

СПРАВКА
ЗА НАЙ-ВАЖНИТЕ ПОСТИЖЕНИЯ

от

научните, научно-приложните, педагогическите и научно-
организационните дейности
на член кореспондента на БАН, доктора на физическите науки
Чавдар Пенев Стоянов,

Ч. Стоянов е завършил Физическия факултет на СУ по специалността Атомна физика през 1968 г. Първоначално работи във Физическия институт на БАН, а след това в образувания през 1972 г. Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика на БАН. От 1970 г. до 1981 г. е командирован за работа в ОИЯИ-Дубна. Специализирал е в САЩ (стипендия „Фулбрайт“), Япония (стипендия JSPS–Japan Society for Promotion of Science), Германия (стипендия DAAD-Deutscher Akademischer Austauschdienst) и по покани във Франция и Италия. Дисертация за научната степен „Доктор на физико-математическите науки” е защитил през 1983 г. в ОИЯИ-Дубна. Избран е за професор в ИЯИЯЕ през 1987 г. и за член кореспондент на БАН през 2004 г. **Почетен доктор на Обединения институт за ядрени изследвания – Дубна, избран февруари 2024.** В ИЯИЯЕ той е ръководил направление „Ядрена физика” и Лаборатория по ядрена спектроскопия и ядрени реакции.

Научните трудове на Ч. Стоянов включват **1 разширен обзор (монография)**, публикуван като отделна книжка на списанието **Physics Reports**), **5** обзорни статии, **110** оригинални статии, **23** независими препринта (предимно на ОИЯИ-Дубна), **70** доклада, представени на международни конференции и лекции на школи. Научните статии са публикувани в реномирани списания като Изв. АН СССР (сер. физ.) (18 статии), ЯФ(13), Nucl. Phys. A (16), J. Phys. G (8), Phys. Rev. C (22), Phys. Lett. B (8) и др. Голяма част от докладите са на пленарни заседания на конференции или са прочетени като лекции на школи в САЩ, Япония, СССР, Русия, Китай, страни от Европейския Съюз и у нас. Някои от докладите са публикувани в списания като Nucl. Phys., Z. Phys. и

др. Автор и съавтор е на **1** научно-популярна книга и **20** научно-популярни статии отпечатани в списанията „Светът на физиката”, „Списание на БАН”, „Природа“ и др. Съставител и редактор е на **5** сборника с доклади на конференции и школи на които е бил председател на Оргкомитета.

Представен е пълен списък на научните трудове, списък на избрани трудове в които най-пълно са изложени съществените приноси, получени от Ч. Стоянов. Представен е списък с публикациите, докладите на конференции и научно популярните публикации за периода от 2019 да 2023 години.

От 2019 г. той е съавтор на **3** статии публикувани в реномирани списания, представил е **3** доклада на международни конференции и лекции на школи. Съавтор е на **7** научно-популярни статии и на **1** научно-популярна книга „Ядрената физика във всекидневието“.

Научни резултати.

Основна тема в научните изследвания на Ч. Стоянов е развитие и приложение на Квазичастично-фонония модел (КФМ) на атомното ядро. Тази работа е започната в Дубна, съвместно с групата на проф. В. Г. Соловьев (ученик на акад. Н. Н. Боголюбов) и след 1981 г. получава развитие в ИЯИЯЕ-БАН, където под ръководството на Ч. Стоянов работят млади специалисти. Квазичастично-фононият модел, в момента е **водещ модел** на атомното ядро алтернативен на **придобилите широка известност модели – модел на взаимодействиящите бозони** (авторите на модела на взаимодействиящите бозони са предлагани няколко пъти за Нобелова награда) и **слоест модел**. Преимущество на квазичастично-фонония модел е, че това е микроскопически модел, обясняващ свойствата на ядрото чрез характеристиките на движението на отделните нуклони. Това дава възможност да се описва по-точно и задълбочено сложната природа на ядрените спектри в широк диапазон на енергията на възбуждане. В рамките на модела са получени редица уникални резултати, недостъпни за други модели. Направени са редица

предсказания, свързани с конкретни ядрени процеси. Голяма част от тях са потвърдени от експеримента.

През последните **20** години научната дейност на Ч. Стоянов включва и теми с приложна насоченост.

Основни приноси в работите на Ч. Стоянов

Изяснен е механизмът на дисипация на едночастичното и колективно движение в атомните ядра, т.е. образуване на т.н. „спредови” ширини на гигантските мултиполни резонанси и високовъзбудените частични и дупчести състояния (**виж статиите в списъка на избрани статии разширен обзор (монография) 1, обзор 2, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 20**) . Този базов резултат позволява детайлно изучаване на редица ядрени процеси:

- Разработен е метод, основан на КФМ за описание на емисия на частици от високовъзбудени състояния в атомните ядра. (**виж статиите в списъка на избрани статии разширен обзор (монография) 1, 24, 25, 29, 34**).
- Разработена е микроскопическа теория за изучаване на свойствата на радиационни силови функции и γ - разпад на слабо възбудени едно-частични състояния (**виж статиите в списъка на избрани статии 4, 11**)
- Разработен е метод за разширяване на базиса на модела чрез включване на три-фононни компоненти в апарата на КФМ. Това позволява точно отчитане на влиянието на диполната поляризация на ядрената сърцевина върху свойствата на $E1$ преходите. Това дава възможност да се изчисли въведения от О. Бор поляризационен диполен ефективен заряд (**виж статиите в списъка на избрани статии обзор 3, 26, 27, 32**).
- Разработен е метод за сепарабелизация на ефективното междунуклонно взаимодействие в атомните ядра (**виж статиите в списъка на избрани статии 31, 41 и цитати**).
- Въведена е нова класификация - **бозонно забранени** преходи, която широко се използва за интерпретация на

ниско-лежащи *M1* преходи (**виж статиите в списъка на избрани статии обзор 3, 30, 32, 34, 37, 40**).

- Разработен е нов (микроскопичен) подход за пресмятане на структурата на състоянията със смесена симетрия в спектъра на сферически ядра (**виж статиите в списъка на избрани статии обзори 4 и 5 и цитати**).
- Разработеният метод за сепарабелизация на междунуклонното взаимодействие успешно се използва при описание на астрофизически процеси (**виж статиите в списъка на избрани статии 55, 56, 61, 62**).
- В сътрудничество с експериментални групи е определена структурата на възбудени състояния в атомните ядра и влиянието и в различни ядени процеси (**виж статиите в списъка на избрани статии 6, 17, 19, 23, 28, 30, 33,35, 38, 39, 45, 46, 57, 60**).
- Разработен е комплексен софтуер за анализ и интерпретация на свойствата на възбудени състояния в сферически ядра в рамките на КФМ. Софтуерът е внедрен у нас, в ОИЯИ, в Института по ядрена физика на Парижкия университет в Орсе, в университетите на Неапол, Гисен, Дармщадт и Румъния ELI-NP.

Основни приноси получени в последните 5 години.

- През последните 5 години разработеният метод за сепарабелизация на междунуклонното взаимодействие успешно се използва при описание на астрофизически процеси. (**виж статиите в списъка на избрани статии**) . Пресметнати са сечения за залавяне на електрони от ядра в нагрятата околност на стелар звезди.

Личният принос на Ч. Стоянов в развитието на КФМ е коментиран от неговите съавтори в раздел Препоръки от комплекта с документи.

Значителни приноси за ядрената физика получени от Ч. Стоянов, получили широка международна известност

(виж частта Някои отзиви за резултати получени от Ч. Стоянов в края на изложението)

Резултатите получени от Ч. Стоянов дават възможност да се правят количествени оценки за базови характеристики на атомното ядро, каквито са формата и параметрите на средното поле в ядрото и вида на остатъчните сили.

Могат да се посочат няколко значителни приноси за ядрената физика получили широка международна известност

- Изясняване на механизма на дисипация на колективното и едночастично движение в атомните ядра и образуване на т.н. „спредови” ширини на гигантските мултиполни резонанси (виж **G. F. Bertsch, Nature**, v. 280 (1979) p. 639; **G. F. Bertsch et al., Rev. Mod. Phys.**, v. 55 (1983) p. 287). **G. F. Bertsch** дълги години е бил главен редактор на списанието **Rev. Mod. Phys.**- списание с най-висок импакт факто по физика.
- **B S Ishkhanov , I M Kapitonov REVIEWS OF TOPICAL PROBLEMS** Giant dipole resonance of atomic nuclei. Prediction, discovery, and research **Physics - Uspekhi** **64 (2) 141 - 156 (2021)** (виж частта *Някои отзиви за резултати , получени от Ч. Стоянов*)
- Изясняване ролята на поляризацията на диполната сърцевина при исколежащите $E1$ преходи. Този принос дава възможност да се изчисли въведения от О. Бор

поляризационен диполен ефективен заряд (виж D. Savran et al., *Progress in Particle and Nuclear Physics* 70 (2013) 210–245 ; W. Andrejtscheff et al., *Phys. Lett. B* v. 506 (2001) p. 239-246) .

- Review

Progress in Particle and Nuclear Physics Available online 11 June 2021, 103887

Gamma spectroscopy with AGATA in its first phases: New insights in nuclear excitations along the nuclear chart

A.Bracco G.Duchêne Zs.Podolyák P.Reiter

„This resulted to be in rather good agreement with predictions from the Quasi Particle Phonon Model (QPM), a theory which was expanded during the years to include couplings to complex configurations.“

(виж частта Някои отзиви за резултати , получени от Ч. Стоянов).

- Микроскопическо описание на състояния със смесена симетрия (виж К. Heyde, P. von Neumann-Cosel, A. Richter, *Rev. Mod. Phys.*, v. 82 (2010) p. 2365) (виж частта *Някои отзиви за резултати , получени от Ч. Стоянов*).

- Разработен е единен подход (теория) за описание свойствата на нисколежащи възбудени състояния в ядра със сферическа симетрия Въведена е нова класификация - **бозонно забранени** преходи, която широко се използва за интерпретация на нисколежащи ***M1*** преходи (виж К. Heyde, P. von Neumann-Cosel, A. Richter, *Rev. Mod. Phys.*, v. **82 (2010) p. 2365**; Low-nergy nuclear spectroscopy in a microscopic multiphonon approach, *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.* v. **39 (2012) p. 043101 (37pp)**). (виж частта *Някои отзиви за резултати , получени от Ч. Стоянов*).

- В публикацията „Nucleon-pair approximation to the nuclear shell model”, *Physics Reports* 545 (2014) 1–45 с автори **Y.M. Zhao, A. Arima**, КФМ се нарежда сред най-използваните съвременни модели

на атомното ядро. **A. Arima** е номиниран за Нобелова награда, като създател на модела на взаимодействията бозони (виж частта *Някои отзиви за резултати , получени от Ч. Стоянов*).

- *arXiv:2208.07843v1 [nucl-th] 16 Aug 2022*

Phys. Rev. C 106, 064316 – Published 15 December 2022

Microscopic response theory for strongly-coupled superfluid fermionic systems

Elena Litvinova^{1, 2, 3} and Yinu Zhang¹

¹Department of Physics, Western Michigan University, Kalamazoo, MI 49008, USA

²National Superconducting Cyclotron Laboratory, Michigan State University, East Lansing, MI 48824, USA

³GANIL, CEA/DRF-CNRS/IN2P3, F-14076 Caen, France

(Dated: August 17, 2022)


The explicit coupling between the quasiparticles and phonons, commonly referred to as the particle-vibration coupling (PVC) is the leading mechanism of the long-range correlations in nuclear medium. Semi-phenomenological models of the PVC based on effective in-medium interactions [10, 19–29] provided **invaluable** knowledge about this phenomenon in nuclear structure.

[10] G. Bertsch, P. Bortignon, and R. Broglia, *Reviews of Modern Physics* 55, 287 (1983)

[19] P. F. Bortignon, R. A. Broglia, and D. R. Bes, *Physics Letters* 76B, 153 (1978).

[29] N. Lo Iudice, V. Y. Ponomarev, C. Stoyanov, A. V. Sushkov, and V. V. Voronov,

Journal of Physics G39,043101 (2012)

- Разработен е метод за включване на три-фононни компоненти в апарата на КФМ (**PHYSICAL REVIEW C 95, 054312 (2017)**). (виж частта *Някои отзиви за резултати* , *получени от Ч. Стоянов*)
- През последните 5 години разработеният метод за сепарабелизация на междунуклонното взаимодействие успешно се използва при описание на астрофизически процеси (**PHYSICAL REVIEW C 95, 054312 (2017); Progress in Particle and Nuclear Physics 107 (2019) 69–108**) (виж частта *Някои отзиви за резултати* , *получени от Ч. Стоянов*)
- В свръхтехнологичния изследователски център по фотоника и лазерна физика в Мъгуреле, Румъния ELI-NP („Екстремна светлинна инфраструктура – ядрена физика“) се използват разработени от групата на Ч. Стоянов в София методи, които понастоящем са сред основните теоретически подходи в института (виж **Current status and highlights of the ELI-NP research program**  **Matter and Radiation at Extremes 5, 024402 (2020)**)

Научно-приложни резултати.

През последните **25** години научната дейност на Ч. Стоянов включва и теми с приложна насоченост. Избрани резултати са представени в частта **APPLICATION OF NUCLEAR METHODS** (виж статиите в списъка на избрани статии)

По-важните приложни приноси са:

- В сътрудничество с ОИЯИ-Дубна, група ръководена от чл. кор. Ч. Стоянов работи по създаване на релативистка ядрена технология за получаване на енергия и преобразуване (трансмутация) на радиоактивни ядра, т.е. ликвидиране на ядрени отпадъци, включително от енергетични ядрени реактори чрез ядрени методи – **проект „Енергия & Трансмутация” (Тема ОИЯИ-Дубна , Болгария, INRNE BAS, Стоянов Ч. + 4 чел.; Совместные работы) (виж статиите в списъка на избрани статии).**

Чрез използване на симулационни програми се прави пресмятане на енергийното и пространствено разпределение на неутронни потоци, получени в дебели мишени след облъчване с протони и деутерони с енергии над 1 GeV. Резултатите се използват за определяне на оптималните размери на мишените. След 2016 са представени 3 доклада на международни конференции. **През 2018 г. по тематиката е защитена дисертация за научната степен „доктор”.**

- Работа по определяне на елементния състав на археологически образци чрез използване на ядрени методи. Изследванията са направени в рамките на проекта CHARISMA от 7 Рамкова програма на Европейската комисия **(виж статиите в списъка на избрани статии).** Работата е публикувана през 2012 и има вече 30 независими цитата.
- Ръководената от Ч. Стоянов лаборатория е участвала в решаване на важна държавна задача по подобряване на екологичната обстановка на обекти от уранодобивната промишленост. Лаборатория „Ядрена спектроскопия” е работила на експертно и консултативно равнище по

радиология, радиационна защита, дозиметрия и др. изследвания, в реализация на проекти на ЕС по програмата „PHARE” за двата най-важни обекта на уранодобивната промишленост – „Металург”, Бухово и „Звезда”, Елешница **(виж статиите в списъка на избрани статии)**. Получените резултати са включени в защитена дисертация за научната степен „доктор”, ръководител на която е сътрудник на лаборатория „Ядрена спектроскопия и ядрени реакции”.

Приносите разкриват възможност за разширяване на приложната и експертна дейности на ИЯИЯЕ и БАН.

Цитати.

Приоритетът на приносите и тяхната значимост са посочвани многократно в научната литературата, в монографии на водещи автори, в справочници, обзорни статии, доклади и дисертации. Общият брой на цитиранията, надхвърля **2000** (без автоцитатите). Индексът на Хирш на публикуваните трудове с изключване на всички автоцитати е **26** ($h=26$).

Цитатите в Scopus (без автоцитиране) са **1703**, $h=25$,
а в Web of Science (без автоцитиране) са **1904**. $h=25$

Забелязани са над 60 цитата в монографии. Престижен е цитатът на работа 17 (от пълния списък на публикациите) в класическата и широко цитирана монография **P. Ring, P. Schuck, The Nuclear Many-Body Problem, Springer-Verlag, N. Y, 1980.** Друга широко цитирана монография, в която са използвани много от резултатите на Ч. Стоянов е **V.G. Soloviev, Theory of atomic nuclei: Quasiparticles and Phonons, Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, 1992.**

Разширеният обзор (монография) 1 на Ч. Стоянов е цитирана над 150 пъти, работите му 17 и 83 (от пълния списък на публикациите) са цитирани над 100 пъти. Голяма група статии са цитирани над 50 пъти. Част от тези цитати са в монографии и базови обзори по ядрена физика.

Цитатите в дисертации и дипломни работи са над **100**. Значителен е броят на цитатите в справочници. Например, цитатите в справочната серия Nuclear Data Sheets са над 40.

Някои статии, публикувани през 70-те и 80-те години на 20 век се цитират почти всяка година до днес.

Броят на цитиранията от 2019 г. (без автоцитиране) е над **300**.

Педагогическа дейност.

- Под ръководството на чл. кор. Ч. Стоянов са защитени **7** докторски дисертации (**през 2018 е защитена една от тях**) и **6** дипломни работи.
- Чл. кор. Ч. Стоянов е организиран много международни конференции и школи за млади специалисти.
- Изготвил е учебна програма за дисциплината “Съвременни модели на атомното ядро” към Природо-математическия факултет на ЮЗУ „Неофит Рилски“, Благоевград (30 ЧАСА ЛЕКЦИОНЕН МАТЕРИАЛ И 30 ЧАСА ПРАКТИКУМ)
- Чел е лекции на български учители в ЦЕРН.

Научно-организационна дейност

Организация на конференции.

Ч. Стоянов участва активно в организирането от ИЯИЯЕ на международни школи по ядрена физика, неутронна физика и приложения. От 1989 до 1999 г. той е зам. председател на Организационния комитет на школите. От 2001 до 2015 е председател на Организационния комитет на **8** школи. Лекциите прочетени на школите след 2009 г. са включени в сборници, съставени и редактирани от Ч. Стоянов. Четири от сборниците са отпечатани в престижното списание **Journal of Physics: Conference Series**.

Бил е член на Комитета на съветниците на **7 Международни конференции по ядрена физика**, проведени в ОИЯИ-Дубна и на една Международна конференция проведена в Италия.

През септември 2015 беше проведен, за пръв път в България,

традиционния международен симпозиум **-International Symposium on Exotic Nuclei (ISEN-2015) September 6 - 12, 2015 Varna**. Ч. Стоянов беше съпредседател на Оргкомитета.

Ч. Стоянов е председател на Оргкомитета на провежданите у нас „Дни на ОИЯИ в България”. На тези срещи, сътрудници на ОИЯИ представят пред български студенти и учители дейността на ОИЯИ. До 2018 г. са проведени 11 издания на школата.

През 2018 г. в България се проведе голяма международна конференция **"Nuclear Structure and Related Topics 2018" (NSRT18)**. Ч. Стоянов беше ко-директор на конференцията.

Участие в редколегии и международни организации.

Член е на редколегиите на списанията:

- „Доклади на БАН” (от 2010 до 2022)
- „Български физически журнал”. (до сега)
- Член е на редколегията на международното списание Physics of Elementary Particles and Atomic Nuclei (от 2012 до сега).
- Бил е член на редакцията на „Доклади на Българското ядрено дружество” (2003, 2005, 2007)
- Светът на физиката (до сега)

Международни разработки

- Участие в проект на Института за ядрена физика в Орсе, Франция „Particle decay of highly excited states” (виж **раздел Препоръки от комплекта с документи**)
- Ч. Стоянов е бил член на **управителния съвет на Project 202914 - NuPNET—ERANET for Nuclear Physics Infrastructures** (2009-2011), на Европейската комисия по програмата Coordination and support action. Чрез този проект е осигурено съфинансирани от фонд „Научни изследвания” в размер от 85000 евро на 4 български групи. Българските групи участват в европейски проекти съвместно с колективи от други страни членки на ЕС. Съвместно с колективи от

европейските страни, българските групи получиха достъп до ресурс от около 2 милиона евро.

- Ч. Стоянов е **ръководил проект СЕСОА (2005-2007)** за изграждане в ИЯИЯЕ-БАН на инфраструктура по ядрена физика. По този проект ИЯИЯЕ-БАН е получил финансиране от МОН в размер от 270 000 лв. С получените средства беше модернизирана инфраструктурата на 4 лаборатории в ИЯИЯЕ-БАН.
- Ч. Стоянов е бил представител на ИЯИЯЕ-БАН в европейския проект за развитие на инфраструктура по ядрена физика EURONS (2007-2011). Проектът беше финансиран с 15 мил. евро от ЕК. Чрез този проект българската ядрена колегия беше легитимирана в европейското изследователско пространство.
- Бил е член на Общото събрание (General Assembly) на проект ENSAR (2012-2014) за достъп до големи европейски експериментални установки. Проектът е финансиран от ЕК в размер от 8 мил. евро. Чрез този проект български експериментални групи получиха възможност да работят на големи европейски установки. Беше осигурена една постдок позиция по теоретична ядрена физика.
- Ръководил е четири двустранни българо-немски проекта с фондацията ДААД. В проектите участваше и група от СУ „Св. Кл. Охридски”.
- Ръководител е на задачи с приоритетно финансиране и грантове в рамките на координираната от АЯР програма „проф. В. Г. Соловьев – акад. Х. Христов” от сътрудничеството с ОИЯИ-Дубна.
- Ръководил е проект PICS в рамките на сътрудничеството на БАН с CNRS (Франция) и проекти с други държави (Израел, Чехия) в рамките на двустранното сътрудничество на БАН.

Договори – финансиране

- Грантове и задачи с приоритетно финансиране от ОИЯИ-Дубна, период 2009 – 2019 г. Общо 194 000 USD
- Договори с германската фондация ДААД, период 2007 – 2013 гг. Общо 97 962 лв
- СЕСОА – 2005–2007 гг., 24 месеца , финансиране 270 000 лв
- EURONS – 9 000 EUR
- NUPNET 45 750 EUR
- SARFEN 25 000 EUR

Награди.

- първа премия на ОИЯИ-Дубна за 1980 г.,
- награда на БАН и СУ „акад. Г. Наджаков” за 1989 г.
- Почетен експерт на Съвета на Европейската културна общност за принос към развитието на българската наука
- През 2014 е награден с Почетен знак на БАН „М. Дринов”.
- Плакет на Агенцията за ядрено регулиране за принос в сътрудничеството между България и ОИЯИ, 2021
- Почетен доктор на Обединения институт за ядрени изследвания – Дубна, избран февруари 2024.

Рецензии и редакторска дейност.

- Редактор е на трудовете на Международната школа по ядрена физика, неутронна физика и приложения – 8 книги, като последните четири са публикувани в престижното списание **Journal of Physics: Conference Series**.
- Редактирал е трудовете на работен семинар проведен в рамките на проекта СЕСОА.
- Бил е рецензент и на редица статии в най-реномирани списания.

- Бил е многократно член на журита за заемане на академични длъжности и придобиване на научни степени.
- Бил е рецензент на конкурси за избор на академици и член кореспонденти на БАН

Принос в укрепване на БАН.

- Председател е на **Консултативния съвет към ръководството на БАН „Енергийни ресурси и енергийна ефективност”** до 2014.
- Член е на **Общото събрание на БАН (2011 -2016)**
- Председател на Комисията по академичната собственост към ОС на БАН.. (**2011 -2016**)
- Член на **Управителния съвет на БАН (2013 -2017).**
- Член на Библиотечния съвет на БАН **2015, 2016.**
- В писмо до Председателя на БАН Н. Съботинов от 10.10.2011, зам. директорът на CNRS---IN2P3 **предлага създаване на френско-българска лаборатория по ядрена физика под ръководството на Ч. Стоянов.** Обсъждането на формата и финансирането на съвместната лаборатория продължиха през 2013 и 2014 (виж приложените документи). **За съжаление поради липса на финансиране от страна на БАН проектът не се реализира.**
- Предложен е от Общото събрание на БАН за Управител на фонд „Научни изследвания” (Протокол **25/15.07.2013 на 6-тото ОС на БАН-виж раздел „за БАН” от комплекта с документи**)
- Член на експертна комисия по Програма за подпомагане на млади учени и докторанти 2017г.
- **В ИЯИЯЕ :**
 - Ръководител на направление „Ядрена физика” и Лаборатория по ядрена спектроскопия и ядрени реакции от **2011 до 2019**

- Председател на Научния съвет на ИЯИЯЕ-БАН от **2011 до 2019**
- Председател на Общото събрание учените в ИЯИЯЕ-БАН от **2007 до 2011**
- Член на Експертния съвет по ядрена физика в ИЯИЯЕ от **2019 до сега**
- Член на Експертния съвет по неутронна и реакторна физика и ядрена енергетика в ИЯИЯЕ от **2019 до сега**

Създаване на научни школи.

Сътрудниците на Лабораторията по теоретична физика в ОИЯИ-Дубна А. И. Вдовин и В. В. Воронов сътрудничат с Ч. Стоянов дълги години. Съвместно със своите ученици те широко използват методи разработени от Ч. Стоянов.

Ученици на Ч. Стоянов, работещи в чужбина, използват разработените под негово ръководство методи.

- Д-р Н. Цонева, успешно защитила докторантка на Ч. Стоянов, работила е в Университета в Гисен (2004 – 2016) и е използвала КФМ за пресмятане на свойства на Пигми резонанс по процедури подготвени в ИЯИЯЕ. Получените от нея резултати са цитирани повече от **1600** пъти. През 2017г е поканена на работа в **свръхтехнологичния изследователски център по фотоника и лазерна физика в Мъгуреле, Румъния ELI-NP („Екстремна светлинна инфраструктура – ядрена физика“)**. Използваните от нея разработени в София методи, понастоящем са сред основните теоретически подходи в института (виж **Current status and highlights of the ELI-NP research**

program  Matter and Radiation at Extremes 5, 024402 (2020))

- Д-р Д. Търпанов е успешно защитил докторант на Ч. Стоянов,. След защита на дисертация той е работил в Университета във Варшава и Ядрения център в Ивашкула във Финландия. Там той е използвал разработения в София метод за сепарабелизация на ефективно нуклон-нуклонно взаимодействие.
- В Университета в Дармщадт работеше д-р В. Пономарев, който използва разработения за КФМ софтуер. Защитил е дисертация „Доктор на науките” в ОИЯИ, използвайки основно методи разработени от Ч. Стоянов.
- Докторантът на Ч. Стоянов, доц. д-р Морис Гринберг беше заместник-ректор на НБУ по качеството, оценяването и атестацията. Съвместните му работи с Ч. Стоянов са цитирани над 150 пъти
- От 2008 в ОИЯИ-Дубна работи А. Северюхин, който използва разработения от Ч. Стоянов метод за сепарабелизация на ефективните остатъчни сили (сили на Скирм). Негови цитати на работи на Ч. Стоянов са повече от 100. Предстои му защита на дисертация „Доктор на науките“ в ОИЯИ Дубна
- В ОИЯИ-Дубна работи А. Джоев, който от 2013г. използва разработения от Ч. Стоянов метод за сепарабелизация на ефективните остатъчни сили (сили на Скирм) за асрорфизически изследвания.

Разработените оригинални методи, които са обогатили и разширили възможностите за микроскопическо описание на структурата на атомните ядра в широк диапазон на енергията на възбуждане са довели до създаване на собствено направление (школа), която се ползва с авторитет в ядрената колегия по света.

Експертна дейност.

- Канен е многократно от Нобеловия комитет по физика да прави **предложения за Нобелова награда. (2010 -2023)**
- Ч. Стоянов е член на **Научния съвет на ОИЯИ-Дубна (от 2011 до сега).**
- Участва като наблюдател от страна на БАН в Експертния съвет по ядрена физика на Европейската научна фондация NuPECC **(от 2008 до 2011).**
- Експерт е към Европейската комисия по програма FISION **(2008, 2009).**
- Член е на **комисията към АЯР** за сътрудничество с ОИЯИ-Дубна . **(2006-2024)**
- Експерт е по Програмата ЕС CORDIS
- Бил е член на Специализирания научен съвет на ВАК по „Ядрена физика, ядрена енергетика и астрономия” от 1998 г. до закриването на ВАК. **От 2007 до 2010 е бил председател на Съвета.**

Някои отзиви за съществени резултати , получени от Ч. Стоянов

Получените резултати са добре познати на специалистите и се цитират от най-авторитетни учени и в най-престижни списания.

- Резултатите на Ч. Стоянов в които е изяснен е механизмът на дисипация на колективното и едночастично движение в атомните ядра се споменават в няколко обзора на **G. F. Bertsch** и съавтори, по-конкретно в **Nature, v. 280 (1979) p. 639** и **Rev. Mod. Phys., v. 55 (1983) p. 287**. На стр. 306 на последното четем: *...” Микроскопически пресмятания за тежки ядра са извършвани от Дехеза (1977), от Соловьев, Стоянов и Вдовин (1977) и от Бортиньон и Броглия (1981). Соловьев, Стоянов и Вдовин използват формализъм чрез*

който частично-дупчестите състояния се третираат като бозонни възбуждания, т.е фонони. Входните състояния са двуфононни възбуждания. Връзката между едно и двуфононните състояния е пресметната пертурбативно като съответната диаграма е показана на рис.23”. ...,, Моделът е използван от тези автори за пресмятане на големината на диполната и квадруполна сила. Теорията правилно възпроизвежда тези стойности”. Ще посочим, че **G. F. Bertsch** дълги години е бил главен редактор на списанието **Rev. Mod. Phys.** Списанието е с най-висок импакт фактор сред физическите списания.

- **Progress in Particle and Nuclear Physics 70 (2013) 210–245.**
Review

Experimental studies of the Pygmy Dipole Resonance, D. Savran
, T.
Aumann, A. Zilges

The high resolution of this method allows for an observation and analysis

of the fine structure of the low-lying E1 strength, which is linked to the

damping mechanism of the PDR. Due to the location below the neutron separation the coupling to complex configurations is the only

mechanism for the resonance damping. In addition, the density of

complex configurations in the energy region of the PDR is not too high,

allowing to account for nearly all of them in a microscopic model. A

theoretical framework in which this coupling to complex configurations can be treated to up to three phonons is the

Quasi

-particle Phonon Model (QPM) [104,105]. Thus, a comparison of the

observed experimental fragmentation to these microscopic model

calculations allows to study if this damping mechanism is well understood.

[104] V.G. Soloviev, Theory of Atomic Nuclei: Quasiparticles and Phonons, Institute of Physics, Bristol, 1992.

[105] V.Yu. Ponomarev, V.G. Soloviev, **Ch. Stoyanov**, A.I. Vdovin, Nuclear Phys. A 323 (1979) 446.

- Приносът, получен в „Микроскопическо описание на състояния със смесена симетрия” е коментирани в обзора **Rev. Mod. Phys., v. 82 (2010) p. 2365**, където четем:
*„Освен това, възможно е да се опишат изоскаларните и изовекторни възбуждания в рамките на Квазичастично-фононния модел с въвеждане на фонони чрез Приближението на случайните фази и след това генериране на състояния в базиса на едно-, два- и три-фононни компоненти. Тъй като този подход има микроскопическа основа, това позволява да се **направи мост между напълно микроскопическия модел и алгебрическия IBM-2 (Lo Iudice and Stoyanov, 2000, 2002, 2004, 2006; Lo Iudice et al., 2009, 2008)**”.*

И още: *„IBM-2 има недостатък, тъй като използваните електромагнитни оператори отчитат само орбиталната част и поради това приносът на специфични спинови компоненти се отчита в средно. Следователно микроскопически техники са необходими, така както те се използват в стандартните слоести модели и квазичастично-фононния подход (КФМ). Подходът КФМ беше използван със значителен успех в областта на вибрационните ядра от Lo Iudice and Stoyanov(2000, 2002, 2004, 2006) and Lo Iudice, Stoyanov et al. (2008)”. „Тези резултати дават подкрепа на IBM-2 пресмятанията в които s и d бозоните са само градивни блокове. Подробни*

результати са дадени за ^{94}Mo (Lo Iudice and Stoyanov, 2000, 2002) and for ^{92}Zr (Lo Iudice and Stoyanov, 2004, 2006)''.

- В статията на теоретици от Техническият университет в Дармщадт С. Walz et al., PRL 106, 062501 (2011) четем: „Подходът КФМ е показал, че отчита успешно ниско енергетичните свойства на голям брой вибрационни ядра [22–24]. При интерпретацията на резултатите в сравнение с IBM-2 и слоестия модел EFT, КФМ изглежда като „завършена теория“, включваща високо енергетични степени на свобода.”

[22] N. Lo Iudice and Ch. Stoyanov, Phys. Rev. C 62 , 047302 (2000)

[23] N. Lo Iudice and Ch. Stoyanov, Phys. Rev. C 73 , 037305 (2006)

[24] N. Lo Iudice, Ch. Stoyanov, and D. Tarpanov, Phys. Rev. C 77 , 044310 (2008)

- В публикацията „Nucleon-pair approximation to the nuclear shell model”, Physics Reports 545 (2014) 1–45 с автори Y.M. Zhao, A. Arima, КФМ се нарежда сред най-използваните съвременни модели на атомното ядро. Например:

„...In Ref. [165] the NPA was applied to study the shallow minimum of the B(E2) values at the middle of the 50–82 shell for even–even Tin isotopes [71]. This minimal B(E2) is interesting, because in the seniority scheme the B(E2) value reaches the peak at the middle of the shell (i.e., N = 66). There have been discussions on this shallow minimum in a few models such as the generalized seniority scheme [70], large-scale shell model calculations [185], relativistic quasiparticle random phase approximation [186], and **quasiparticle phonon model calculations [187]**.

[187] N. Lo Iudice, Ch. Stoyanov, D. Tarpanov, Phys. Rev. C 84 (2011) 044310.

A. Arima е един от авторите на IBM-2 модела и е предлаган няколкократно за Нобелова премия

- Някои съществено положителни оценки на получените резултати може да се намерят и в други публикувани обзори, например **N. Pietralla et al. - Progress in Particle and Nuclear Physics 60 (2008) 225–282**
- **Theoretical Background of the Proton Scattering Experiments**

Christopher Walz

Part of the series Springer Theses pp 45-62

Date: 25 December 2015

Chapter

The Two-Photon Decay of the $11^{-}/2$ Isomer of ^{137}Ba and Mixed-Symmetry States of $^{92,94}\text{Zr}$ and ^{94}Mo

This chapter outlines the relevant theoretical background needed to understand and interpret the measured proton scattering data. This includes a discussion of the proton scattering formalism and the effective interaction utilized to account for the interaction between projectile and target in Sect. [5.1](#). The basics of the Interacting Boson Model 2 (IBM-2) are discussed in Sect. [5.2](#) with special emphasis on mixed-symmetry states. **The properties of the nuclei of interest were calculated in the framework of the QPM which is covered in Sect. [5.3](#).**

The results of the proton scattering experiments are discussed in the framework of the Quasi-Particle Phonon Model. Furthermore the sensitivity of the features of the excitation cross sections of mixed-symmetry states to its special character are discussed in detail.

N. Lo Iudice, and Ch. Stoyanov, Phys. Rev. C 69, 044312 (2004).

- **PHYSICAL REVIEW C 92, 064319 (2015)**

Spectroscopy of ^{232}U in the (p, t) reaction: More information on 0^+ excitations

A. I. Levon, P. Alexa, G. Graw, R. Hertzenberger, S. Pascu, P. G. Thirolf, and H.-F. Wirth

The phenomenologic IBM-1 used in the present paper even in its simplified two-parametric form is known for its capability to study chaos and transitions between order and chaos in the properties of low-lying collective states of even-even nuclei [47,48]. In the microscopic QPM, an introduction of multiphonon states (three and more) seems to be necessary to move from order towards chaos. This idea is supported by the analysis performed for odd nuclei [49,50], where the addition of one-quasiparticle plus two-phonon states (i.e., “5-qp states”) to the standard one-quasiparticle and one-quasiparticle plus one-phonon states led to a fit of the calculated $17/2^+$ ^{209}Pb spectra to the Brody distribution with the parameter $q = 0.6$, thus corresponding to a transitional region between order and chaos.

[49] Ch. Stoyanov and V. Zelevinsky, Phys. Rev. C **70**, 014302 (2004).

[50] Ch. Stoyanov, Rom. J. Phys. **58**, 1096 (2013).

- **PHYSICAL REVIEW C 95, 054312 (2017)**

Influence of complex configurations on the properties of the pygmy dipole

resonance in neutron-rich Ca isotopes

N. N. Arsenyev, A. P. Severyukhin, V. V. Voronov, and Nguyen Van Giai

A powerful microscopic approach is the quasiparticlephonon model (QPM) [22]. Its ability for describing the low-energy nuclear spectroscopy was recently reviewed in Ref. [23]. The model Hamiltonian is diagonalized in a space spanned by states composed of one, two, and three phonons which are generated in quasiparticle random phase approximation (QRPA) [24,25]. The separable form of the residual interaction is the practical advantage of the QPM which

allows one to perform the structure calculations in large configurational spaces. The mean field is modeled by a Woods-Saxon potential well. These are the basic ingredients of the QPM. The single-particle energies and ground-state properties in general are critical quantities for extrapolations of QRPA and QPM calculations into unknown mass regions. A special emphasis on a reliable description of the meanfield part, reproducing as closely as possible the groundstate properties of nuclei along an isotopic chain was done in [26,27]. This is achieved by solving the ground-state problem in a semimicroscopic approach based on a Skyrme energy density functional (EDF) [26,27]. The EDF + QPM calculations have been applied for calculating the low-energy dipole strength [26,27], as well as used for astrophysical applications [28].

[23] N. L. Iudice, V. Y. Ponomarev, C. Stoyanov, A. V. Sushkov, and V. V. Voronov, *J. Phys. G* 39, 043101 (2012).

[24] M. Grinberg and C. Stoyanov, *Nucl. Phys. A* 573, 231 (1994).

[25] V. Yu. Ponomarev, C. Stoyanov, N. Tsoneva, and M. Grinberg, *Nucl. Phys. A* 635, 470 (1998).

[26] N. Tsoneva, H. Lenske, and C. Stoyanov, *Phys. Lett. B* 586, 213 (2004).

- *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.* **34** (2007) R321–R358

TOPICAL REVIEW

Magnetic moments of short-lived excited nuclear states: measurements and challenges

N Benczer-Koller and G J Kumbartzki

These observations led to considerable theoretical work on ^{92}Zr using a truncated shell model (SM) as well as a quasiparticle phonon model (QPM) [99, 100]. The calculations have been extended to include **predictions** for the magnetic moments of these states. The results of the calculations for ^{92}Zr are $g_{2^+_{2\text{ms}}} = +1.07$ (SM) and $+0.72$ (QPM), respectively.

[99] Iudice N Lo and Stoyanov Ch 2004 *Phys. Rev. C* **69** 044312

[100] Lo Iudice N and Stoyanov Ch 2006 *Phys. Rev. C* **73** 037305

- **A.C. Larsen, A. Spyrou, S.N. Liddick et al.**

Progress in Particle and Nuclear Physics 107 (2019) 69–108

.Another successful way to treat the collective modes microscopically is the quasi-particle multiphonon (QPM) model introduced by Soloviev[182,183], Stoyanov and Lo Iudice [185,186], Tsoneva, Lenske and Stoyanov [187], and Tsoneva and Lenske [188]. Within this model, the nuclear eigenvalue problem is solved exactly in a multiphonon space, where the basis states are generated via the Tamm–Dancoff Approximation (TDA) [173]. In particular, studies of the E1 pygmy resonance in incorporating energy–density functional theory with the 3-phonon QPM [162,187] demonstrate the astrophysical impact on calculations of (n,γ) reaction rates for neutron-rich nuclei

[185] Ch. Stoyanov, N. Lo Iudice, Phys. Atom. Nucl. 67 (2004) 1645.

[186] N. Lo Iudice, Ch. Stoyanov, Phys. Rev. C 73 (2006) 037305, and references therein.

[187] Phys. Lett. B 586 (2004) 213

- **REVIEWS OF TOPICAL PROBLEMS**

B S Ishkhanov , I M Kapitonov

Giant dipole resonance of atomic nuclei. Prediction, discovery, and research

Physics - Uspekhi 64 (2) 141 - 156 (2021)

In [52], for example, the coupling of coherent $1p1h$ states to more complicated two-phonon states was for the first time taken into account within the quasiparticle-phonon model for heavy spherical nuclei,

52. Soloviev V G, Stoyanov Ch, Vdovin A I Nucl. Phys. A 288 376 (1977)

- **Progress in Particle and Nuclear Physics**

Available online 11 June 2021, 103887

Review

Gamma spectroscopy with AGATA in its first phases: New insights in nuclear excitations along the nuclear chart

Author links open overlay

panel [A.Bracco](#)^{ab} [G.Duchêne](#)^c [Zs.Podolyák](#)^d [P.Reiter](#)^e

A short description of AGATA

AGATA (Advanced Gamma Tracking Array) is a European research project with the aim of developing and building a 4 π gamma-ray spectrometer of the next generation. It will be used in experiments utilising both intense stable and radioactive ion beams, to study the structure of atomic nuclei as a function of angular momentum, isospin, and temperature at the limits of their stability.

The work was motivated by the search of electric dipole strength at energy below the neutron binding energy and to determine its evolution with neutron number. In the case of the stable Sn and Xe nuclei, having the longest chains of isotopes, their E1 strength was found to be more fragmented and to have a marked increase with increasing neutron number. **This resulted to be in rather good agreement with predictions from the Quasi Particle Phonon Model (QPM) [189], a theory which was expanded during the years to include couplings to complex configurations.**

This ratio was also calculated within the **framework of QPM model [189]. This model is well suited to describe the E1 strength at low energy and it has been widely used from the late 90's to describe the extensive existing data of pygmy states from (γ, γ') experiments.** An important feature of this model is the inclusion of complex configurations by going beyond the simple one-particle one-hole (1p-1h). The QPM predictions, shown in comparison

with the data in the right panel of Fig. 44), are indeed very different when only (1p-1h) states are included and to reproduce the data (3p-3h) configurations have to be also included. The ambition for the future is to go more in depth into this interesting problem by performing experiments with more statistics also in nuclei further away from stability.

[189] V. Y. Ponomarev et al., Nucl. Phys. A 323 (1979) 446.

(V. Yu. Ponomarev, V. G. Soloviev, **Ch. STOYANOV**, A. I. Vdovin.

Magnetic Quadrupole Resonance in Spherical Nuclei.

Nucl. Phys., v. **A323** (1979) pp. 446-460.)

- *arXiv:2208.07843v1 [nucl-th] 16 Aug 2022*

Phys. Rev. C 106, 064316 – Published 15 December 2022

Microscopic response theory for strongly-coupled superfluid fermionic systems

Elena Litvinova^{1, 2, 3} and Yinu Zhang¹

¹Department of Physics, Western Michigan University, Kalamazoo, MI 49008, USA

²National Superconducting Cyclotron Laboratory, Michigan State University, East Lansing, MI 48824, USA

³GANIL, CEA/DRF-CNRS/IN2P3, F-14076 Caen, France

(Dated: August 17, 2022)

The explicit coupling between the quasiparticles and phonons, commonly referred to as the particle-vibration coupling (PVC) is the leading mechanism of the long-range

correlations in nuclear medium. Semi-phenomenological models of the PVC based on effective in-medium interactions [10, 19–29] provided **invaluable** knowledge about this phenomenon in nuclear structure.

[10] G. Bertsch, P. Bortignon, and R. Broglia, *Reviews of Modern Physics* 55, 287 (1983)

[19] P. F. Bortignon, R. A. Broglia, and D. R. Bes, *Physics Letters* 76B, 153 (1978).

[29] **N. Lo Iudice, V. Y. Ponomarev, C. Stoyanov, A. V. Sushkov, and V. V. Voronov,**

Journal of Physics G39,043101 (2012)