

**Laurea Specialistica in Scienze Fisiche**  
**a.a 2003-2004**  
**Fisica Nucleare**  
**Titolare: Prof. Ignazio Bombaci**

**Programma.**

**1) Modelli nucleari.**

Il modello a shell del nucleo atomico: numeri magici, stati di particella singola in un potenziale di buca infinita e di oscillatore armonico. Interazione spin-orbita. Spin e parità nucleare. Interazione di pairing e conseguenze sulle proprietà dei nuclei. Momento di quadrupolo elettrico dei nuclei: operatore tensore di quadrupolo elettrico. Previsioni del modello a shell per il momento di quadrupolo elettrico nucleare.

La deformazione dei nuclei. Modello statico di Rainwater. Modello nucleare unificato. Vibrazioni della superficie nucleare: hamiltoniano nucleare nel formalismo della seconda quantizzazione. Eccitazioni fononiche vibrazionali. Stati eccitati multifononici. Spettri vibrazionali dei nuclei. Deformazioni ellissoidali dei nuclei. Energia cinetica vibrazionale e rotazionale. Energia potenziale vibrazionale. Hamiltoniano di Bohr. Modello rotazionale del nucleo: hamiltoniano di Bohr-Mottelson. Bande rotazionali per i nuclei deformati. Modello a shell per i nuclei deformati. Potenziale e livelli di Nilsson. La materia nucleare. Matrice di scattering nel mezzo nucleare. Equazione di Bethe-Goldstone. Diagrammi di Goldstone. Espansione "hole-line" per l'energia della materia nucleare. Approssimazione di Brueckner-Hartree-Fock. Banda di Coester. Cenni sulle forze nucleari a tre corpi. Equazione di stato della materia nucleare.

**2) Fisica delle stelle compatte.**

Stelle compatte (nane bianche, stelle di neutroni e buchi neri): proprietà generali e meccanismo di genesi. Equazione di stato di un gas ideale di fermioni relativistici. Equazione di stato politropica. Equilibrio stellare: equazione di Lane-Emden e sua risoluzione numerica. Massa limite di Chandrasekar per le stelle nane bianche. Correzioni elettrostatiche all'equazione di stato di un gas di elettroni. Materia nucleare beta-stabile. Equazione di stato di Harrison-Wheeler. Equazione di stato di Baym-Pethick-Sutherland. Le pulsar: proprietà generali e loro interpretazione come stelle di neutroni ruotanti. Modello del dipolo elettromagnetico ruotante. Braking index. Evoluzione delle pulsar nel piano  $P$ - $\dot{P}$  e "death line" per le pulsar. Pulsar al "millisecondo" e loro genesi. Le pulsar: proprietà generali e loro interpretazione come stelle di neutroni ruotanti. Modello del dipolo elettromagnetico ruotante. Braking index. Evoluzione delle pulsar nel piano  $P$ - $\dot{P}$  e "death line" per le pulsar. Pulsar al "millisecondo" e loro genesi. Radiazione gravitazionale emessa da una stella di neutroni ruotante. Misura della massa delle stelle di neutroni. Equazioni per l'equilibrio stellare in Relatività Generale: equazione di Tolman-Oppenheimer-Volkoff. Massa limite delle stelle di neutroni. Ruolo della relatività generale sul valore della massa limite delle stelle compatte. Struttura interna delle stelle di neutroni. La crosta delle stelle di neutroni. Il guscio di materia nucleare. Materia iperonica.

Estensione della teoria di Brueckner alla materia iperonica. Stelle iperoniche. La transizione di deconfinamento dei quark nelle stelle di neutroni e possibili "signatures" astrofisiche. Equazione di stato della materia di quark uds. Le stelle di quark. Conversione di una stella di neutroni in una stella di quark, e implicazioni per i Gamma Ray Bursts (cenni).

Testi consigliati

A.G. Sitenko e V.K. Tartakovskij. "Lezioni di Teoria del nucleo" *Edizioni Mir*.

M.A. Preston e R.K. Bhaduri. "Structure of the nucleus" *Addison-Wesley Publishing Company*.

S.L. Shapiro e S.A. Teukolsky. "Black holes, White Dwarfs and Neutron Stars; the physics of compact objects". *J. Wiley & Son*.

AA.VV.: Physics of Neutron Star Interiors. *Lecture Notes in Physics vol. 578, Springer*.