* tener conto, al fine di determinare le condizioni di sicurezza in una situazione sperimentale del tipo sopra descritto?

In particolare, quali ulteriori limitazioni sulla capacità moltiplicante del sottocritico andrebbero imposte, nell'ipotesi che il manichino, dopo lo spegnimento della sorgente, potesse avvicinarsi al dispositivo, fino a lambirne la superficie?