

POLITECNICO DI TORINO
ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE.
II SESSIONE - ANNO 2004.

Ramo: Ingegneria Nucleare

Tema N.1

Oggetto: sperimentazioni di laboratorio su un dispositivo cilindrico destinato alla trasduzione spaziale, con eventuale amplificazione, dei neutroni generati da una assegnata sorgente primaria.

1 Descrizione del dispositivo sperimentale.

Una struttura cilindrica ($0 < r < R$; $-H/2 \leq z \leq +H/2$; origine delle coordinate cilindriche posta nel centro di simmetria del cilindro; le superfici $r = R$ e $z = \pm H/2$ definiscono il contorno estrapolato), omogenea, non riflessa, è costituita inizialmente da un puro moderatore. Tale materiale verrà rimpiazzato, nella seconda fase dello studio, da un mezzo moltiplicante, anch'esso omogeneo, di identiche dimensioni. Sono assegnate tutte le costanti nucleari, a due gruppi diffusivi ($F = \text{"veloce"}; T = \text{"termico"}\text{"}$), sia per il moderatore che per il mezzo moltiplicante. (Si adotti la nomenclatura standard della fisica dei reattori). E' noto poi che, da precedenti misurazioni, effettuate sul materiale moltiplicante in esame, sono stati determinati dei valori medi di β (frazione di secondari di fissione emessi con ritardo) e di Λ (costante di decadimento media dei nuclidi precursori dei ritardati), tali da consentirci di effettuare con essi, almeno in prima approssimazione, anche alcune semplici valutazioni cinetiche, nell'ambito di un modello diffusivo, ad una sola famiglia di precursori di neutroni ritardati (cfr. quesito D7, pag 2).

Presso il laboratorio in cui è installato il dispositivo sono state messe a punto delle sofisticate tecniche sperimentali, che permettono di misurare la corrente neutronica uscente da dispositivi diffondenti e/o moltiplicanti, attraverso qualsiasi loro porzione di contorno esposta al vuoto.

Sul piano mediano $z = 0$ della struttura è collocato un sottilissimo strato di nuclidi radioattivi ma non assorbenti, distribuiti radialmente con una densità areale proporzionale alla funzione di Bessel $J_0(2.4048 \cdot r/R)$. Tali nuclidi, decadendo, emettono neutroni, la cui energia è quella del gruppo veloce. Tutto ciò equivale ad asserire che nel dispositivo in esame opera una sorgente primaria impressa $S_p(r, z)$, del tipo:

$$S_F(r, z) = S_0 \cdot \frac{\tau \left(\frac{2.4048}{R} r \right)}{\int_0^R J_0 \left(\frac{2.4048}{R} r' \right) 2\pi r' dr'} \cdot \delta(z),$$

la quale, sulla nostra scala temporale, potrà essere ritenuta persistente. E' di per sé evidente che la costante S_0 rappresenta il numero di neutroni immessi nel sistema nell'unità di tempo.

2 Primo problema da risolvere.

Il dispositivo è costituito di moderatore puro. Si ipotizza inoltre che la semialtezza $H/2$ del cilindro sia molto maggiore della lunghezza di rallentamento LR dei neutroni veloci nel moderatore stesso.

Quesiti posti al Candidato:

D1 : Valutare la corrente neutronica termica che esce globalmente da ciascuna delle basi del cilindro, in conseguenza dell'azione della sorgente stazionaria $S_F(R, Z)$. Per questo calcolo sarà richiesta, ovviamente, la determinazione preliminare di entrambi i flussi in tutto il dispositivo.

D2 : Spiegare intuitivamente perché, nell'ipotesi $LR \ll H/2$, la corrente veloce uscente da ciascuna delle basi non potrà che essere trascurabile rispetto a quella termica.

D3 : Tracciare, anche solo in base a considerazioni intuitive, i presumibili andamenti dei due flussi lungo l'asse del cilindro e giustificare il fatto che $\phi(r=0, z)$ presenta una cuspidè all'attraversamento del piano $z = 0$, mentre la $\phi(r=R, z)$ raggiunge necessariamente, nel punto $z = 0$, il suo massimo valore.

3 Secondo problema da risolvere.

Il dispositivo, di dimensioni identiche a quelle del precedente e soggetto alla stessa sorgente $SF(R, Z)$, è ora costituito da un **materiale moltiplicante** omogeneo, caratterizzato da un insieme di costanti nucleari tali da assicurarne la sottocriticità. Si verifica, anche in questo caso, che la semialtezza $H/2$ del dispositivo è molto maggiore della lunghezza di rallentamento $U\ell^{ol}$ per i neutroni del gruppo veloce all'interno del mezzo moltiplicante che ora si considera.

Ulteriori quesiti posti al Candidato:

D4 : Descrivere una procedura atta a verificare se il cilindro moltiplicante si trovi effettivamente in stato di sottocriticità.

D5 : Determinare le correnti neutroniche, **veloce e termica**, che escono globalmente da ciascuna delle basi del cilindro.

D6 : Spiegare intuitivamente perché, nell'attuale situazione, e nonostante il persistere dell'ipotesi $H/2 \gg L^{ol}$, la corrente veloce uscente dalle basi non potrà più risultare trascurabile rispetto a quella termica. Verificare inoltre che, quando il dispositivo, per variazione di qualcuno dei parametri materiali, si avvicina allo stato critico, sia i flussi che le correnti uscenti, a parità di sorgente impressa, tendono a divergere.

D7 : Discutere brevemente i **problemi di sicurezza** che l'avvicinamento allo stato critico potrebbe far nascere. Delineare, infine, una **procedura di calcolo**, che renda possibile valutare la **costante di tempo asintotica** del cilindro moltiplicante omogeneo (non importa se sottocritico o sopracritico) sempre stando nell'ambito di un modello diffusivo a due gruppi energetici, e tenendo conto di almeno una famiglia di precursori di neutroni ritardati di fissione.

4 Collaborazione con la Pubblica Amministrazione

Si supponga ora che Il Candidato sia divenuto membro di una **Commissione Consultiva per i Problemi Energetici**, insediata presso il sempre auspicato e finalmente istituito (anno 2006) "Ministero delle Attività Innovative".

Dalla segreteria del Ministro gli viene trasmessa, in tutta fretta e, come al solito, senza dargli del tempo **per** documentarsi, la richiesta sotto riportata.

D8 : Redigere per l'On. Ministro un sintetico promemoria (non più di una cartella!), che illustri i **vantaggi economici, ecologici, occupazionali, di sviluppo tecnologico e di diversificazione delle fonti** primarie, associati ad un eventuale ritorno dell'Italia all'energetica da fissione, per generazione elettrica e produzione di calore di processo (calore da destinarsi, ad es., anche a fornire grandi quantità di idrogeno). Andrà evidenziata, in particolare, la maggiore accettazione sociale di cui potrebbe tornare a godere il nucleare, non solo per le innovazioni di tecnologia e di sicurezza, sviluppate negli ultimi quindici anni, ma anche a seguito delle disastrose previsioni di incremento dei prezzi del greggio, associate a nuove evidenze di danni ambientali, ormai quasi irreversibili, prodotti dal recente incremento, su scala planetaria, della combustione di fossili.

Note.

I) Le soluzioni del primo e del secondo problema di cui sopra potranno essere dedotte con grande facilità, a patto di tener conto che tutti i flussi, data la particolare forma della sorgente eccitante, dovranno risultare funzioni a variabili separabili, con un identico fattore radiale.

II) I Sigg. Candidati sono invitati a fornire ordinatamente le risposte R1, R2, ..., R8, ai quesiti

DI, D2, ..., D8, esprimendole nella forma tipica di una **relazione professionale** a carattere tecnico-scientifico.

Eventuali minute non **potranno** essere prese in considerazione dalla Commissione.