

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Magspektrumok héjszerű, kollektív és fűrtösödő sajátosságai

Riczu Gábor

Témavezető: Dr. Cseh József



DEBRECENI EGYETEM
Fizikai Tudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2021.

Készült:

A Debreceni Egyetem
Fizikai Tudományok Doktori Iskolájának
Magfizika programja keretében
az Atommagkutató Intézetben

Előzmények

Az atommag - általában - soknukleon-rendszer. Mivel a kvantummechanikai soktest-problémát nem tudjuk egzaktul megoldani, ezért a magszerkezet leírásában kulcsszerepet játszanak a modellek. Azok különböző fizikai képeken alapulnak, például héjszerkezet (héjmodell), folyadékcsepp (kollektív modell), vagy molekulakép (fürtmodell). Ezért a magfizikai vizsgálatoknak egy nagyon fontos kérdése, hogy ezek hogyan viszonyulnak egymáshoz.

A magok szerkezetének és dinamikájának megértésben nagy segítséget jelent a szimmetriamegfontolások alkalmazása. Jelentősen egyszerűsítik a feladatot, egyúttal kiemelik annak lényeges vonásait. Ennélfogva a magfizikában már a kezdektől nagy szerepet játszanak az algebrai modellek; Wigner Jenő 1937-ben publikálta a szupermultiplett-elméletet, mely az $U(4)$ csoporton alapul. Némi kezdeti idegenkedés után a csoportelméleti modellek egyre fontosabb szerepet játszottak, és úgy tűnik, ma még lényegesebbek, mint valaha.

Az ATOMKI-ben is komoly hagyománya van az algebrai modellezésnek. A témavezetőm és munkatársai már az én csatlakozásom előtt megalkottak és alkalmaztak egy fürtmodellt (klasztermodellt), és egy alakizomérek felkutatására szolgáló szimmetriaalapú módszert. Arra is fényt derítettek, hogy e

kettőt, valamint különböző klaszterkonfigurációkat is összekapcsol egy összetett szimmetria, melyet többkonfigurációs szimmetriának (MUSY) neveznek. Ezek a modellek és módszerek félmikroszkopikusak, abban az értelemben, hogy mikroszkopikusan szerkesztett modellteret kombinálnak fenomenológikus kölcsönhatásokkal.

Én akkor csatlakoztam ezekhez a kutatásokhoz, amikor születőben volt a félmikroszkopikus algebrai kvartettmodell. A kvartettkonfiguráció egy speciális héjmodell-konfigurációt jelent. Ezáltal a félmikroszkopikus algebrai modellek családja magába foglalta a három alapvető szerkezetmodellt: a kollektív, héj- és fürtmodellt. Ennek alapján azt lehetett várni, hogy az őket összekapcsoló többkonfigurációs szimmetria egységesen tud leírni kollektív, héj- és klaszterállapotokat.

Célkitűzések

Az előzmények fényében munkám alapvető célja a félmikroszkopikus algebrai modellcsalád fejlesztéséhez való hozzájárulás, és annak alkalmazása volt.

A fejlesztésben az én munkám számítógép-programok írása volt. Egyfelől a meglévő fürtmodell-programok is jelentős bővítésre szorultak. Másfelől pedig a héjmodell-leírással való bővítés komoly fejlesztést igényelt.

Tekintettel arra, hogy a félmikroszkopikus modellek teljesen mikroszkopikus modellteret használnak, és hogy nagyon sok feladatban törzsnéküli (no-core) megközelítésre van szükség, ez hatalmas modelltereket jelent (pl.: 20-nál is több főhéjgerjesztést magában foglaló teljes héjmodellteret 28 nukleonra). Ez nem elhanyagolható kihívás, hiszen még némely standard könyvtári program alkalmazhatósági határát is jelentősen meg kell növelni hozzá.

Fizikai szempontból a következő célkitűzések vezérelték munkámat.

Elsősorban az a kérdés tűnt izgalmasnak, hogy a héj-, kollektív, és fürtmodell közös metszetét jelentő többkonfigurációs szimmetria hogyan teljesít a kísérleti adatok leírásában.

A fűrtösödés fajtáival, vagy fázisaival az utóbbi időben nagyon sok tanulmány foglalkozott. Ezek azonban döntően kvalitatív megfontolásokra szorítkoztak, vagy sematikus számításokat tartalmaztak. Nagyon hiányzott viszont a valódi magokra végzett szisztematikus vizsgálat ezen a téren.

Az $U(3)$ szimmetria stabilitását és önkonzisztenciáját vizsgáló módszert korábban nehéz magok alakizomér állapotainak meghatározására alkalmazták. Felmerül a kérdés, hogy az ilyen tanulmányok mit mutatnak a könnyű magok viselkedésére, ahol a jelenségek inkább áttekinthetők, és ahol a más alapvető szerkezetmodellekkel való összehasonlítás is egyszerű.

Tézispontok

1. Létrehoztam egy számítógépes programcsaládot a fél-mikroszkopikus algebrai modellek alkalmazásának támogatására. Ehhez felhasználtam néhány, már korábban létező programot, azok jelentős kiegészítésével és bővítésével, de fejlesztettem számos újat is [1]. Ez ugyan önmagában nem fizikai eredmény, de lényeges szerepük volt a következő pontokban felsorolt magszerkezeti vizsgálatokban. Azért tartom külön említésre méltónak, mert ezek a programok - remélhetőleg - az itt bemutatott munkán kívül még sok kutatási feladat kivitelezését fogják segíteni.
2. A MUSY-t alkalmaztam a ^{28}Si magra [2]. Ennek során sikeresen leírtam a kisenergiás kvartettspektrumot egy egyszerű, analitikus megoldással rendelkező Hamilton-operátorral. Továbbá meghatároztam a nagyenergiás $^{12}\text{C}+^{16}\text{O}$ rezonanciaspektrumot a kvartettspektrumból való kivetítés által, anélkül, hogy a kísérleti állapotokhoz illesztettem volna. Ennek ellenére a kapott spektrum összhangban volt a kísérletivel. Tudomásom szerint más modell ilyen "jóslásra" nem képes. Ez a vizsgálat egy régóta nyitott kérdésre adott választ: az $^{12}\text{C}+^{16}\text{O}$ rezonanciaspektrum a potenciál második, szuperdeformált völgyének a spektruma.

Ugyanezzel a Hamilton operátorral meghatároztam a 6-14 MeV-es energiaablakbeli $^{24}\text{Mg}+^4\text{He}$ klaszterizáció 0^+ -os állapotainak eloszlását [3]. Ennek során sem illesztettem az állapotok energiáját, hanem ismét paramétermentes jóslást adtam. A kapott spektrum pedig jó egyezést mutatott egy közelmúltban végzett kísérlettel, ami ebben a tartományban mérte a 0^+ -os állapotokat ^{28}Si -on való rugalmatlan α -szórással.

3. Az ^{36}Ar mag vizsgálatával megmutattam, hogy a MUSY képes egységesen leírni az alap, a szuperdeformált és a hiperdeformált tartomány spektrumát [4]. Ezek a spektrumrészek nemcsak deformáció tekintetében különböznek egymástól lényegesen, hanem más-más energiatarományban helyezkednek el, különböző konfigurációknak felelnek meg és különböző reakciókban populálódnak. Rámutattam, hogy a látszólag különböző klaszterizációk, valamint héjmodellkonfigurációk azonos hullámfüggvénnyel rendelkezhetnek, az antiszimmetrizáció miatt (szemben a fenomenologikus modellek következtetésével). Az is kiderült, hogy egy adott klaszterkonfiguráció a mag számos különböző energiájú és deformációjú állapotát létrehozhatja, ha nem alkalmazunk túlságosan leegyszerűsítő modellfeltevéseket (melyek számos klasztermodellben honosak).
4. Az $\text{SU}(3)$ szimmetria (és kvadrupólus deformáció) stabilitásán és önkonzisztenciáján alapuló módszert alkalmaztam könnyű atommagok (^{16}O , ^{20}Ne , ^{24}Mg) alakizomér állapotainak felkutatására [5]. Azt találtam, hogy ez az új módszer nagyon hasonló eredményt szolgáltat a hagyományos, energiaminimum-keresési módszerhez. Egyúttal azonban megadja az állapotok szimmetriáját, melynek révén a MUSY kiválasztási szabá-

lya összeköti azokat a reakciócsatornákkal (klaszterkonfigurációkkal). Kiderült, hogy az $SU(3)$ szimmetria nemcsak az alapállapot környezetében érvényes jó közelítéssel, hanem számos alakizomér állapotban is. Mi több, az eredmények azt sugallják, hogy a magot néhány stabil kvadrupólus alak építi fel. Ehhez nagyon hasonló következtetésre vezetett egy közelmúltbeli no-core héjmodellszámolás is realisztikus kölcsönhatásokkal (Phys. Rev. Lett. 124 (2020) 042501).

5. A klaszterizáció természetének felderítése érdekében megvizsgáltam a ^{20}Ne atommag spektrumát [6]. Ennek négy sávját sok vizsgálat egybehangzó következtetése szerint jellemzi a $^{16}\text{O}+^4\text{He}$ konfiguráció. A kérdés, hogy ez mennyire héjszerű ($U(3)$ -szimmetrikus), vagy merevmolekula-szerű ($O(4)$ -szimmetrikus) már nagyon régóta nyitott. Vizsgálataim újszerűségét az adta, hogy azok 1) teljesen algebrai leíráson alapultak, ezért 2) szisztematikusan kivitelezhetőek, és 3) mikroszkopikus leírást adnak, beleértve még a spektroszkópiai faktort is. Leírtam a spektrumot mind a tiszta fázisoknak megfelelő dinamikai szimmetriával, mind pedig kevert kölcsönhatásokkal. Azt találtam, hogy A) a tisztán héjszerű klaszterizáció lényegesen jobb leírást ad, mint a merevmolekula-szerű, és B) a kevert szimmetriájú leírás a héjszerű fázishoz nagyon közel szolgáltatja a legjobb illeszkedést. Ennek alapján ez a (talán a legjobban ismert és legrészletesebben tanulmányozott) klaszterkonfiguráció egyértelműen héjszerűnek tűnik. Ez a következtetés is egybecseng az $SU(3)$ szimmetria fontosságát illetően az előzőekben említett kollektív és héjmodellszámítások eredményével.

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

1. J. Cseh, **G. Riczu**, J. Darai, T. Dytrych, E. Betak, Shapes, quartets and clusters of atomic nuclei in a semi-microscopic framework, *Bulg. J. Phys.* 44, 466-477 (2017)
2. J. Cseh, **G. Riczu**, Quartet excitations and cluster spectra in light nuclei, *Phys. Lett. B* 757, 312-316 (2016)
3. P. Adsley, D. G. Jenkins, J. Cseh, S. S. Dimitrova, J. W. Brümmer, K. C. W. Li, D. J. Marín-Lámbbarri, K. Lukyanov, N. Y. Kheswa, R. Neveling, P. Papka, L. Pellegri, V. Pseudo, L. C. Pool, **G. Riczu**, F. D. Smit, J. J. van Zyl, E. Zemlyanaya, α clustering in ^{28}Si probed through the identification of high-lying 0^+ states, *Phys. Rev. C* 95, 024319 (2017)
4. **G. Riczu**, J. Cseh, Gross features of the spectrum of the ^{36}Ar nucleus, arXiv: 2103.05375, Közlésre elfogadva az *Int. J. Mod. Phys. E* folyóiratban.

5. J. Cseh, **G. Riczu** J. Darai, Shape isomers of light nuclei from the stability and consistency of the SU(3) symmetry, Phys. Lett. B 795, 160-164 (2019)
6. **G. Riczu**, J. Kovács, J. Cseh, $^{16}\text{O}+^4\text{He}$ system on the phase diagram of nuclear clusterization. Előkészületben.

Konferencia előadások

Fizikus Doktoranduszok Konferenciája

Balatonfenyves, 2015. június 11-14.

Előadás címe: Kvartettspektrum az alaptól a szuperdeformált állapotig

Fizikus Doktoranduszok Konferenciája

Balatonfenyves, 2016. június 16-19.

Előadás címe: Kvartett gerjesztések és klaszterspektrumok a ^{28}Si -ban

Fizikus Doktoranduszok Konferenciája

Balatonfenyves, 2017. június 15-18.

Előadás címe: Energiaspektrumok és alakizomerek a ^{28}Si -ban

XVI. Magfizikus Találkozó

Jávorkút, 2018. augusztus 29 - szeptember 1.

Előadás címe: Magspektrumok egységes leírása: az alapállapottól a nagy gerjesztésekig, különböző reakciócsatornáknál

Magyar Fizikus Vándorgyűlés

Sopron, 2019. augusztus 21-24.

Előadás címe: Sokcsatornás dinamikai szimmetria, és alkalmazásai a ^{28}Si -ban

Poszterek

EuNPC 2015

Groningen (Hollandia), 2015. augusztus 30 - szeptember 4.

Poszter címe: Algebraic models for shell-like quarteting of nucleons



Nyilvántartási szám: DEENK/211/2021.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Riczu Gábor

Doktori Iskola: Fizikai Tudományok Doktori Iskola

MTMT azonosító: 10057562

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (5)

1. **Riczu, G.**, Cseh, J.: Gross features of the spectrum of the ^{36}Ar nucleus.
Int. J. Mod. Phys. E-Nucl. Phys. "Accepted by Publisher" (-), 1-13, 2021. ISSN: 0218-3013.
IF: 1.036 (2019)
2. Cseh, J., **Riczu, G.**, Darai, J.: Shape isomers of light nuclei from the stability and consistency of the $\text{SU}(3)$ symmetry.
Phys. Lett. B. 795, 160-164, 2019. ISSN: 0370-2693.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2019.06.016>
IF: 4.384
3. Cseh, J., **Riczu, G.**, Darai, J., Dytrych, T., Betak, E.: Shapes, Quartets and Clusters of Atomic Nuclei in a Semimicroscopic Framework.
Bulg. J. Phys. 44, 466-477, 2017. ISSN: 1310-0157.
4. Adsley, P., Jenkins, D. G., Cseh, J., Dimitrova, S. S., Brümmer, J. W., Li, K. C. W., Marín, L. D. J., Lukyanov, K., Kheswa, N. Y., Neveling, R., Papka, P., Pellegrini, L., Pesudo, V., Pool, L. C., **Riczu, G.**, Smit, F. D., van Zyl, J. J., Zemlyanaya, E.: α clustering in ^{28}Si probed through the identification of high-lying 0^+ states.
Phys. Rev. C. 95 (2), 1-8, 2017. ISSN: 2469-9985.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevC.95.024319>
IF: 3.304





5. Cseh, J., **Riczu, G.**: Quartet excitations and cluster spectra in light nuclei.

Phys. Lett. B. 757, 312-316, 2016. ISSN: 0370-2693.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2016.03.080>

IF: 4.807

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 13,531

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
13,531**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudománymetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2021.04.21.



Short Thesis for the degree of doctor of philosophy
(PhD)

Shell-like, collective and cluster features of nuclear spectra

Gábor Riczu

Supervisor: Dr. József Cseh



UNIVERSITY OF DEBRECEN
Doctoral School of Physics

Debrecen, 2021.

Prepared at:
the University of Debrecen
PhD School in Physics,
and the Institute for Nuclear Research

Background

The atomic nucleus is - in general - a many-nucleon system. Since we do not have an exact solution to the quantum mechanical many-body problem, models play a key role in the description of nuclear structure. They are based on different physical pictures, e.g. shell structure (shell model) liquid drop (collective model), molecule (cluster model). Therefore, it is a very important question in nuclear research, how they are related to each other.

In understanding the structure and dynamics of atomic nuclei the symmetry considerations can give a great help. They simplify the task and at the same time reveal its important features. Due to this fact the algebraic models are important in nuclear physics from the very beginning; E. Wigner published the supermultiplet theory in 1937, which is based on the $U(4)$ group. Following some early reluctance the group theoretical models were considered more and more important.

In ATOMKI there is also a considerable tradition of algebraic approaches. My supervisor and his collaborators invented and applied a cluster model and a new symmetry-governed method for determining the shape isomers before I joined them. It also turned out that they are related to each other.

her by a composite symmetry, called multiconfigurational dynamical symmetry (MUSY). It connects different cluster configurations, as well. These models are semimicroscopic in the sense that they combine microscopic model spaces with phenomenological interactions.

I joined these investigations when the semimicroscopic algebraic quartet model was born. The quartet configuration is a special shell configuration. Therefore, the family of the symmetry-governed semimicroscopic models included the three fundamental structure models: the shell, collective and cluster models. Due to this fact one could expect that their connecting symmetry (MUSY) can describe in a unified way the shell, collective and cluster states.

Purpose

In light of the background above my main aim was to contribute to the development of the algebraic models and to apply them.

As for their construction my task was writing computer codes. On the one side the existing cluster model programs had to be extended. On the other side the new shell-model approach required serious new codes.

The microscopic model spaces needed in these investigations can be huge due to the fact that several tasks requires no-core approach (e.g. full model space for more than 20 excitation quanta for the system of 28 nucleons). For such problems even some widely applied codes of standard program library need to be extended.

From the viewpoint of physics my main purposes were as follows.

First of all a very exciting question is, how the multiconfigurational symmetry works in the unified description of shell, collective and cluster spectra.

Recently several considerations were published on the nature

(or phases) of clusterization. They are based on qualitative analysis or schematic calculations. So far we missed any systematic quantitative study performed on real nuclei.

The new method for the determination of the shape isomers is based on the investigation of the stability and self-consistency of the $U(3)$ symmetry (or quadrupole deformation, that is uniquely related to this symmetry). So far it was applied for medium and heavy nuclei. It is an interesting question, how it works in light nuclei, where the situation is more transparent, and we have more results to compare with.

Thesis points

1. I created a family of computer programs to support the application of the semi-microscopic algebraic models. For this, I used some pre-existing programs with their significant additions, but I have also developed several new ones [1]. It is not a physical result in itself, but these codes played a significant role in the nuclear structure investigations listed in the following points. I think, it is worth mentioning this work separately, because hopefully, these programs will help to carry out many research tasks beyond the work presented here.
2. I applied the MUSY to the ^{28}Si nucleus [2]. In doing so, I successfully described the low-energy quartet spectrum by a Hamiltonian, which has a simple analytical solution. Furthermore, I determined the $^{12}\text{C}+^{16}\text{O}$ resonance spectrum from the quartet spectrum by projection, without fitting anything to the cluster states, i.e. the cluster spectrum appears as a pure prediction, and the result was in a remarkable agreement with the experimental observation. I do not know any other method of this ability. This investigation gave an answer to a long-open question: the $^{12}\text{C}+^{16}\text{O}$ resonance spectrum is the spectrum of the second, i.e. superdeformed valley of the potential.

- I determined the distribution of the 0^+ states of the $^{24}\text{Mg}+^4\text{He}$ clusterisation in the 6-14 MeV energy window [3]. In doing so, I did not fit the energy of the states either, but I gave a parameter-free prediction again. The obtained spectrum showed a good agreement with a recent experiment, that measured the 0^+ states by inelastic alpha scattering on ^{28}Si in this energy range.
3. By investigating the ^{36}Ar nucleus I showed that the MUSY is able to describe spectrum of ground, super- and hyperdeformed valleys in a unified way [4]. These parts of the spectrum differ significantly not only in deformation, but they are located in different energy ranges and correspond to different configurations, and they are populated in different reactions. I pointed out that seemingly different cluster as well as shell model configurations can have the same wavefunction, due to the antisymmetrization (as opposed to the conclusion of the phenomenological models). It also turned out that a given cluster configuration can create several states of the nucleus with different energy and deformation, if we do not use oversimplifying model assumptions (which are present in many cluster models).
 4. I applied the new symmetry-governed method to find the shape isomers of light nuclei (^{16}O , ^{20}Ne , ^{24}Mg). It is based on the investigation of the stability and self-consistency of the $\text{SU}(3)$ symmetry (and quadrupole deformation) [5]. I found that this new method provides very similar results to the traditional energy-minimum method. At the same time, however, it gives the symmetry of the states through which the selection rule of the MUSY connects them to the reaction

channels (cluster configurations). It turned out that the SU(3) is symmetry valid not only in the region of the ground state but also in many shape isomer states. Moreover, the results suggest that the nucleus is built up by a few stable quadrupole shapes. A recently published no-core shell model calculation with realistic interactions (Phys. Rev. Lett. 124 (2020) 042501) led to a very similar conclusion.

5. I investigated the spectrum of the ^{20}Ne in order to determine the nature of the clusterisation [6]. In this nucleus four bands is considered as a $^{16}\text{O}+^4\text{He}$ configuration. It is a longstanding question, if this system is more shell-like (U(3) symmetric) or more rigid molecule-like (O(4) symmetric). The novel features of my investigations are as follows: 1) They are based on a fully algebraic description. 2) Therefore, they can be applied systematically. 3) They give a microscopic description, including the cluster spectroscopic factor. I described the spectrum both by the dynamical symmetries (corresponding to the pure phases) and by mixed interactions. I found that A) the pure shell-like clusterization gives significantly better description, than the rigid molecule-like one, and B) the mixed symmetry description provides the best fit very close to the shell-like phase. Based on this study the $^{16}\text{O}+^4\text{He}$ cluster configuration, which is probably best known and the most investigated one, is definitely shell-like. Concerning the importance of the SU(3) symmetry this conclusion is in line with the ones mentioned above from shell and collective models.

List of publications related to the dissertation

1. J. Cseh, **G. Riczu**, J. Darai, T. Dytrych, E. Betak, Shapes, quartets and clusters of atomic nuclei in a semi-microscopic framework, *Bulg. J. Phys.* 44, 466-477 (2017)
2. J. Cseh, **G. Riczu**, Quartet excitations and cluster spectra in light nuclei, *Phys. Lett. B* 757, 312-316 (2016)
3. P. Adsley, D. G. Jenkins, J. Cseh, S. S. Dimitrova, J. W. Brümmer, K. C. W. Li, D. J. Marín-Lámbarri, K. Lukyanov, N. Y. Kheswa, R. Neveling, P. Papka, L. Pellegri, V. Pesudo, L. C. Pool, **G. Riczu**, F. D. Smit, J. J. van Zyl, E. Zemlyanaya, α clustering in ^{28}Si probed through the identification of high-lying 0^+ states, *Phys. Rev. C* 95, 024319 (2017)
4. **G. Riczu**, J. Cseh, Gross features of the spectrum of the ^{36}Ar nucleus, arXiv: 2103.05375, Accepted for publication in *Int. J. Mod. Phys. E*.

5. J. Cseh, **G. Riczu** J. Darai, Shape isomers of light nuclei from the stability and consistency of the SU(3) symmetry, Phys. Lett. B 795, 160-164 (2019)
6. **G. Riczu**, J. Kovács, J. Cseh, $^{16}\text{O}+^4\text{He}$ system on the phase diagram of nuclear clusterization. In preparation.

Talks

Conference of Doctoral Students in Physics

Balatonfenyves, 11-14 June 2015

Giving a talk: Quartet spectrum from to ground state to the superdeformed state

Conference of Doctoral Students in Physics

Balatonfenyves, 16-19 June 2016

Giving a talk: Quartet excitations and cluster spectra in the ^{28}Si

Conference of Doctoral Students in Physics

Balatonfenyves, 15-18 June 2017

Giving a talk: Energy spectra and shape isomers in the ^{28}Si

XVI. Meeting of Nuclear Physicists

Jávorkút, 29 August - 1 September 2018

Giving a talk: Uniform description of nuclear spectra: from the ground state to the high excitations in different reaction channels

Conference of Hungarian Physicists

Sopron, 21-24 August 2019

Giving a talk: Multichannel dynamic symmetry and its applications in the ^{28}Si

Posters

EuNPC 2015

Groningen (Hollandia), 30 August - 4 September 2015

Poster: Algebraic models for shell-like quarteting of nucleons



Registry number: DEENK/211/2021.PL
Subject: PhD Publication List

Candidate: Gábor Riczu
Doctoral School: Doctoral School of Physics
MTMT ID: 10057562

List of publications related to the dissertation

Foreign language scientific articles in international journals (5)

1. **Riczu, G.**, Cseh, J.: Gross features of the spectrum of the ^{36}Ar nucleus.
Int. J. Mod. Phys. E-Nucl. Phys. "Accepted by Publisher" (-), 1-13, 2021. ISSN: 0218-3013.
IF: 1.036 (2019)
2. Cseh, J., **Riczu, G.**, Darai, J.: Shape isomers of light nuclei from the stability and consistency of the $\text{SU}(3)$ symmetry.
Phys. Lett. B. 795, 160-164, 2019. ISSN: 0370-2693.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2019.06.016>
IF: 4.384
3. Cseh, J., **Riczu, G.**, Darai, J., Dytrych, T., Betak, E.: Shapes, Quartets and Clusters of Atomic Nuclei in a Semimicroscopic Framework.
Bulg. J. Phys. 44, 466-477, 2017. ISSN: 1310-0157.
4. Adsley, P., Jenkins, D. G., Cseh, J., Dimitrova, S. S., Brümmer, J. W., Li, K. C. W., Marin, L. D. J., Lukyanov, K., Kheswa, N. Y., Neveling, R., Papka, P., Pellegrini, L., Pesudo, V., Pool, L. C., **Riczu, G.**, Smit, F. D., van Zyl, J. J., Zemlyanaya, E.: α clustering in ^{28}Si probed through the identification of high-lying 0^+ states.
Phys. Rev. C. 95 (2), 1-8, 2017. ISSN: 2469-9985.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevC.95.024319>
IF: 3.304





5. Cseh, J., **Riczu, G.**: Quartet excitations and cluster spectra in light nuclei.

Phys. Lett. B. 757, 312-316, 2016. ISSN: 0370-2693.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2016.03.080>

IF: 4.807

Total IF of journals (all publications): 13,531

Total IF of journals (publications related to the dissertation): 13,531

The Candidate's publication data submitted to the iDEa Tudóstér have been validated by DEENK on the basis of the Journal Citation Report (Impact Factor) database.

21 April, 2021

