

Capitolul al XIX-lea

Unele remarci finale

Luarea în considerare a diverselor aspecte ale dinamicii ciocnirilor nucleare relativiste a condus la apariția a numeroase modele care folosesc un număr mare de concepte, de la cele clasice la cele specifice modelului standard [32-34].

Printre conceptele cele mai des folosite în descrierea dinamicii ciocnirilor nucleare relativiste de o largă răspândire se bucură cele statistice și hidrodinamice [13-16,20,21,34-37]. Caracterizarea stărilor și proprietăților materiei nucleare, în condițiile în care densitățile și temperaturile foarte mari atinse în regiunea de suprapunere a nucleelor care se ciocnesc durează timpi de ordinul câtorva Fm/c , se poate face, totuși, folosind fie ipoteza echilibrului global - cazul modelelor termodinamice [38-41] - fie ipoteza echilibrului local - cazul modelelor hidrodinamice [42-46]. Folosirea ipotezei echilibrului în materia nucleară fierbinte și densă permite introducerea unor variabile specifice ansamblurilor statistice de tip canonic, cum ar fi temperatura și densitatea. În acest caz se pot defini diferite mărimi fizice de interes ca funcții de variabilele canonice, precum și relații de legătură între diferitele mărimi de interes, folosind relații termodinamice obișnuite [47,48]. Cea mai importantă relație care se dorește a fi obținută este ecuația de stare a materiei nucleare [49,50].

În descrierea dinamicii ciocnirilor nucleare relativiste se folosesc frecvent teorii legate de câmpul mediu. În acest caz este necesară folosirea ecuației Dirac dependente de timp, pentru descrierea proceselor în care sunt implicați nucleonii. De asemenea, este necesară luarea în considerare a câmpurilor mezonice - atractive și repulsive - precum și a

interacțiilor mezon-barion, ceea ce implică folosirea ecuațiilor Klein-Gordon și Proca sau a altor tipuri de ecuații și potențiale [14-16,32-34,51-53]. Dacă în cazul modelelor considerate anterior era importantă găsirea unei ecuații de stare corespunzătoare a materiei nucleare folosind concepte și relații termodinamice și hidrodinamice, în acest caz este importantă scrierea unui lagrange-ian efectiv în termenii unor energii cinetice și potențiale corespunzătoare, care să permită folosirea de mase și constante de cuplaj fenomenologice. În funcție de numărul și natura termenilor introduși în lagrange-ian se poate descrie materia nucleară infinită la temperaturi și densități diferite. Obținerea ecuației de stare este posibilă, în acest caz, prin introducerea în lagrange-ian a unor termeni legați de mase efective, compresibilitate, potențial chimic, presiune ș.a.

Comportarea materiei nucleare în condiții extreme este una din problemele cele mai provocatoare care se pun Fizicii nucleare relativiste, iar răspunsul corect la această problemă poate să aibă consecințe în domenii care depășesc cadrul strict al acestui domeniu al Fizicii nucleare, dar care depind semnificativ de proprietățile materiei nucleare într-un domeniu foarte larg de densități și temperaturi. Printre acestea se numără mecanismul de explozie al supernovelor, structura internă a stelelor neutronice, formarea materiei în timpul evoluției Universului timpuriu, după "Explozia primordială". De aceea, gama conceptelor folosite pentru descrierea dinamicii ciocnirilor nucleare relativiste se diversifică continuu, iar gama stărilor și fenomenelor "exotice" observabile este foarte largă, în acord cu creșterea energiei pe nucleon pentru fasciculul incident, precum și cu numărul de masă al nucleului incident.

În acest context este de remarcat teoria microscopică dinamică de "n" corpuri cunoscută și sub numele de "dinamică moleculară cuantică" [54,17]. Această teorie stă la baza unor modele în care gradele fundamentale de libertate considerate sunt nucleonii, ceilalți hadroni, dar și constituenții lor fundamentali: *cuarcii* și *gluonii*. Informația dinamică este conținută în spațiul fazelor pentru n corpuri. De aici vine partea de *dinamică moleculară* din denumirea unor astfel de modele. Modelele de dinamică moleculară cuantică *combină propagarea clasică a hadronilor (dinamică moleculară)* cu unele *efecte cuantice*. Printre efectele cuantice care se pot introduce în astfel de ciocniri se numără *împrăștierea stocastică, dezintegrarea particulelor, blocarea Pauli* ș.a.

Modelele de dinamică moleculară cuantică relativistă sunt extinderi ale modelelor de dinamică moleculară cuantică nerelativiste folosite pentru studiul ciocnirilor nucleare la energii pe nucleon cuprinse între 50 și 2000 A MeV. Între cele două variante de model există o serie de diferențe [17]. Această clasă de modele este legată de coduri de simulare specifice. Prin posibilitățile oferite de biblioteci de date, de structura modulară a programelor și subprogramelor folosite – ceea ce permite introducerea de interacții noi, descrise prin diferite metode – modelele de dinamică moleculară cuantică tind să acopere majoritatea fenomenelor și proceselor fizice de interes care apar în ciocniri nucleare relativiste și ultrarelativiste.

Pentru a familiariza pe cei ce se inițiază în domeniul Fizicii nucleare relativiste cu importanța descrierii adecvate a datelor și rezultatelor experimentale, precum și a extragerii informației dinamice corecte din comportările acestor s-a considerat că este utilă prezentarea modalității de construire a unui model fenomenologic geometric. Ipotezele și rezultatele lui stau la baza multor dintre calculele prezentate în întregul curs, dar cu deosebire în partea a II-a și a III-a.

Fiecare clasă de modele în parte vine cu setul propriu de ipoteze, cu căile specifice de abordare a mecanismelor de reacție și de producere de particule. Toate aceste căi nu sunt posibile în afara cunoașterii adecvate a fenomenologiei reflectate de datele și rezultatele experimentale și a metodelor de evidențiere experimentală a unor procese și fenomene fizice noi, extrem de bogate în informații pentru cunoașterea structurii materiei.

Modelele care descriu dinamica ciocnirilor nucleare relativiste oferă un instrument de lucru extrem de util pentru cunoașterea complexității fenomenelor care se produc, bogăției informațiilor dinamice care se pot obține și deschiderilor fascinante ce se deschid spre cunoașterea structurii materiei, atât la nivel microscopic – al “cărămizilor” fundamentale din care este alcătuit Universul - cât și la nivel macroscopic – al apariției și evoluției Universului.

Bibliografie la partea a III-a

- [1]. S.Nagamiya - Prog.Part.Nucl.Phys.XV(1985)363
- [2]. R.Stock - Prog.Part.Nucl.Phys.XV(1985)455
- [3]. C.Beşliu, Al.Jipa - Rev.Roum.Phys.33(1988)409
- [4]. Al.Jipa - Teză de doctorat - Universitatea Bucureşti, Facultatea de Fizică, 1989
- [5]. M.Buenerd, C.Furget - Phys.Rev.D41(1990)103
- [6]. W.Cassing, V.Metag, U.Mosel, K.Niita - Phys.Rep.188 (1990)363
- [7]. C.Beşliu, Al.Jipa - Rom.J.Phys.37(1992)1011
- [8]. A.Mukhopadhyay, P.L.Jain, G.Singh - Il Nuovo Cimento A106(1993)793
- [9]. Yu.M.Shabelski - Z.Phys.C57(1993)409
- [10].L.Simic, S.Backovic, D.Salihagic - Phys.Rev.C52(1995)356
- [11].Al.Jipa, C.Beşliu, R.Zaharia, A.David - J.Phys.G: Part.Nucl.Phys.22(1996)221
- [12].Al.Jipa, R.Zaharia - Conferința Națională de Fizică, Constanța, 14-16.X.1993, pag.1
- [13].S.Das Gupta, A.Z.Mekjian - Phys.Rep.72(1981)131
- [14].J.J.Molitoris, D.Hahn, H.Stöcker - Prog.Part.Nucl.Phys. XV(1985)239
- [15].H.Stöcker, W.Greiner - Phys.Rep.137(1986)277
- [16].G.F.Bertsch, S.Das Gupta - 160(1988)189
- [17].J.Aichelin - Phys.Rep.202(1991)233
- [18].N.S.Amelin et al - Phys.Rev.C52(1995)362
- [19].A.S.Goldhaber, H.H.Heckman - Ann.Rev.Nucl.Part.Sci.28(1978)161
- [20].D.K.Scott - Prog.Part.Nucl.Phys.IV(1981)5
- [21].M.Kh.Anikina et al - Z.Phys.C9(1981)105
- [22].M.Kh.Anikina et al - Phys.Rev.C33(1986)895
- [23].J.Barrette et al -Phys.Rev.C50(1994)3047
- [24].M.Vidovic, M.Greiner, C.Best, G.Soff - Phys.Rev.C47 (1993)2308
- [25].H.Huber, F.Weber, M.K.Weigel - Phys.Rev.C51(1995)1790
- [26].Al.Jipa - Analele Universității Bucureşti - Fizică XL-XLI(1990-1991)41

- [27].C.Beşliu, Al.Jipa, Maria Iosif, R.Zaharia - Trends in Physics - The X-th General Conference of the European Physical Society, 9-13.IX.1996, Sevilla (Spain)
- [28].Al.Jipa, C.Beşliu, Maria Iosif, R.Zaharia - Quark Matter'96 - Twelfth International Conference on Ultra-Relativistic Nucleus-Nucleus Collisions, Heidelberg, Germany, 20-24.V.1996
- [29].C.Beşliu, Al.Jipa, Radu Zaharia, D.Felea, Maria Iosif, C.Rusu, D.Argintaru, Cristina Argintaru, Nicoleta Ioneci, Cl.Grigorie, V.Cartuş - XXVIII-th International Conference on High Energy Physics, 25-31.VII.1996, Warsaw (Poland)
- [30].R.Stock - Phys.Rep.135(1986)259
- [31].V.Metag - Prog.Part.Nucl.Phys.XXX(1993)75
- [32].I.J.R.Aitchison, A.J.Hey - Gauge Theories in Particle Physics - IOP Publishing Ltd & Adam Hilger, Bristol and Philadelphia, 1989
- [33].I.S.Hughes - Elementary particles - Cambridge University Press, Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sydney, 1991
- [34].P.J.Bussey, I.G.Knowles (editors) - Proceedings of the XXVII International Conference on High Energy Physics, 20-27 July 1994, Glasgow, Scotland, UK - IOP Publishing Ltd, Brristol and Philadelphia, 1995
- [35].J.A.Maruhn, W.Greiner - in "Treatise on Heavy Ion Science" - Plenum Press, New York and London, 1985, vol.IV, pag.595
- [36].Al.Jipa - Balkan Physics Letters 1(3,4)(1993)79
- [37].Al.Jipa - J.Phys.G: Part.Nucl.Phys.22(1996)231
- [38].G.D.Westfall et al - Phys.Rev.Lett.37(1976)1202
- [39].J.Gosset et al - Phys.Rev.C16(1977)629
- [40].J.Gosset, J.I.Kapusta, G.D.Westfall - Phys.Rev.C18 (1978)844
- [41].H.Stöcker, A.Oglobin, W.Greiner - Z.Phys.A303(1981)259
- [42].B.Andersson, G.Jarlskog, G.Damgaard - Nucl.Phys.B112 (1976)413
- [43].A.A.Amsden, F.H.Harlow, J.R.Nix-Phys.Rev.C15(1977) 2059
- [44].Ph.J.Siemens, J.O.Rasmussen - Phys.Rev.Lett.42(1979)880
- [45].H.H.Tang, Cheuk-Yin Wong - Phys.Rev.C21(1980)1846
- [46].R.B.Clare, D.Strottman -Phys.Rep.141(1986)223
- [47].Ş. Țițeica - Termodinamica - Editura Academiei R.S.R., București, 1982

- [48].L.Landau, E.Lifchitz - Physique statistique - Editions MIR, Moscou, 1984
- [49].R.Bock - Lectures Notes in Physics 279(1987)399
- [50].Zhi-Xin Qian, Hong-Qiu Song, Ru-Keng Su - Phys.Rev.C48(1993)154
- [51].C.W.Wong - Phys.Rep.136(1986)1
- [52].P.J.Mulders - Phys.Rep.185(1990)83
- [53].W.Weise - International School on Heavy Ion Physics, Erice, Italy, 6-16.X.1993
- [54].J.Aichelin, H.Stöcker - Phys.Lett.B176(1986)14
- [55].A.R.Bodmer, C.N.Panos - Phys.Rev.C15(1977)1342
- [56].J.D.Stevenson - Phys.Rev.Lett.53(1978)1702
- [57].D.J.E.Callaway, L.Wilets, Y.Yariw - Nucl.Phys.A327(1979)250
- [58].J.J.Mollitoris et al - Phys.Rev.Lett.53(1984)899
- [59].S.E.Koonin - Phys.Rev.Lett.39(1977)680
- [60].R.L.Hatch, S.E.Koonin - Phys.LettB81(1979)1
- [61].W.Tobocman - Theory of direct nuclear reactions - Oxford University Press, 1961
- [62].Max Born - Fizica Atomică - Editura Stiințifică, București, 1973
- [63].Ș.Țițeica - Mecanica cuantică - Editura Academiei R.S.R., București, 1984
- [64].K.Heyde - Basic Ideas and Concepts in Nuclear Physics - IOP Publishing, Bristol and Philadelphia, 1999
- [65].Gh.Ciobanu - Termodinamică și Fizică statistică - Tipografia Universității București, 1982
- [66].U.Heinz, Ed.Iancu - Nucl.Phys.B (2000)
- [67].J.M.Eisenberg, W.Greiner - Nuclear Theory (3 volumes) - North-Holland Publishing Company, American Elsevier Publishing Company - Amsterdam, Oxford, New York, 1975
- [68].M.R.Anastasio, L.S.Celenza, P.S.Wong - Phys.Rep100(6)(1983)327-392
- [69].T.H.R.Skyrme - Nucl.Phys.9(1959)615;635
- [70].J.Cugnon, J.Vandermeulen - Fundamentals of Nuclear Physics - Proceedings of the Winter College on Fundamental Nuclear Physics, Trieste, Italy, 1984 - World Scientific, Singapore, New Jersey, London, Hong Kong, 1985, vol.III, pag.1372
- [71].R.Serber - Phys.Rev.72(1947)1114
- [72].K.K.Gudima, V.D.Toneev - Sov.J.Nucl.Phys.27(1978)351

- [73].K.K.Gudima, H.Iew, V.D.Toneev - J.Phys.G: Nucl.Part.Phys.5(1978)229
- [74].V.S.Barashenkov, J.J.Musulmanbekov, T.G.Gereghi - Z.Phys.A296(1980)371
- [75].Y.Yariv, Z.Fraenkel - Phys.Rev.C20(1979)2227
- [76].Y.Yariv, Z.Fraenkel - Phys.Rev.C24(1981)488
- [77].J.Cugnon - Phys.Rev.C22(1980)1885
- [78].J.Cugnon, T.Mizutani, J.Vandermeulen - Nucl.Phys.A352(1981)505
- [79].W.Botermans, R.Malfliet – Phys.Lett.B171(1986)22
- [80].J.Cugnon, A.Lejeune, P.Grange – Phys.Rev.C35(1987)861
- [81].P.Danielewicz – Ann.Phys.152(1984)239
- [82].J.J.Molitoris, H.Stöcker – Phys.Rev.C32(1985)346
- [83].C.Grégoire et al – Nucl.Phys.A447(1985)55c
- [84].W.Cassing et al - Phys.Lett.B181(1986)217
- [85].Al.Jipa, C.Beşliu, Maria Iosif, R.Zaharia – Il Nuovo Cimento A112(1999)179
- [86].P.J.Siemens, J.I.Kapusta – Phys.Rev.Lett.43(1979)1486
- [87].J.Cugnon, D.L’Hote – Nucl.Phys.A452(1986)738
- [88].H.Stoecker, J.Maruhn, W.Greiner – Z.Phys.A286(1978)121
- [89].H.Stoecker et al – Phys.Rev.Lett.47(1981)1807
- [90].J.R.Nix, D.Strottman, Y.Yariv, Z.Fraenkel – Phys.Rev.C25(1982)2491
- [91].J.D.Stevenson – Phys.Rev.Lett.45(1980)1773
- [92].G.N.Agakishiev et al – Sov.J.Nucl.Phys.37(1983)559
- [93].K.K.Gudima, V.D.Toneev - Nucl.Phys.A400(1983)173c
- [94].Y.Kiatzoe et al – Phys.Rev.C29(1984)828, Phys.Rev.Lett.58(1987)1508
- [95].S.Nagamiya et al – Phys.Lett.B81(1979)147, Phys.Rev.C24(1981)971
- [96].A.Sandoval et al – Phys.Rev.Lett.45(1980)874
- [97].M.Cahay, J.Cugnon, J.Vandermeulen – Nucl.Phys.A411(1983)524
- [98].C.Beşliu, Al.Jipa – Il Nuovo Cimento A106(1993)317
- [99].C.Beşliu, Al.Jipa, Cl.Rusu, R.Zaharia – Rom.Rep.Phys.48(5,6)(1996)69
- [100].C.Beşliu, Al.Jipa et al – Eur.Phys.J. A1(1998)65
- [101].C.Beşliu, Al.Jipa et al – Nucl.Phys. A672(2000)44
- [102].W.Heisenberg – Z.Phys.101(1936)533
- [103].H.W.Lewis et al – Phys.Rev.73(1942)127

- [104].H.Koppe – Zeit. fur Naturforsch.3A(1948)251
- [105].H.Koppe – Phys.Rev.76(1949)688
- [106].E.Fermi – Prog.Theor.Phys.5(1950)570
- [107].E.Fermi – Phys,Rev.81(1951)683
- [108].E.Fermi – Phys.Rev.92(1953)452
- [109].R.Hagedorn – Il Nuovo Cimento, Supplements 3(1965)127
- [110].R.Hagedorn – Il Nuovo Cimento A52(1967)1336
- [111].A.S.Goldhaber – Phys.Lett.B53(1974)306
- [112].L.P.Csernai, J.I.Kapusta – Phys.Rep.131(1986)213
- [113].B.Schürmann, W.Zwermann, R.Malfliet – Phys.Rep.147(1987)1
- [114].M.Abramowitz, I.A. Stegun – Handbook of Mathematical Functions – Dover Publications, Inc., New York, 1968
- [115].A.Z.Mekjian – Phys.Rev.Lett.38(1977)640
- [116].A.Z.Mekjian – Phys.Rev.C17(1978)1051
- [117].J.I.Kapusta – Phys.Rev.C16(1977)640
- [118].B.R.Martin – Statistics for Physicists – Academic Press, London and New York, 1971
- [119].C.Beşliu, Al.Jipa – Elemente de Fizică nucleară relativistă. Note de seminar și îndrumător de laborator – Editura Universității din București, 1999
- [120].S.Das Gupta – Phys.Rev.C18(1978)2773
- [121].G.Cecil, S.Das Gupta, A.Mekjian – Phys.Rev.C20(1979)1021
- [122].W.D.Myers – Nucl.Phys.A296(1978)1450
- [123].A.K.Abdurakimov et al – Nucl.Phys.A362(1981)376
- [124].M.K.Anikina et al – Z.Phys.C18(1983)109
- [125].S.Das Gupta – Phys.Rev.Lett.41(1978)1450
- [126].S.Das Gupta, C.S.Lam – Phys.Rev.C20(1979)1192
- [127].J.Knoll, J.Huefner, A.Bouyssy – Nucl.Phys.A308(1978)500
- [128].J.Knoll – Phys.Rev.C20(1979)773
- [129].J.Huefner, J.Knoll – Nucl.Phys.A290(1977)460
- [130].R.J.Glauber – Lectures in Theoretical Physics – Interscience Publishing, New York, 1959, vol.I, pag.315 (Editors: W.E.Brittin, L.G.Dunham)

- [131].H.H.Gutbrod et al – Phys.Rev.Lett. 37(1976)667
- [132].H.Bando, O.Hashimoto, K.Ogawa (Editors) – Proceedings of 1986 Institute of Nuclear Study International Symposium on Hypernuclear Physics, Tokyo, Japan, August 20-23, 1986, University of Tokyo, Toseisha Printing Co., Tokyo, 1986
- [133].B.F.Gibson, E.V.Hungerford III – Phys.Rep.257(1995)349
- [134].L.Landau – Izd.Akad.Nauk SSSR 17(1953)57
- [135].J.D.Bjorken – Phys.Rev.D27(1983)140
- [136].C.Beşliu, Al.Jipa et al - International Conference on High Energy Physics, Glasgow (Scotland), 20-27 July 1994, GlS-0773, page 1440
- [137].C.Beşliu, Al.Jipa et al - EPS Conference on High Energy Physics, Brussels, 27 July 1995 - 7 August 1995, EPS-HEP Abstracts - 0511
- [138].C.Beşliu, Al.Jipa, R.Zaharia - Paper Abstracts of the National Physics Conference, Baia Mare, 30.XI-2.XII.1995,page 7
- [139].C.Beşliu, Al.Jipa, Cl.Rusu, R.Zaharia - Romanian Reports in Physics 48(5,6)(1996)407-415
- [140].C.Beşliu, Al.Jipa et al - Proceedings of the International Symposium on Large Scale Collective Motion of Atomic Nuclei, Brolo, Italy, 15-19.X.1996, World Scientific, Singapore, 1997, pages 307-317
- [141].Al.Jipa et al – EPS Conference on High Energy Physics, Jerusalem, July 1997, EPS-HEP Abstracts - 057
- [142].N.Herrmann, J.P.Wessels, Th.Wienold – Annu.Rev.Nucl.Part.Sci.49(1999)581
- [143].Cristina Argintaru – Teză de doctorat, Universitatea Bucureşti, 1998
- [144].Viorel Cartaş - Teză de doctorat, Universitatea Bucureşti, 1999
- [145].C.Beşliu, Al.Jipa et al – Rom.J.Phys.43(1998)489
- [146].V.A.Berezin - Int.J.Mod.Phys.A2 (1987)1591
- [147].C.Beşliu, Al.Jipa et al - National Physics Conference - Paper Abstracts, Constanta, 13-15.X.1993, page 2
- [148].C.Beşliu, Al.Jipa et al - National Physics Conference - Paper Abstracts, Sibiu, 21-24.IX.1994, page 2
- [149].J.Kapusta, D.Strottman - Phys.Lett.B110(1983)181
- [150].H.Stoecker et al - Phys.Rev.C4(1982)1873

- [151].Dan Argintaru - Teză de doctorat, Universitatea București, 1998
- [152].A.M.Moiseev – Phys.Part.Nucl.25(1994)496
- [153]. R.D.Field, R.Feynman – Phys.Rev.D15(1977)259
- [154].B.Anderson et al – Phys.Rep.97(1983)31
- [155].D.Perkins – Introduction to High Energy Physics – Addison-Wesley Publishing Company - London, Amsterdam, Don Mills (Ontario), Sydney, Tokyo, 1982
- [156].J.B.Berge et al – Nucl.Phys.B184(1981)13, Nucl.Phys.B203(1982)1, Nucl.Phys. B203(1982)16
- [157].J.B.Babcock, R.E.Cutkosky - Nucl.Phys. B201(1982)527
- [158].J.D.Bjorken, S.J.Brodsky – Phys.Rev.D1(1970)1416
- [159].S.P.Ratti, G.Introzzi, E.R.Nakamura – XV-th Symposium on Multiparticle Dynamics, Stockholm, Sweden, 1984
- [160].H.Georgi, M.Machacek – Phys.Rev.Lett.39(1977)1237
- [161].E.Farhi – Phys.Rev.Lett.39(1977)1587
- [162].S.Brandt, H.D.Dahmen – Z.Phys.C1(1979)61
- [163].G.C.Fox , S.Wolfram – Phys.Rev.Lett.41(1978)1581
- [164].A.M.Baldin et al – Yad.Fiz.41(1985)995
- [165].Maria Iosif - Teză de doctorat, Universitatea București, 1997
- [166].A.M.Baldin - Prog.Part.Nucl.Phys.IV(1981)95
- [167].C. Beșliu et al - Prog.Part.Nucl.Phys.XX(1988)243
- [168].C. Beșliu et al - Rom.Rep.Phys.49(1997)
- [169]. G.Peilert, H.Stoecker, W.Greiner – Phys.Rev.C39(1988)1402
- [170]. H.Sorge – Nucl.Phys.A498(1989)567
- [171]. S.A.Bass, M.Belkacem, M.Bleicher, M.Brandstetter, L.Bravina, C.Ernst, L.Gerland, M.Hofmann, S.Hofmann, J.Konopka, G.Mao, L.Neise, S.Soff, C.Spieles, H.Weber, L.A.Winckelmann, H.Stocker, W.Greiner, C.Hartnack, J.Aichelin and N.Amelin - Prog. Part. Nucl. Phys. 41 (1998) 225-370**
- [172]. M.Bleicher, E.Zabrodin, C.Spieles, S.A.Bass, C.Ernst, S.Soff, H.Weber, H.Stocker, W.Greiner - <http://www.th.physik.uni-frankfurt.de/~urqmd/urqmd.html>
- [173]. S.A.Bonometto, O.Pantano - Phys.Rep.228(1993)175
- [174].C.Adam, G.E.Brown – Phys.Rep.234(1993)1

- [175].C.P.Singh - Phys.Rep.236(1993)147
- [176].K.Geiger – Phys.Rep.258(1995)237
- [177].H.Meyer-Ortmanns – Rev.Mod.Phys.68(1996)473
- [178].Al.Jipa et al – Rom.Rep.Phys.53(2001) – acceptat spre puplicare
- [179]. Al.Jipa – Il Nuovo Cimento A108(1995)1271
- [180]. U.A.Wiedeman, U.Heinz – Phys.Rep.319(1999)145
- [181]. U.Heinz, Barbara Jacak – Annu.Rev.Nucl.Part.Sci.49(1999)529
- [182]. R.M.Weiner – Phys.Rep327(2000)249
- [183]. C.Beşliu et al – Prog.Part.Nucl.Phys.15(1985)353
- [184]. C.Beşliu et al – Analele Universităţii Bucureşti – Fizica (1993)
- [185]. Al.Jipa et al – Rom.Rep.Phys.52(2000) – sub tipar.