Informazioni generali

- Anno di corso: 1
- Semestre: 2
- CFU: 9

Docenti responsabili

Francesco ROMANELLI

Obiettivi

Fornire agli studenti di ingegneria energetica le basi conoscitive per comprendere e partecipare alle attività per l'utilizzazione a fini energetici della energia nucleare nelle applicazioni pacifiche mediante i processi di fissione e di fusione.

Programma

Introduzione. Dimensioni dell'atomo e del nucleo, spettrometro di massa, isotopi, neutrone. Sezione d'urto. Richiami di meccanica statistica.

Le evidenze sperimentali della meccanica quantistica. Corpo nero, spettri di assorbimento ed emissione, l'atomo di Bohr, l'effetto fotoelettrico, i fotoni, effetto Compton, diffrazione degli elettroni, relazione massa energia, cenni di meccanica relativistica, dualità onda-particella, proprietà ondulatorie della materia, relazione di De Broglie.

Le basi teoriche della meccanica quantistica. L'equazione di Schrödinger dipendente da tempo. Significato fisico della funzione d'onda. Equazione di Schrödinger indipendente dal tempo. Stati stazionari. Principio di indeterminazione di Heisenberg. Soluzione dell'equazione di Schrödinger indipendente dal tempo in alcuni casi rilevanti: particella libera, buca di potenziale, barriera di potenziale (effetto tunnel).

I fenomeni nucleari e la loro interpretazione. Difetto di massa, energia di legame, modelli nucleari, energia di reazione, urti elastici, energia di legame per nucleone, fissione e fusione.

Radioattività naturale e trasmutazioni, decadimenti radioattivi e vita media, famiglie radioattive, equilibrio secolare, esempi di reazioni nucleari da alfa, beta, gamma, neutroni, attivazione indotta da neutroni, attività, dose ed altre unità radiometriche. Calore da decadimento nucleare, danni da radiazione.

Interazioni tra neutroni e materia, rallentamento dei neutroni, sezioni d'urto neutroniche, cammino libero medio, flusso, fluenza, ed altre grandezze. Equazioni di trasporto (Boltzmann).

Fissione nucleare. Reazioni di fissione, catene di reazioni, tempi, criticità, neutroni pronti e ritardati, reattori a fissione, materiali fissili e fertili, principi di funzionamento, arricchimento, uranio impoverito, moderatore e refrigerante, avvelenamento, schermo biologico, riflettore, modelli di reattori, BWR, PWR, CANDU, reattori in funzione e in costruzione, scorie, sicurezze.

Fusione nucleare. Reazioni di fusione, reattori a fusione, ciclo deuterio-trizio, confinamento magnetico, principi ed esempi, JET, ITER, cenno alla Road Map. Cenno al confinamento inerziale.

Classificazione dei plasmi, lunghezza di Debye, collisioni tra particelle cariche, fenomeni di rallentamento collisionale, resitivita' dei plasmi termonucleari.

Schema del reattore a fusione, bilancio di potenza, criterio di Lawson, temperatura ideale di ignizione, determinazione del punto di lavoro del reattore a fusione.

Moto di particelle cariche in campi elettrici e magnetici debolmente disomogenei, moti di deriva, confinamento in equilibri toroidali, trasformata rotazionale, configurazioni magnetiche assialsimmetriche e non assialsimmetriche (tokamak e stellarator).

Richiami di elettromagnetismo, campi magnetici statici, equilibrio di una configurazione toroidale assialsimmetrica, campo verticale, equazione di Grad-Shafranov. Induzione della corrente di plasma, trasformatore, bilancio del flusso magnetico, dimensionamento di un reattore tokamak.

Smaltimento del calore e delle ceneri. Modelli per la dinamica del plasma nello scrape-off layer. L'interazione plasma-parete. Il divertore.

Blanket per produzione di trizio e per schermatura dei neutroni, metodi numerici per la soluzione dell'equazione del trasporto, metodo Monte Carlo, calcolo di attivazione, trasmutazione, calore di decadimento e danno da radiazione nei componenti dei reattori a fusione.

Eventuali propedeuticità

Non sono previste propedeuticità formali.

Testi di riferimento

Materiale distribuito a lezione. Appunti tratti dalle lezioni.

Testi per consultazione:

- F. Romanelli, Plasma Physics and Engineering Nuclear Energy Encyclopedia, Steven Krivit (Editor) ISBN: 978-0-470-89439-2 August 2011

Modalità d'esame

L'esame prevede una prova scritta ed una orale e su ciascuna di queste deve essere conseguita una valutazione di almeno 18/30.

Scheda insegnamento

 Scheda insegnamento Fisica dell'Energia Nucleare 9 CFU (99 kB)