

Е. Г. Хідер¹, А. Х. Тагі^{2,*}

¹ Кафедра фізики, Освітній коледж з природничих наук, Університет Кіркука, Кіркук, Ірак

² Кафедра фізики, Коледж науки, Університет Кіркука, Кіркук, Ірак

*Відповідальний автор: alitaqi@uokirkuk.edu.iq

ІЗОСКАЛЯРНИЙ ТА ІЗОВЕКТОРНИЙ ГІГАНТСЬКИЙ РЕЗОНАНСИ В ІЗОТОПАХ ^{56,60,68}Ni З ВИКОРИСТАННЯМ САМОУЗГОДЖЕНОГО ОПИСУ SKYRME HF-RPA

У цьому дослідженні представлено центроїдні енергії (E_{CEN}), масштабовані енергії (E_S) і обмежені енергії (E_{CON}) ізоскалярного ($T = 0$) гігантського монополюсного і квадрупольного резонансів та ізовекторного ($T = 1$) гігантського дипольного резонансу в ^{56,60,68}Ni. Використовуючи 16 різних ефективних нуклон-нуклонних взаємодій типу Скірма, які часто використовуються в літературі, ці енергії було обчислено за допомогою повністю самоузгодженого опису Хартрі - Фока на основі теорії наближення випадкової фази. Ми порівняли наші теоретичні розрахунки з наявними експериментальними даними. В основному ми досліджували вплив характеристик ядерної матерії (NM), включаючи енергію симетрії при густині насичення, ефективну масу (m^*/m) і коефіцієнт нестисливості ядерної матерії (K_{NM}), на E_{CEN} , E_S і E_{CON} . Проаналізовано чутливість шляхом визначення коефіцієнта Пірсона лінійної кореляції між розрахованими енергіями та властивостями NM. Крім того, представлено та проаналізовано значення E_{CEN} , E_S та E_{CON} залежно від атомної маси A .

Ключові слова: сила Скірма, гігантський резонанс, Хартрі - Фок, апроксимація випадкової фази.

Е. G. Khidher¹, А. Н. Тагі^{2,*}

¹ Department of Physics, College of Education for Pure Sciences, University of Kirkuk, Kirkuk, Iraq

² Department of Physics, College of Science, University of Kirkuk, Kirkuk, Iraq

*Corresponding author: alitaqi@uokirkuk.edu.iq

ISOSCALAR AND ISOVECTOR GIANT RESONANCES IN ^{56,60,68}Ni ISOTOPES USING SELF-CONSISTENT SKYRME HF-RPA

In this study, we presented the centroid energies (E_{CEN}), scaled energies (E_S), and constrained energies (E_{CON}) of the isoscalar ($T = 0$) giant monopole and quadrupole resonances and isovector ($T = 1$) giant dipole resonances in ^{56,60,68}Ni. Utilizing 16 distinct Skyrme-type effective nucleon-nucleon interactions often employed in the literature, these energies were computed using the completely self-consistent Hartree - Fock based on random phase approximation theory. We compared our theoretical calculations with the available experimental data. We primarily examined the effects of nuclear matter (NM) features, including the symmetry energy at saturation density, the effective mass (m^*/m), and the nuclear matter incompressibility coefficient (K_{NM}), on E_{CEN} , E_S , and E_{CON} . We analyzed the sensitivity by determining the Pearson linear correlation coefficient between the calculated energies and NM properties. Also, we presented and discussed the values of E_{CEN} , E_S , and E_{CON} as a function of atomic mass A .

Keywords: Skyrme force, giant resonance, Hartree - Fock, random phase approximation.

REFERENCES

1. A. Bohr, B.M. Mottelson. Nuclear Structure II. Nuclear Deformations (New York: Benjamin, 1975) 772 p.
2. P. Ring, P. Schuck. The Nuclear Many-Body Problem (Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1980).
3. M.N. Harakeh, A. van der Woude. Giant Resonances: Fundamental High-Frequency Modes of Nuclear Excitation (Oxford: Oxford Academic, 2001).
4. S. Shlomo, D.H. Youngblood. Nuclear matter compressibility from isoscalar giant monopole resonance. *Phys. Rev. C* 47 (1993) 529.
5. G. Colò, X. Roca-Maza, N. Paar. The nuclear symmetry energy and other isovector observables from the point of view of nuclear structure. *Acta Physica Polonica B* 46(3) (2015) 395.
6. A.H. Taqi, E.G. Khidher. Ground and transition properties of ⁴⁰Ca and ⁴⁸Ca nuclei. *Nucl. Phys. At. Energy* 19(4) (2018) 326.
7. G.C. Baldwin, G.S. Klaiber. Photo-fission in heavy elements. *Phys. Rev.* 71 (1947) 3.
8. R. Pitthan, Th. Walcher. Inelastic electron scattering in the giant resonance region of La, Ce and Pr. *Phys. Lett. B* 36 (1971) 563.
9. M.B. Lewis, F.E. Bertrand. Evidence from inelastic proton scattering for a giant quadrupole vibration in spherical nuclei. *Nucl. Phys. A* 196 (1972) 337.
10. D.H. Youngblood et al. Isoscalar breathing-mode state in ¹⁴⁴Sm and ²⁰⁸Pb. *Phys. Rev. Lett.* 39 (1977) 1188.
11. B.K. Agrawal, S. Shlomo, V. Kim Au. Determination of the parameters of a Skyrme type effective interaction using the simulated annealing approach. *Phys. Rev. C* 72 (2005) 014310.
12. M. Dutra et al. Skyrme interaction and nuclear matter constraints. *Phys. Rev. C* 85 (2012) 035201.
13. N.K. Glendenning. Equation of state from nuclear and astrophysical evidence. *Phys. Rev. C* 37 (1988) 2733.
14. J.M. Lattimer, M. Prakash. Neutron star observations: Prognosis for equation of state constraints. *Phys. Rep.* 442 (2007) 109.

15. S. Shlomo, V.M. Kolomietz. Hot nuclei. *Rep. Prog. Phys.* 68 (2005) 1.
16. V.M. Kolomietz, S. Shlomo. *Mean Field Theory* (World Scientific, 2020) 588 p.
17. V.M. Kolomietz et al. Equation of state and phase transitions in asymmetric nuclear matter. *Phys. Rev. C* 64 (2001) 024315.
18. A.H. Taqi, E.G. Khidher. Nuclear multipole excitations in the framework of self-consistent Hartree-Fock random phase approximation for Skyrme forces. *Pramana Journal of Physics* 93 (2019) 60.
19. A.H. Taqi, M.A. Hasan. Ground-state properties of even-even nuclei from He ($Z = 2$) to Ds ($Z = 110$) in the framework of Skyrme-Hartree-Fock-Bogoliubov theory. *Arabian Journal for Science and Engineering* 47 (2022) 761.
20. W.A. Mansour, A.H. Taqi. Isoscalar giant dipole resonance of tin isotopes $^{112,114,116,118,120,122,124}\text{Sn}$ using HF-BCS and QRPA approximations. *Kirkuk Journal of Science* 18(4) (2023) 42.
21. S.H. Amin, A.A. Al-Rubaiee, A.H. Taqi. Effect of incompressibility and symmetry energy density on charge distribution and radii of closed-shell nuclei. *Kirkuk Journal of Science* 17(3) (2022) 17.
22. A.H. Taqi, G.L. Alawi. Isoscalar giant resonance in $^{100,116,132}\text{Sn}$ isotopes using Skyrme HF-RPA. *Nucl. Phys. A* 983 (2019) 103.
23. B. Sur et al. Reinvestigation of ^{56}Ni decay. *Phys. Rev. C* 42 (1990) 573.
24. G. Colò et al. Self-consistent RPA calculations with Skyrme-type interactions: The skyrme_rpa program. *Computer Physics Communications* 184(1) (2013) 142.
25. S. Goriely, N. Chamel, J.M. Pearson. Skyrme-Hartree-Fock-Bogoliubov nuclear mass formulas: Crossing the 0.6 MeV accuracy threshold with microscopically deduced pairing. *Phys. Rev. Lett.* 102 (2009) 152503.
26. L. Guo-Qiang. A systematic study of nuclear properties with Skyrme forces. *J. Phys. G* 17 (1991) 1.
27. M. Rayet et al. Nuclear forces and the properties of matter at high temperature and density. *Astron. Astrophys.* 116 (1982) 183.
28. N. Van Giai, H. Sagawa. Spin-isospin and pairing properties of modified Skyrme interactions. *Phys. Lett. B* 106 (1981) 379.
29. Q.B. Shen, Y.L. Han, H.R. Guo. Isospin dependent nucleon-nucleus optical potential with Skyrme interactions. *Phys. Rev. C* 80 (2009) 024604.
30. D. Vautherin, D.M. Brink. Hartree-Fock calculations with Skyrme's interaction. I. Spherical nuclei. *Phys. Rev. C* 5 (1972) 626.
31. M. Beiner et al. Nuclear ground-state properties and self-consistent calculations with the skyrme interaction: (I). Spherical description. *Nucl. Phys. A* 238 (1975) 29.
32. B.K. Agrawal, S. Shlomo, V.K. Au. Nuclear matter incompressibility coefficient in relativistic and nonrelativistic microscopic models. *Phys. Rev. C* 68 (2003) 031304.
33. P.-G. Reinhard, H. Flocard. Nuclear effective forces and isotope shifts. *Nucl. Phys. A* 584 (1995) 467.
34. J. Bartel et al. Towards a better parametrisation of Skyrme-like effective forces: A critical study of the SkM force. *Nucl. Phys. A* 386 (1982) 79.
35. L. Bennour et al. Charge distributions of ^{208}Pb , ^{206}Pb , and ^{205}Tl and the mean-field approximation. *Phys. Rev. C* 40 (1989) 2834.
36. E. Chabanat et al. A Skyrme parametrization from subnuclear to neutron star densities. Part II. Nuclei far from stabilities. *Nucl. Phys. A* 635 (1998) 231.
37. S. Shlomo, G. Bonasera, M.R. Anders. Giant resonances in $^{40,48}\text{Ca}$, ^{68}Ni , ^{90}Zr , ^{116}Sn , ^{144}Sm and ^{208}Pb and properties of nuclear matter. *AIP Conf. Proc.* 2150 (2019) 030011.
38. G. Bonasera et al. Isoscalar and isovector giant resonances in ^{44}Ca , ^{54}Fe , $^{64,68}\text{Zn}$ and $^{56,58,60,68}\text{Ni}$. *Nucl. Phys. A* 1010 (2021) 122159.
39. C. Monrozeau et al. First measurement of the giant monopole and quadrupole resonances in a short-lived nucleus: ^{56}Ni . *Phys. Rev. Lett.* 100 (2008) 042501.
40. M. Vandebrouck et al. Measurement of the isoscalar monopole response in the neutron-rich nucleus ^{68}Ni . *Phys. Rev. Lett.* 113 (2014) 032504.
41. M. Vandebrouck et al. Isoscalar response of ^{68}Ni to α -particle and deuteron probes. *Phys. Rev. C* 92 (2015) 024316.
42. J. Button et al. Isoscalar $E0$, $E1$, and $E2$ strength in ^{44}Ca . *Phys. Rev. C* 96 (2017) 054330.
43. J. Button et al. Isoscalar $E0$, $E1$, and $E2$ strength in ^{54}Fe and $^{64,68}\text{Zn}$. *Phys. Rev. C* 100 (2019) 064318.
44. Y.-W. Lui et al. Isoscalar giant resonances for nuclei with mass between 56 and 60. *Phys. Rev. C* 73 (2006) 014314.
45. Krishichayan et al. Isoscalar giant resonances in $^{90,92,94}\text{Zr}$. *Phys. Rev. C* 92 (2015) 044323.
46. D.H. Youngblood, Y.-W. Lui, H.L. Clark. Isoscalar giant resonances in ^{28}Si and the mass dependence of nuclear compressibility. *Phys. Rev. C* 65 (2002) 034302.
47. Y.-W. Lui, H.L. Clark, D.H. Youngblood. Giant monopole strength in ^{58}Ni . *Phys. Rev. C* 61 (2000) 067307.
48. D.H. Youngblood, Y.-W. Lui, H.L. Clark. Giant resonances in ^{24}Mg . *Phys. Rev. C* 60 (1999) 014304.
49. D.H. Youngblood et al. Isoscalar $E0$, $E1$, $E2$, and $E3$ strength in $^{92,96,98,100}\text{Mo}$. *Phys. Rev. C* 92 (2015) 014318.
50. CDFE – Centre for Photonuclear Experiments Data. Home page, 2019.