

POLITECNICO DI TORINO

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

II SESSIONE - ANNO 1998

Ramo: Ingegneria Nucleare

Tema N. 1

Sistemi Ibridi per Trasmutazione di Scorie e Produzione di Energia da Fissione.

Premessa. Negli anni successivi all'incidente di Chernobyl i sistemi sottocritici a fissione, iniettati da sorgenti neutroniche impresse realizzabili mediante acceleratori, sono diventati oggetto di un'intensa attività di ricerca e sviluppo. È prevista l'applicazione di tali sistemi sia nella trasmutazione nucleare di scorie radioattive a vita lunga, sia nella produzione di energia o, addirittura, per il raggiungimento simultaneo di entrambi questi obiettivi (cfr. ad es. l'Amplificatore di Energia o "Rubbiatrone").

* * *

Il presente tema è rivolto ad una stima preliminare e comparativa delle prestazioni di due insiemi sottocritici non riflessi, costituiti da identico materiale moltiplicante, ma aventi diversa geometria. Il primo è una sfera di raggio estrapolato R_s ed il secondo un cilindro di raggio estrapolato R_c ed altezza estrapolata $H_c = 2.4 \cdot R_c$.

I parametri materiali del mezzo sono assegnati e, in tutto il seguito, verranno considerati costanti. Le dimensioni R_s ed R_c saranno ovviamente scelte in modo che entrambi i dispositivi risultino sottocritici.

Si può iniziare lo studio sotto le seguenti ipotesi semplificative.

1. È valida per i neutroni la teoria diffusiva monocinetica.
2. In entrambi i dispositivi la sorgente impressa inietta in totale S_0 neutroni al secondo, spazialmente distribuiti secondo l'armonica fondamentale del problema di Helmholtz, caratteristico della geometria considerata.

È richiesto di:

D1) valutare il livello di potenza stazionario cui si assesta ciascun dispositivo, avendo fissato per entrambi lo stesso valore di S_0 ;

D2) fissato R_s , determinare R_c in modo che il livello di potenza stazionario, sempre a parità di S_0 , risulti lo stesso nei due dispositivi;

D3) verificare (ad es. con il teorema della divergenza) che, nelle condizioni realizzate in D2, anche il numero totale delle fughe neutroniche attraverso i contorni esterni è lo stesso per i due dispositivi;

D4) dimostrare che la densità media di potenza, sempre a parità di S_0 e di potenza totale, risulta minore nel caso del sottocritico cilindrico. Quale considerazione fisica elementare potrebbe rendere accettabile a priori questo risultato ?

D5) con riferimento, ad es., al sistema sferico e, sempre tenendo fisso il materiale moltiplicante, si determini il valore R_s^* di R_s (ovviamente minore del raggio critico della sfera), in corrispondenza del quale, per ogni neutrone immesso dalla sorgente, vengono provocate mediamente 10^3 fissioni.

* * *

Restringiamo ora le nostre considerazioni al solo problema della produzione di energia. Supporremo che per produrre mediante spallazione 33 neutroni degli S_0 di sorgente sia stato impiegato 1 protone di 1 GeV, generato da un acceleratore che abbia un rendimento globale (rapporto tra energia elettrica impiegata ed energia trasferita alle particelle accelerate) del 10%. Terremo inoltre conto che l'energia rilasciata dalle fissioni potrà essere trasformata in elettricità con un rendimento dell'ordine del 30%.

* * *

D6) Ponendoci nelle condizioni di cui in D5, si dia ora una stima del fattore A , detto di "amplificazione energetica" (ci si passi l'espressione assai impropria) ottenibile mediante il sistema ibrido (acceleratore di protoni-convertitore a spallazione-insieme sottocritico). A potrà essere qui definito semplicemente come il rapporto tra l'energia elettrica prodotta dal sottocritico e quella richiesta per accelerare i protoni.

D7) Dopo aver descritto sommariamente almeno un modo per valutare il periodo asintotico di spegnimento di un insieme sottocritico a seguito dell'azzeramento istantaneo della sorgente, si esaminino eventuali problemi di sicurezza che potrebbero sorgere, anche per i sistemi

ibridi, nel caso che si volessero raggiungere alti valori del fattore di “amplificazione energetica”, senza avere la possibilità di migliorare il rendimento degli acceleratori e/o la resa neutronica delle reazioni di spallazione.

D8: opzionale) si descriva brevemente come i problemi sopra proposti potrebbero essere affrontati nell’ambito di una teoria diffusiva a due gruppi.

Note. Nel dare le risposte si abbia sempre cura di sviluppare e riportare le formule analitiche su cui sono basate.

Il mancato ottenimento di un risultato non è così grave come l’adozione di una formula o di una metodologia errata.

Alle domande D1, D2, ..., D8 si diano ordinatamente le risposte R1, R2, ..., R8, 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.