

Corso di laurea specialistica in Scienze fisiche
A.A. 2007-2008
Fisica nucleare
Titolare: Prof. Michele Viviani

Programma

1) Forze nucleari. Aspetti fondamentali. Cenni sulla teoria dei campi quantistici; gli operatori di creazione e distruzione, I campi di particelle scalari. Il formalismo dell'isospin. I campi delle particelle scalari cariche. Cenni sui campi di particelle fermioniche. Scattering pione-nucleone a bassa energia. Discussione sui possibili tipi di interazione pione-nucleone. Calcolo delle forze nucleari con la teoria delle perturbazioni. Potenziale nucleone-nucleone da scambio di un pione. Scambio di due pioni e forza a tre nucleoni (cenni) (12 ore).

2) Interazioni elettromagnetiche nei nuclei. Quantizzazione del campo elettromagnetico. Probabilità di transizioni e sviluppo in multipoli. La corrente elettromagnetica nucleare in approssimazione impulsiva. Correzioni pioniche alla corrente nucleare. (6 ore).

3) Fisica dei sistemi nucleari. I modelli del nucleo atomico: introduzione generale. Cenni di modello a shell del nucleo atomico; numeri magici; interazione spin orbita. Modello a shell a particella singola estrema: spin e interazione di pairing e conseguenze sui momenti magnetici nucleari: linee di Schmidt. Momento di quadrupolo elettrico dei nuclei e previsione in base al modello a shell. (6 ore)

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. Teorema di Goldstone. Diagrammi di Goldstone. Espansione di Brueckner-Goldstone. Scelta del potenziale di particella singola. Correlazioni a due corpi ed approssimazione di Brueckner-Hartree-Fock. Correlazioni a tre corpi e loro contributo a E/A . Equazione di stato con forze a due e tre nucleoni e paragone con la curva empirica. (12 ore)

Possibili approfondimenti:

4a) 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: Equazioni per l'equilibrio idrostatico in gravitazione newtoniana. (6 ore)

Massa limite di Chandrasekhar. Decadimento beta-inverso: gas ideale relativistico di nucleoni ed elettroni. Beta equilibrio tra nuclei ed elettroni. Equazioni di Tolman-Oppenheimer-Volkov. Massa gravitazionale, barionica e propria di una stella di neutroni. Massa limite delle stelle di neutroni puramente nucleoniche. (6 ore)

4b) La simmetria chirale. Cenni sul Gruppo di Lorentz e sulle sue rappresentazioni. I fermioni di spin $1/2$ nella rappresentazione di Weyl e Dirac. L'equazione di Dirac e i quattro-spinori. Le trasformazioni chirali. La corrente vettoriale ed assiale. Cenni sulla QCD. La simmetria chirale per nucleoni e pioni, cenni sui modelli sigma lineare e non-lineare. La forma dell'interazione pione-nucleone dettata dalla simmetria chirale. Cenni sulla PCAC e sulla relazione di Goldberger-Treiman (12 ore).

Testi generali:

M.A. Preston, R.K. Bhaduri, Structure of the nucleus, Addison-Wesley Pub. Comp., 1975

S.S.M. Wong, Introductory Nuclear Physics, John Wiley & Sons, 1998

Testi utili per l'approfondimento

parte 1 & 2: J. D. Walecka, Theoretical nuclear and subnuclear physics, Oxford University Press, 1995

parte 3: B.D. Day, Elements of the Brueckner-Goldstone theory of nuclear matter. Review of Modern Physics, Vol. 39, Oct. 1967, pag. 719.

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, 1999

parte 4a: S.L. Shapiro, S.A. Teukolsky, Black holes, white dwarfs and neutron stars: the physics of compact objects. J. Wiley and Sons.

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, 1999

parte 4b: A. Hosaka and H. Toki, Quarks, Baryons and Chiral Symmetry, World Scientific, 2001

Durante il corso saranno distribuiti anche vari appunti su parte specifiche.
Altre informazioni sul corso si possono trovare sul sito
www.df.unipi.it/~vi