

В. І. Абросімов*, О. І. Давидовська

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

*Відповідальний автор: abrosim@kinr.kiev.ua

ІЗОСКАЛЯРНИЙ ДИПОЛЬНИЙ ВІДГУК ВАЖКИХ ЯДЕР В ОБЛАСТІ НИЗЬКИХ ЕНЕРГІЙ У КІНЕТИЧНІЙ МОДЕЛІ

Ізоскалярний дипольний відгук важких сферичних ядер в області низьких енергій вивчається в напівкласичній моделі, що спирається на явний розв'язок лінеаризованого кінетичного рівняння Власова для скінченних фермі-систем. У цій трансляційно-інваріантній моделі рух центра мас точно відділяється від внутрішніх збуджень. Ізоскалярна дипольна силова функція має три резонансні структури в області енергій до 15 МеВ. Розрахунки полів швидкостей, пов'язаних з резонансними структурами при енергіях центроїда, виявляють вихрову (тороїдальну) природу двох верхніх резонансів. Основний тороїдальний резонанс дає якісний опис низькоенергетичного ізоскалярного дипольного резонансу, що спостерігається у важких сферичних ядрах. Походження найнижчої ізоскалярної дипольної резонансної структури, очевидно, пов'язане з дипольними одночастинковими збудженнями. Її енергія центроїда близька до мінімальної енергії дипольного одночастинкового спектра, і врахування залишкової взаємодії призводить лише до незначного зсуву енергії центроїда в бік нижчої енергії. Проте включення залишкової взаємодії помітно посилює поле швидкостей, пов'язане з найнижчим резонансом, що вказує на колективні ефекти в цій резонансній структурі.

Ключові слова: кінетична модель, резонансні структури в області низьких енергій, поле швидкостей, тороїдальні резонанси.

В. И. Абросимов*, О. И. Давидовская

Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев, Украина

*Ответственный автор: abrosim@kinr.kiev.ua

ІЗОСКАЛЯРНИЙ ДИПОЛЬНИЙ ОТКЛИК ТЯЖЕЛЫХ ЯДЕР В ОБЛАСТИ НИЗКИХ ЭНЕРГИЙ В КИНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Изоскалярный дипольный отклик тяжелых сферических ядер в области низких энергий изучается в полуклассической модели, которая опирается на явное решение линеаризованного кинетического уравнения Власова для конечных ферми-систем. В этой трансляционно-инвариантной модели движение центра масс точно отделяется от внутренних возмущений. Изоскалярная дипольная силовая функция имеет три резонансные структуры в области энергий до 15 МэВ. Расчеты полей скоростей, связанных с резонансными структурами при энергиях центроида, показывают вихревую (тороидальную) природу двух вышележащих резонансов. Основной тороидальный резонанс дает качественное описание низкоэнергетического изоскалярного дипольного резонанса, который наблюдается в тяжелых сферических ядрах. Происхождение нижайшей изоскалярной дипольной резонансной структуры, очевидно, связано с дипольными одночастичными возмущениями. Ее энергия центроида близка к минимальной энергии дипольного одночастичного спектра, и учет остаточного взаимодействия приводит только к незначительному смещению энергии центроида к более низкой энергии. Однако включение остаточного взаимодействия заметно усиливает поле скоростей, связанное с самым низким резонансом, что указывает на коллективные эффекты в этой резонансной структуре.

Ключевые слова: кинетическая модель, резонансные структуры в области низких энергий, поле скоростей, тороидальные резонансы.

V. I. Abrosimov*, O. I. Davydovska

Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

*Corresponding author: abrosim@kinr.kiev.ua

ISOSCALAR DIPOLE RESPONSE OF HEAVY NUCLEI IN LOW-ENERGY REGION WITHIN KINETIC MODEL

The isoscalar dipole response of heavy spherical nuclei in the low-energy region is studied by using a semiclassical model, based on the solution of the linearized Vlasov kinetic equation for finite Fermi systems. In this translation-invariant model, the excitations of the center of mass motion are exactly separated from the internal ones. The isoscalar dipole strength function displays three resonance structures in the energy region up to 15 MeV. Calculations of the

velocity fields associated with resonance structures at centroid energies show the vortex (toroidal) nature of two overlying resonances. The main toroidal resonance gives a qualitative description of the low-energy isoscalar dipole resonance, which is observed in heavy spherical nuclei. The origin of the lowest isoscalar dipole resonance structure is apparently related to dipole single-particle excitations. Its centroid energy is close to the minimum energy of the dipole single-particle spectrum, and taking into account the residual interaction leads only to an insignificant shift of the centroid energy towards lower energy. However, the inclusion of residual interaction noticeably enhances the velocity field associated with the lowest resonance, which indicates collective effects in this resonance structure.

Keywords: kinetic model, low-energy resonance structures, velocity field, toroidal resonances.

REFERENCES

1. H.L. Clark, Y.-W. Lui, D.H. Youngblood. Isoscalar giant dipole resonance in ^{90}Zr , ^{116}Sn , and ^{208}Pb . *Phys. Rev. C* **63** (2001) 031301.
2. D.H. Youngblood et al. Isoscalar $E0 - E3$ strength in ^{116}Sn , ^{144}Sm , ^{154}Sm , and ^{208}Pb . *Phys. Rev. C* **69** (2004) 034315.
3. M. Uchida et al. Isoscalar giant dipole resonance in ^{208}Pb via inelastic alpha scattering at 400 MeV and nuclear incompressibility. *Phys. Lett. B* **557** (2003) 12.
4. M. Uchida et al. Systematics of the bimodal isoscalar giant dipole resonance. *Phys. Rev. C* **69** (2004) 051301(R).
5. D. Vretenar, A. Wandelt, P. Ring. Isoscalar dipole mode in relativistic random phase approximation. *Phys. Lett. B* **487** (2000) 334.
6. G. Colo et al. On dipole compression modes in nuclei. *Phys. Lett. B* **485** (2000) 362.
7. M.L. Gorelik, M.H. Urin. Properties of the isoscalar giant dipole resonance *Phys. Rev. C* **64** (2001) 047301.
8. D. Vretenar et al. Toroidal dipole resonances in the relativistic random phase approximation. *Phys. Rev. C* **65** (2002) 021301(R).
9. J. Kvasil et al. Compressional and toroidal dipole modes in nuclei. *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.* **29** (2003) 753.
10. A. Repko et al. Toroidal nature of the low-energy $E1$ mode. *Phys. Rev. C* **87** (2013) 024305.
11. P.-G. Reinhard et al. Nuclear vorticity in isoscalar $E1$ modes: Skyrme-random-phase approximation analysis. *Phys. Rev. C* **89** (2014) 024321.
12. Yoshiko Kanada-En'yo, Yuki Shikata. Toroidal, compressive, and $E1$ properties of low-energy dipole modes in ^{10}Be . *Phys. Rev. C* **95** (2017) 064319.
13. V.O. Nesterenko et al. Individual Low-Energy Toroidal Dipole State in ^{24}Mg . *Phys. Rev. Lett.* **120** (2018) 182501.
14. A. Repko et al. Systematics of toroidal dipole modes in Ca, Ni, Zr, and Sn isotopes. *Eur. Phys. J. A* **55** (2019) 242.
15. A. Repko, J. Kvasil, V.O. Nesterenko. Elimination of spurious modes within quasiparticle random-phase approximation. *Phys. Rev. C* **99** (2019) 044307.
16. E.B. Balbutsev, I.V. Molodtsova, A.V. Unzhakova. Compressional and toroidal dipole excitations of atomic nuclei. *Europhys. Lett.* **26** (1994) 499.
17. V.I. Abrosimov, A. Dellafiore, F. Matera. Kinetic-theory description of isoscalar dipole modes. *Nucl. Phys. A* **697** (2002) 748.
18. M. Urban. Pygmy resonance and torus mode within Vlasov dynamics. *Phys. Rev. C* **85** (2012) 034322.
19. V.I. Abrosimov, O.I. Davydovska. Residual interaction effect on isoscalar dipole modes in heavy nuclei. *Ukr. J. Phys.* **61** (2016) 571.
20. V.I. Abrosimov, O.I. Davydovska. Nature of isoscalar dipole resonances in heavy nuclei. *Ukr. J. Phys.* **63** (2018) 1043.
21. V.I. Abrosimov, A. Dellafiore, F. Matera. Collective motion in finite Fermi systems within Vlasov dynamics. *Phys. Part. Nucl.* **36** (2005) 699.
22. I. Hamamoto, H. Sagawa, X.Z. Zhang. Displacement fields of excited states in stable and neutron drip-line nuclei. *Nucl. Phys. A* **648** (1999) 203.
23. E. Lipparini, S. Stringari. Sum rules and giant resonances in nuclei. *Phys. Rep.* **175** (1989) 103.

Надійшла/Received 28.11.2019