

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI  
INGEGNERE  
SESSIONE - ANNO 2002

Ramo: Ingegneria Nucleare

Tema N. 1

**Studio su un particolare amplificatore neutronico**

Si consideri un cilindro moltiplicante di raggio  $R$  ed altezza  $H$ , circondato da un riflettore radiale a strato cilindrico coassiale, di spessore  $s$ , anch'esso di altezza  $H$ . Le due basi del sistema sono prive di qualsiasi riflettore.

Questo dispositivo sottocritico dovrà essere utilizzato come amplificatore di neutroni, secondo quanto descritto nel seguito.

Nel volume della regione moltiplicante interna è attiva una sorgente primaria, di neutroni già termalizzati, avente intensità  $S(r,z)$ . Essa immette stazionariamente nel sistema  $S_0$  neutroni al secondo in totale, con la sottoriportata distribuzione spaziale:

$$S(r,z) = S_0 \frac{\cos\left(\frac{\pi}{H}z\right)}{\pi \cdot R^2 \int_{-H/2}^{H/2} \cos\left(\frac{\pi}{H}z'\right) dz'} \quad [n \cdot cm^{-3} \cdot s^{-1}], \quad r \in [0,R]; \quad z \in [-H/2,+H/2].$$

$$S(r,z) = 0, \quad \text{nel riflettore.}$$

Si tratta di una densità di emissione costante rispetto alla coordinata radiale e dotata, ove non s'annulla, di una dipendenza assiale simile a quella dell'autofunzione fondamentale, caratteristica di uno slab di spessore  $H$ .

Verrà nel seguito considerata come sorgente secondaria o amplificata  $S_A$ , utile ai fini di applicazioni biomediche e/o energetiche, la corrente neutronica totale che fuoriesce dalle due basi della sola regione moltiplicante. (La corrente che esce, sia assialmente che radialmente, dalla superficie esterna del riflettore non è utilizzabile.)

**Si richiede di:**

D1) dimostrare, almeno nell'ambito di una teoria diffusiva, monocinetica e stazionaria, che il flusso neutronico di risposta all'assegnata sorgente primaria  $S(r,z)$  può essere determinato, all'interno di tutta la struttura riflessa, mediante un procedimento riconducibile al metodo della **separazione delle variabili**;

D2) determinare l'**andamento spaziale del flusso**  $\Phi(r,z)$  ed, in particolare, la forma dell'autofunzione radiale fattorizzata, che la sorgente  $S(r,z)$  mantiene attiva stazionariamente nel dispositivo;

D3) determinare il campo vettoriale della **corrente neutronica netta**  $\vec{J}(r,z)$  all'interno e sul contorno di tutto il dispositivo sottocritico iniettato;

D4) valutare il "**fattore di amplificazione  $\rho$** " del dispositivo, definito come rapporto  $\rho = S_A/S_0$ . Spiegare per quale ragione fisica ci si debba attendere, a priori, che  $\rho$  non dipenda da  $S_0$ ;

D5) descrivere una procedura idonea ad **individuare il valore del  $B_M^2$**  (buckling materiale) della zona moltiplicante, in corrispondenza del quale  $\rho$  possa assumere il valore 100, sempre restando, beninteso, in sottocriticità. E' evidente che, nello sviluppo della procedura di cui al presente quesito, non si potrà evitare di far riferimento al concetto di reattore cilindrico, radialmente riflesso, in uno stato di "sempre più lieve sottocriticità".

Si supponga ora che la sorgente primaria venga spenta istantaneamente a  $t = t_0$ .

D6) Si illustri un procedimento, anche non del tutto rigoroso, con cui si possa determinare in prima approssimazione il **transitorio di spegnimento del flusso** nel dispositivo. Va tenuta in conto la presenza di almeno una famiglia di precursori di neutroni ritardati;

D7) Si illustrino brevemente le principali **norme di sicurezza** cui sarà opportuno attenersi, nonché la **strumentazione** e i **dispositivi di controllo**, che saranno indispensabili al fine di poter gestire in laboratorio un dispositivo del tipo sopra descritto.

**Note.** Nel dare le risposte si abbia sempre cura di sviluppare e riportare le formule analitiche su cui esse sono basate. I risultati richiesti in questo tema sono di natura essenzialmente teorica e le formule che li esprimono devono essere giustificate matematicamente e, se del caso, interpretate fisicamente.

Alle domande D1, D2, ..., D7 si diano ordinatamente le risposte R1, R2, ..., R7, curando che la forma dell'elaborato abbia la chiarezza e la precisione richieste in una *relazione tecnica professionale*.

Le minute non saranno prese in considerazione dalla Commissione Esaminatrice.

**POLITECNICO DI TORINO**

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE**

**SEZIONE A**

**I SESSIONE 2002**

**PARTE B DEL TEMA  
COMUNE A TUTTI I SETTORI  
(CIVILE ED AMBIENTALE,  
INDUSTRIALE,  
DELL'INFORMAZIONE)**

**Il candidato dovrà dare risposta, in modo schematico, relativamente al tema prescelto compatibilmente al tema stesso, su almeno due delle seguenti domande:**

- 1. principi generali di stima del valore;**
- 2. normative di riferimento;**
- 3. le figure e le responsabilità di chi progetta, esegue e controlla;**
- 4. sostenibilità degli interventi;**
- 5. sicurezza;**
- 6. qualità;**
- 7. conoscenza dei risvolti tariffari.**

*Manfredi*  
*Manfredi*