

FUSIÓ NUCLEAR

Codi: 51521

Professor coordinador: Javier Dies Llovera

Altres professors: Guillem Cortes i altres professor convidats membres de l'Agència Europea de l'ITER a Barcelona

Departament: 721 Física i Enginyeria Nuclear

Centre docent: E.T.S. d'Enginyeria Industrial de Barcelona

Objectius de l'assignatura:

1. Presentar els principis físics sobre els quals es fonamenta el desenvolupament dels futurs reactors nuclears de fusió.
2. Proporcionar una visió general dels diferents sistemes que actualment s'estan desenvolupant per a la consecució del reactor de fusió comercial.
3. Introduir els aspectes tecnològics que comporten producció d'energia nuclear de fusió.
4. Donar les bases elementals de càlcul i avaluació.

Programa de l'assignatura:

1. Introducció.
2. Taxa de reaccions de fusió.
3. Pèrdues d'energia en un plasma termonuclear.
4. Balanç d'energia en un plasma termonuclear: temperatura d'ignició.
5. Sistemes de confinament magnètic: miralls magnètics, tokamaks, stellarators.
6. Sistemes d'escalfament de plasmes.
7. Puresa del Plasma. Alimentació de combustible.
8. Sistemes d'extracció d'energia.
9. Sistemes de diagnòstic.
10. Neutrònica. Producció de triti
11. Fusió per confinament inercial.
12. El projecte ITER

Idioma de treball: castellà

Metodologia:

Pràctiques:

- Utilització d'un simulador d'un reactor de fusió nuclear tipus tokamak per a fins docents. Aquestes pràctiques es realitzaran a les aules informàtiques de l'ETSEIB. Per al desenvolupament de les pràctiques es faran grups d'uns dos estudiants.
P1. Reproducció d'experiències reals de dispositius de fusió (Jet i Tore Supra).
P2. Simulació de l'operació del reactor de fusió ITER.
P3. Millora del confinament d'un plasma termonuclear: Inversió del perfil del factor de seguretat. (10 hores)

Metodologia per al desenvolupament de les pràctiques:

- Presentació dels aplicatius per part del professor: abast, models emprats, bases de dades requerides.
 - Execució dels programes: definició de paràmetres, entrada de dades, emmagatzemament de dades.
 - Anàlisis de resultats.
 - Resolució de les qüestions plantejades i el·laboració de la memòria.
- Participació remota amb un experiment de fusió termonuclear: Seguiment remot d'una descarrega del experiment TJ-II flexible heliac, del Laboratorio Nacional de Fusión, en el CIEMAT, Madrid. Es poden veure en temps real unes 300 variables del experiment TJ-II, es té el so i la imatge de la sala de control del dispositiu TJ-II. Es realitza el control remot del diagnòstic CX, que permet mesurar la temperatura dels ions. S'han fet mesures d'uns 20 milions de graus per la temperatura dels ions.

Visita tècnica al emplaçament ITER i al reactor francès Tore Supra:

- Visita tècnica al reactor francès Tore Supra: Es el 3 reactor de fusió termonuclear tipus tokamak més gran del món, construït al 1989. Per a crear el camp magnètic toroïdal, utilitza bobines superconductoras. Departament de Recherches sur la Fusion Contrôlée, Commissariat d'Énergie Atomique, Associació EURATOM-CEA sur la fusion, Cadarache, França. <http://www-cad.cea.fr>.

Durant les visites es dona especial importància als aspectes tecnològics relatius als: sistemes d'escalfament per feixos neutres, sistema d'escalfament per radiofreqüència, sistemes criogènics, sistemes elèctrics per a generar camps magnètics, sistemes de diagnòstic de plasmes.

-Se visitará el emplazamiento donde se ha iniciado los trabajos para la construcción del ITER. Este es un reactor de fusión de 500 MW de potencia termica nominal, tipo tokamak. Utiliza bobinas superconductoras. El presupuesto es de unos 4500 M€. Se trata del segundo proyecto de investigación de carácter internacional más grande del mundo. Participan: Estados Unidos, Japón, Europa, China, Rusia, Corea del Sur, India.

<http://www.iter.org>

(6 hores + viatges)

Conferències invitades, Agència Europea del ITER a Barcelona:

Des de setembre de 2005 i durant 35 anys, a Barcelona al Campus del Besos, ja la "Agència Europea del ITER", diferents especialistes de l'Agència, participen en aquesta assignatura, realitzen conferències invitades.

(8 hores)

Sistema d'avaluació:

L'avaluació es realitza assignant un pes del 50% a l'avaluació continuada (NAC) i un pes del 50% a l'avaluació dels ensenyaments pràctics (NAEP). L'avaluació dels ensenyaments teòrics es realitza mitjançant dos proves. La primera després d'haver exposat uns quatre temes (NACET). La segona prova inclourà tot el temari i es realitzarà al final del curs (NE). L'avaluació de les sessions pràctiques es farà en base a les memòries presentades pels estudiants corresponents a cada treball pràctic (MP) a l'assistència a les pràctiques (AP) a la participació en la visita tècnica (V). La qualificació final (NF) serà la màxima de les següents notes finals:

$$NF = \text{Màxim}(NF_1, NF_2)$$

$$NF_1 = NE$$

$$NF_2 = r \cdot NE + (1-r) \cdot NAC$$

$$NAC = q \cdot NAEP + (1-q) \cdot NACET$$

$$NAEP = 1/3 \cdot MP + 1/3 \cdot AP + 1/3 \cdot V$$

$$r = 0,5 \quad q = 0,5$$

NF= Nota final

NE= Nota de l'examen

NAC= Nota de l'avaluació continuada

NAEP= Nota avaluació ensenyaments pràctics

NACET= Nota avaluació continuada ensenyaments teòrics

Bibliografia recomanada:

DIES, J.: *Fusión Nuclear, ITER, col·lecció de transparències*. Ed. CPDA, 304 pàgs. Barcelona 2007.

DIES, J.; ALBAJAR, F.; FONTANET, J.: *Utilització d'un simulador d'un reactor de fusió nuclear tipus tokamak per a fins docents*, 94 pàg., Barcelona, 1998.

DG XII Fusion Programme: *Dominar la energia de las estrellas*. CD-Rom, 2003.

WESON, J.: *Tokamarks*. Oxford Science publications. Clarendon press-oxford, 749 pag., 2004

DOLAN, J.J.: *Fusion research*. Pergamon Press, tres volums, 1982.

RAEDER, J.: *Controlled nuclear fusion, fundamentals of its utilization for energy supply*. Willey & Sons, New York, 316 pàgs., 1986.

Altres referències i materials (vídeos, apunts, software, etc.):

<http://www-sen.upc.es/fusion>