

В. О. Бабенко, М. М. Петров

Институт теоретической физики им. М. М. Боголюбова НАН Украины, Киев

ПРО ПОРУШЕНИЯ ИЗОСПИНОВОЙ ИНВАРИАНТНОСТИ КОНСТАНТЫ ПИОН-НУКЛОННОГО СВ'ЯЗКУ ТА ДОВЖИНИ НУКЛОН-НУКЛОННОГО РОЗСІЯННЯ

На основі мезонної теорії Юкави розглянуто порушення зарядової незалежності константи піон-нуклонного зв'язку та довжини нуклон-нуклонного розсіяння. Показано, що це порушення практично повністю пояснюється відмінністю мас заряджених і нейтральних π -мезонів. При цьому зарядове розщеплення піон-нуклонної константи зв'язку становить ту ж величину, що і зарядове розщеплення маси π -мезона. Розрахована різниця в довжинах протон-протонного та нейтрон-протонного розсіяння в моделі, що розглядається, становить $\sim 90\%$ від її експериментального значення.

Ключові слова: зарядова незалежність, константа піон-нуклонного зв'язку, нуклон-нуклонне розсіяння, π -мезон.

В. А. Бабенко, Н. М. Петров

Институт теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова НАН Украины, Киев

О НАРУШЕНИИ ИЗОСПИНОВОЙ ИНВАРИАНТНОСТИ КОНСТАНТЫ ПИОН-НУКЛОННОЙ СВЯЗИ И ДЛИНЫ НУКЛОН-НУКЛОННОГО РАССЕЙНИЯ

На основе мезонной теории Юкавы рассматривается нарушение зарядовой независимости константы пион-нуклонной связи и длины нуклон-нуклонного рассеяния. Показано, что это нарушение практически полностью объясняется различием масс заряженных и нейтральных π -мезонов. При этом зарядовое расщепление пион-нуклонной константы связи составляет ту же величину, что и зарядовое расщепление массы π -мезона. Рассчитанная разность в длинах протон-протонного и нейтрон-протонного рассеяния в рассматриваемой модели составляет $\sim 90\%$ от ее экспериментального значения.

Ключевые слова: зарядовая независимость, константа пион-нуклонной связи, нуклон-нуклонное рассеяние, π -мезон.

V. A. Babenko, N. M. Petrov

M. M. Bogolyubov Institute for Theoretical Physics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

ISOSPIN BREAKING IN THE PION-NUCLEON COUPLING CONSTANT AND THE NUCLEON-NUCLEON SCATTERING LENGTH

Charge independence breaking (CIB) in the pion-nucleon coupling constant and the nucleon-nucleon scattering length is considered on the basis of the Yukawa meson theory. CIB effect in these quantities is almost entirely explained by the mass difference between the charged and the neutral pions. Therewith charge splitting of the pion-nucleon coupling constant is almost the same as charge splitting of the pion mass. Calculated difference between the proton-proton and the neutron-proton scattering length in this case comprises $\sim 90\%$ of the experimental value.

Keywords: charge independence, pion-nucleon coupling constant, nucleon-nucleon scattering, pion.

REFERENCES

1. *Hulthén L., Sugawara M.* The Two-Nucleon Problem // Encyclopedia of Physics. Vol. 39. Structure of Atomic Nuclei / Ed. S. Flügge. - Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer-Verlag, 1957. - P. 1 - 143.
2. *Bohr A., Mottelson B.R.* Nuclear Structure. Vol. 1. -New York: Benjamin, 1969. - 471p.
3. *Ericson T., Weise W.* Pions and Nuclei. -Oxford: Clarendon Press, 1988. - 479p.
4. *Miller G.A., Nefkens B.M.K., Šlaus I.* Charge Symmetry, Quarks and Mesons // Phys. Rept. - 1990. - Vol. 194, No. 1 - 2. - P. 1 - 116.
5. *Machleidt R., Šlaus I.* The Nucleon-Nucleon Interaction // J. Phys. - 2001. - Vol. G27, No. 5. - P. R69 - R108.
6. *Rahm J., Blomgren J., Condé H. et al.* np Scattering Measurements at 162 MeV and the πNN Coupling Constant // Phys. Rev. - 1998. - Vol. C57, No. 3. - P. 1077 - 1096.
7. *Blomgren J., Ed.* Critical Issues in the Determination of the Pion-Nucleon Coupling Constant: Proc. of a Workshop held in Uppsala, Sweden (June 7-8, 1999) // Phys. Scr. - 2000. - Vol. T87. - P. 5 - 77. - Uppsala: Royal Swedish Academy of Sciences, 2000. - 77p.

8. *Naghd* M. Nucleon-Nucleon Interaction: A Typical/Concise Review // Physics of Particles and Nuclei - 2014. - Vol. 45, No. 5. - P. 924 - 971.
9. *de Swart J.J., Rentmeester M.C.M., Timmermans R.G.E.* The Status of the Pion-Nucleon Coupling Constant. - arXiv:nucl-th/9802084, 1998. - 19 p.
10. *Stoks V., Timmermans R., de Swart J.J.* Pion-Nucleon Coupling Constant // Phys. Rev. - 1993. - Vol. C47, No. 2. - P. 512 - 520.
11. *Rahm J., Blomgren J., Condé H. et al.* *np* Scattering Measurements at 96 MeV // Phys. Rev. - 2001. - Vol. C63, No. 4. -P. 044001.
12. *Bergervoet J.R., van Campen P.C., Klomp R.A.M. et al.* Phase Shift Analysis of All Proton-Proton Scattering Data Below $T_{\text{lab}} = 350$ MeV // Phys. Rev. - 1990. - Vol. C41, No. 4. - P. 1435 - 1452.
13. *Arndt R.A., Strakovsky I.I., Workman R.L.* Extraction of the πNN Coupling Constant from *NN* Scattering Data // Phys. Rev. - 1995. - Vol. C52, No. 4. - P. 2246 - 2249.
14. *Machleidt R., Banerjee M.K.* Charge Dependence of the πNN Coupling Constant and Charge Dependence of the Nucleon-Nucleon Interaction // Few-Body Syst. - 2000. - Vol. 28, No. 3. - P. 139 - 146.
15. *Limkaisang V., Harada K., Nagata J. et al.* Phase-Shift Analysis of *pp* Scattering at $T_L = 25 - 500$ MeV // Prog. Theor. Phys. - 2001. - Vol. 105, No. 2. - P. 233 - 242.
16. *Matsinos E., Rasche G.* Analysis of the Low-Energy $\pi^- p$ Charge Exchange Data // Int. J. Mod. Phys. - 2013. - Vol. A28, No. 12. - P. 1350039.
17. *Alarcon J.M., Martin Camalich J., Oller J.A.* Improved Description of the πN - Scattering Phenomenology at Low Energies in Covariant Baryon Chiral Perturbation Theory // Ann. Phys. - 2013. - Vol. 336. -P. 413 - 461.
18. *Babenko V.A., Petrov N.M.* Charge Dependence of the Pion-Nucleon Coupling Constant // Yaderna fizyka ta energetyka (Nucl. Phys. At. Energy). - 2015. -Vol. 16, No. 2.- P. 136 - 143. (Rus)
19. *Babenko V.A., Petrov N.M.* Study of the Charge Dependence of the Pion-Nucleon Coupling Constant on the Basis of Data on Low-Energy Nucleon-Nucleon Interactions // Physics of Atomic Nuclei. - 2016. - Vol. 79, No. 1. - P. 67 - 71.
20. *Babenko V.A., Petrov N.M.* Study of the Pion-Nucleon Coupling Constant Charge Dependence on the Basis of the Low-Energy Data on Nucleon-Nucleon Interaction. - arXiv:1604.02912 [nucl-th], 2016. - 10 p.
21. *Yukawa H.* On the Interaction of Elementary Particles // Proc. Phys. Math. Soc. Jap. - 1935. - Vol. 17. - P. 48 - 57.
22. *Hackenburg R.W.* Neutron-Proton Effective Range Parameters and Zero-Energy Shape Dependence // Phys. Rev. - 2006. - Vol. C73, No. 4. - P. 044002.
23. *Babenko V.A., Petrov N.M.* Determination of Low-Energy Parameters of Neutron-Proton Scattering on the Basis of Modern Experimental Data from Partial-Wave Analyses // Physics of Atomic Nuclei. - 2007. -Vol. 70, No. 4. - P. 669 - 675.
24. *Babenko V.A., Petrov N.M.* Determination of Low-Energy Parameters of Neutron-Proton Scattering in the Shape-Parameter Approximation from Present-Day Experimental Data // Physics of Atomic Nuclei. - 2010. - Vol. 73, No. 9. -P. 1499 - 1506.
25. *Babenko V.A., Petrov N.M.* Low-Energy Parameters of Neutron-Neutron Interaction in the Effective-Range Approximation // Physics of Atomic Nuclei. - 2013. -Vol. 76, No. 6. - P. 684 - 689.
26. *Beringer J. et al. (Particle Data Group).* Review of Particle Physics // Phys. Rev. - 2012. - Vol. D86, No. 1. - P. 010001.
27. *Shapiro I.S.* The Interaction of Slow Antinucleons with Nucleons and Nuclei // Sov. Phys. Usp. - 1973. -Vol. 16, No. 2. - P. 173 - 184.
28. *Frauenfelder H., Henley E.M.* Subatomic Physics. -Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1974. -568 p.
29. *Sliv L.A.* Charge Independence and Charge Symmetry of Nuclear Forces // Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Fiz. - 1974. - Vol. 38, No. 1. - P. 2 - 14. (Rus)
30. *Kuhn B.* Measurements of the Neutron-Neutron Scattering Wave Length and the Problem of Charge Dependence of Nuclear Forces // Phys. Part. Nucl. - 1975. - Vol. 6, No. 2. - P. 347 - 392. (Rus)
31. *Aleksandrov Yu.A.* Fundamental Properties of the Neutron. - Oxford, UK: Clarendon Press, 1992. - 210 p.
32. *Miller G.A., van Oers W.T.H.* Charge Independence and Charge Symmetry. - arXiv:nucl-th/9409013, 1994. - 41 p.
33. *Sugie A.* The Effect of the Mass Difference between Charged and Neutral Pions on the Nuclear Force // Prog. Theor. Phys. - 1954. - Vol. 11, No. 3. - P. 333 - 334.
34. *Riazuddin.* On the Charge Independence of Nuclear Forces // Nucl. Phys. - 1956/57. - Vol. 2. - P. 188 - 191.
35. *Riazuddin.* Charge Dependent Effects on Scattering Lengths of *np* and *pp* Systems // Nucl. Phys. - 1958. - Vol. 7. - P. 217 - 222.
36. *Henley E.M., Morrison L.K.* *n-n* and *n-p* Scattering Lengths and Charge Independence // Phys. Rev. - 1966. - Vol. 141, No. 4. - P. 1489 - 1493.
37. *Ericson T.E.O., Miller G.A.* Charge Dependence of Nuclear Forces // Phys. Lett. - 1983. - Vol. B132, No. 1-3. - P. 32 - 38.
38. *Bugg D.V., Carter A.A., Carter J.R.* New Values of Pion-Nucleon Scattering Lengths and f^2 // Phys. Lett. - 1973. - Vol. B44, No. 3. - P. 278 - 280.

39. Koch R., Pietarinen E. Low-Energy πN Partial Wave Analysis // Nucl. Phys. - 1980. - Vol. A336, No. 3. - P. 331 - 346.
40. Dumbrajs O., Koch R., Pilkuhn H. et al. Compilation of Coupling Constants and Low-Energy Parameters // Nucl. Phys. - 1983. - Vol. B216, No. 2. - P. 277 - 335.
41. Ericson T.E.O., Loiseau B., Nilsson J. et al. πNN Coupling from High Precision np Charge Exchange at 162 MeV // Phys. Rev. Lett. - 1995. - Vol. 75, No. 6. - P. 1046 - 1049.

Надійшла 26.05.2016
Received 26.05.2016