

POLITECNICO DI TORINO
ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
I SESSIONE - ANNO 2005

Ramo: Ingegneria Nucleare

Tema N.1

Oggetto. Studi preliminari per la messa in esercizio di un nuovo dispositivo sperimentale per misurazioni di neutronica su campioni di materiale moltiplicante

1 Descrizione del dispositivo.

In un laboratorio di ricerca vengono studiate delle tecniche innovative per la misurazione di parametri nucleari dei materiali moltiplicanti. Esse, auspicabilmente, dovrebbero richiedere impiego di limitate quantità dei materiali da studiare, che dovranno essere inserite entro un **dispositivo sperimentale** progettato ad hoc.

Tale dispositivo potrebbe, almeno in prima approssimazione, essere schematizzato come segue.

Uno strato piano, indefinito di moderatore, avente spessore $2a$, è compreso tra due strati identici di materiale moltiplicante omogeneo, ciascuno avente spessore $(b - a)$. Introdotta un'asse coordinata x ortogonale al piano mediano di simmetria dello strato di moderatore, e fissata l'origine su tale piano, è evidente che il dispositivo sperimentale proposto apparirà come un **reattore unidimensionale, dotato di riflettore interno**, simmetrico rispetto al piano $x = 0$. Le sue superfici esterne, $x = \pm b$, potranno essere assunte, per semplicità, come esposte al vuoto. Tale reattore, la cui neutronica potrà essere trattata nell'ambito di una teoria diffusiva a due gruppi energetici, ($F =$ veloce; $T =$ termico), dovrà operare in regime di sottocriticità.

Esso verrà attivato da una sorgente impressa, spazialmente uniforme e costante nel tempo, che immette, esclusivamente entro il volume di moderatore interno, S_F neutroni del gruppo veloce al cm^3 e al s .

Le costanti materiali a due gruppi sono assegnate, sia per il materiale moltiplicante che per il moderatore.

2 Prerequisiti di sicurezza

La Direzione del Laboratorio, prima di autorizzare l'assemblaggio e l'esercizio del dispositivo, formula alla Divisione Sperimentale le seguenti richieste.

D1) Accertare che, con la prevista composizione e geometria, il dispositivo sia rigorosamente **sottocritico**. Descrivere inoltre una procedura con cui si possa stimare l'incremento $\delta\nu$ che si dovrebbe apportare a ν (numero medio di neutroni secondari immessi entro la zona moltiplicante da ogni fissione) nel caso che si volesse rendere critico il dispositivo sperimentale.

D2) Determinare i flussi neutronici, veloce $\tilde{\Phi}_F(x)$ e termico $\tilde{\Phi}_T(x)$, per $x \in [0, a]$, nonché $\Phi_F(x)$ e $\Phi_T(x)$, per $x \in [a, b]$, che sono intrattenuti stazionariamente nel sistema sottocritico per effetto dell'assegnata sorgente impressa.

D3) Calcolare, sempre nel regime sottocritico stazionario intrattenuto dalla sorgente di cui sopra, il numero totale F_A di neutroni, veloci e termici, che fuoriescono dalle due facce del sistema per ogni neutrone immesso nel moderatore centrale dalla sorgente.

D4) Descrivere una procedura atta ad individuare (anche solo con metodi di prima approssimazione o intuitivi, e tenendo in conto il fatto che il mezzo moltiplicante dell'attrezzatura sperimentale in progetto dovrà avere un k_∞ sensibilmente maggiore dell'unità) le ascisse $x = \pm x_c$, con $x_c \in]a, b[$ di due piani sui quali andrebbero collocati due sottilissimi strati contenenti un debole assorbitore di neutroni termici (sono già disponibili in laboratorio) qualora si volesse rendere minimo, a parità di altre condizioni, il valore numerico di

3 Prerequisiti per l'affidabilità del nuovo procedimento di misura proposto

Si osserva ora che:

A) al fine di facilitare l'interpretazione dei risultati della procedura sperimentale proposta e di dimostrarne la validità e riproducibilità, sembrerebbe a priori opportuno che la composizione del materiale moltiplicante



del dispositivo venisse scelta in modo da risultare il più possibile simile a quella dei campioni, anch'essi strati-formi, che dovranno esservi studiati, previo loro inserimento in opportune posizioni simmetriche, all'interno del materiale stesso;

B) in un generico materiale moltiplicante, reso critico in una struttura convessa, semplicemente connessa e non riflessa, si instaurerà **ovunque** un preciso spettro energetico (in approssimazione a due gruppi, un preciso valore del rapporto Φ_F/Φ_T) a prescindere dalla configurazione geometrica con cui la criticità sia stata realizzata;

C) la tecnica innovativa proposta per la misurazione delle proprietà moltiplicanti dei campioni sarà basata sull'esame dei transistori che si innescheranno nel dispositivo sperimentale a seguito dello spegnimento della sorgente impressa. E, in particolare, sulla determinazione delle diverse costanti di tempo asintotiche con cui avverrà il decadimento della potenza nel dispositivo, a seconda dei campioni di mezzo moltiplicante in esso inseriti;

D) precedenti misurazioni dinamiche, effettuate su dispositivi simili, hanno permesso di determinare 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), che sono tali da garantire una ragionevole accuratezza (almeno in condizioni asintotiche, $t \rightarrow \infty$) alle correlazioni di misurazioni dinamiche effettuate sul dispositivo, nel caso di adozione di una teoria cinetica elementare: ad es., equazioni di diffusione temporali a due gruppi per i neutroni, associate all'ipotesi di una sola famiglia di precursori di ritardati. Si può ammettere che gli stessi valori di β e λ siano validi anche per i materiali dei campioni da esaminare.

Tutto ciò premesso, non sorprende che la Direzione del Laboratorio subordini l'autorizzazione a procedere alla risposta ai seguenti ulteriori quesiti da parte della Divisione Sperimentale:

D5) considerato che nel dispositivo sperimentale sarà inevitabile l'insorgenza di **transitori spettrali "di interfaccia"** e **"di sorgente"** almeno nelle regioni di mezzo moltiplicante prossime alle interfacce $x = \pm a$, si stabilisca una procedura idonea a determinare attorno a quali piani $x = \pm x_{sper}$ con $x_{sper} \in]a, b[$ sarà opportuno collocare gli strati dei campioni da esaminare, al fine di esporli ad un flusso neutronico avente uno spettro il più possibile simile a quello che il materiale moltiplicante dell'attrezzatura assumerebbe in una configurazione critica. Esiste a priori una ragionevole certezza che questo obiettivo possa essere raggiunto in ogni esperimento, ammesso che sia possibile modificare i valori di a e di b ?

D6) Descrivere un procedimento che permetta di determinare teoricamente ed in modo rigoroso la **costante** di tempo asintotica del dispositivo sottocritico, almeno nell'ambito di un modello diffusivo a due gruppi, con un'unica famiglia di precursori, tenendo però in conto l'effettiva geometria del dispositivo in studio.

4 Quesiti ai Candidati

Ciascuno dei Sigg. Candidati all'attuale sessione di Esami di Stato sarà qui supposto far parte della Divisione Sperimentale del Laboratorio di cui sopra. In tale veste Gli viene richiesto di rispondere ai quesiti **D1, D2, ..., D6**, posti dalla Direzione.

Il suo compito sarà molto facilitato, se terrà conto della simmetria del dispositivo, farà ricorso al metodo degli *pseudo-potenziali* nella ricerca dell'integrale generale delle eqq. di bilancio neutronico entro le regioni moltiplicanti, ed osserverà che, sul contorno esterno, dovranno annullarsi non solo i flussi, ma anche, e **necessariamente**, entrambi gli pseudo-potenziali.

5 Collaborazione con la Pubblica Amministrazione

Si suppone ora che Il Candidato sia stato chiamato a far parte di una Commissione Consultiva per i Problemi Energetici, istituita presso il "Ministero delle Attività Produttive". Gli viene richiesto di:

D7) redigere per l'On Ministro un sintetico promemoria (non più di una cartella!), che analizzi sinteticamente i **vantaggi economici, ecologici, occupazionali, di sviluppo tecnologico e di diversificazione delle fonti** primarie, associati al non più procrastinabile ritorno dell'Italia all'energetica da fissione per la generazione elettrica. Andrà evidenziata la gravità dell'attuale situazione energetica del Paese e dovrà essere posto nella giusta prospettiva il problema della trasmutazione e/o del condizionamento delle scorie radioattive a vita lunga.

Nota I Sigg. Candidati sono invitati a fornire **ordinatamente** le risposte **R1, R2, ..., R7**, ai quesiti **D1, D2, ..., D7**, esprimendole nella forma tipica di una relazione professionale a carattere tecnico-scientifico.

Eventuali minute non potranno essere prese in considerazione dalla Commissione.

