

# Laurea Specialistica in Scienze Fisiche

A.A. 2006-07

Fisica Nucleare

Titolare: Prof. Ignazio Bombaci

## Programma.

### 1) Fisica dei sistemi nucleari

I modelli del nucleo atomico: introduzione generale .

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.

Modello a shell a particella singola estrema: spin e parità nucleare.

Interazione di pairing e conseguenze sulle proprietà dei nuclei.

Momenti magnetici nucleari: linee di Schmidt. Momento di quadrupolo elettrico dei nuclei e previsione in base al modello a shell.

Metodo variazionale. Metodo di Hartree-Fock.

Termine di Fock all'energia di un sistema fermionico.

Materia Nucleare: definizione e proprietà empiriche di saturazione.

Collasso dei nuclei per effetto di forze puramente attrattive tra i nucleoni;

condizione di saturazione con forze di scambio di Majorana.

Modello a coppie indipendenti: equazione di Bethe-Goldstone, matrice di Brueckner.

Soluzione dell'equazione di Bethe-Goldstone per potenziali semplici: "healing distance".

Teorema di Goldstone. Diagrammi di Goldstone. Espansione di Brueckner-Goldstone.

Scelta del potenziale di particella singola: teorema di Bethe-Brandow-Petschek,

campo medio di Brueckner-Hartree-Fock (BHF).

Energia per particella in approssimazione di BHF.

Espansione di Brueckner-Bethe-Goldstone (hole-line expansion).

Correlazioni a tre corpi e loro contributo a  $E/A$ .

Potenziale di particella singola per stati con  $k > k_F$ : scelta continua e discontinua.

Convergenza della espansione hole-line. Saturazione nucleare con forze a due corpi:

banda di Coester. Ruolo della risonanza Delta sulle proprietà di saturazione nucleare.

Forze nucleari a tre corpi nei nuclei leggeri e in materia nucleare.

### 2) Equazione di stato della materia densa e fisica delle stelle compatte.

Equazione di stato di un gas ideale di fermioni relativistici; limite non-relativistico e ultra-relativistico. Miscela di due gas ideali di fermioni:

materia nucleare asimmetrica : energia di simmetria ed equazione di stato.

Correzioni elettrostatiche all'equazione di stato di un gas fermionico ideale:

(1) approssimazione di Wigner-Seitz, (2) metodo di Thomas-Fermi.

Le stelle compatte: proprietà generali e meccanismo di genesi.

Equazioni per l'equilibrio idrostatico in gravitazione newtoniana.

Equazione di Lane-Emden. Struttura delle stelle nane bianche.

Massa limite di Chandrasekhar. Decadimento beta-inverso: gas ideale relativistico

di nucleoni ed elettroni. Beta equilibrio tra Nuclei ed elettroni:

equazione di stato di Harrison-Wheeler.

Equazione di stato di Baym-Pethick-Sutherland.

Equazione di stato di Baym-Bethe-Pethick.

Le pulsar: proprietà generali. Le pulsar come stelle di neutroni ruotanti.

Modello del dipolo magnetico ruotante. Braking index. Età delle pulsar.

Evoluzione delle pulsar nel piano  $P-\dot{P}$  e "pulsar death-line".

Radiazione gravitazionale emessa da una stella di neutroni.

Equazioni di Tolman-Oppenheimer-Volkov.

Massa gravitazionale, barionica e propria di una stella di neutroni.

Massa limite delle stelle di neutroni. Stelle di neutroni puramente nucleoniche.

Densità di soglia per gli iperoni in materia nucleare beta-stabile.

Equazione di stato della materia iperonica. Stelle iperoniche .

Deconfinamento dei quark in materia densa. Strange Quark Matter (SQM) e

relativa equazione di stato fenomenologica. Stelle di neutroni ibride.

Ipotesi di Bodmer-Witten sulla assoluta stabilità della SQM. Stelle strane.

Supernovae e nascita delle stelle di neutroni.

Testi Consigliati:

- K.S. Krane, *Introductory Nuclear Physics*. J. Wiley and Sons.  
M.A. Preston, R.K. Bhaduri, *Structure of the nucleus*. Addison-Wesley Pub. Comp.  
A.G. Sitenko, V.K. Tartakovskij, *Lezioni di teoria del nucleo*. Edizioni Mir.  
J. M. Eisenberg, W. Greiner, *Microscopic theory of the nucleus*. North Holland Pub. Comp.  
B.D. Day, *Elements of the Brueckner-Goldstone theory of nuclear matter*.  
*Review of Modern Physics*, Vol. 39, N. 4, Oct. 1967, pag. 719.  
M. Baldo, *The many-body theory of the nuclear equation of state*.  
Cap. 1 del libro: *Nuclear methods and the nuclear equation of state*.  
Ed. M. Baldo. World Scientific.  
S.L. Shapiro, S.A. Teukolsky, *Black holes, white dwarfs and neutron stars: the physics of compact objects*. J. Wiley and Sons.  
N.K. Glendenning, *Compact stars: nuclear physics, particle physics and general relativity*. Springer  
S. Chandrasekhar, *An introduction to the study of stellar structure*. Dover Pub.  
I. Bombaci, *Neutron stars structure and nuclear equation of state*.  
Cap. 8 del libro: *Nuclear methods and the nuclear equation of state*.  
Ed. M. Baldo. World Scientific.  
Vario materiale didattico verrà distribuito agli studenti durante lo svolgimento del corso.