

8. Авторска справка за приносния характер на трудовете

Основните научни интереси на кандидата са областта на експериментално изследване на ядрената структура. Научните приноси са по пет тематики свързани с експериментално изследване на ядрената структура, а именно: изследвания на състояния със смесена протон-неутронна симетрия, изследвания свързани с ядрената квадруполна колективност, изследвания свързани с ядрена хиралност, изследвания на магнитна ротация, изследвания на ядрото при високи ъглови моменти, и методологически приноси. Резултатите са получени от експерименти проведени в големи лаборатории в Европа и САЩ. Кандидатът е бил ръководите и/или водещ изследовател на множество подобни експерименти (виж предложенията за експерименти С1 – С11 в списъка на публикациите).

Приноси свързани с изучаването на ядрени състояния със смесена протон-неутронна симетрия

Състоянията със смесена протон-неутронна симетрия са колективни ядрени състояния, които се характеризират със вълнова функция, която е антисиметрична по отношение размяната поне една протона двойка с неутронна такава. Тези състояния отразяват изоспиновия, дву-флиуден характер на ядрената система. Динамиката на тези ядрени състояния отразява пряко баланса между едно-частичните, колективните и изоспинови степените на свобода. В четно-четни ядра едно-фононните състояния със смесена симетрия, $2^+_{1,ms}$, се разпадат със силен $M1$ преход до едно-фононното състояние с пълна симетрия, 2^+_1 , и със слабо колективен $E2$ преход до основно състояние. Поради това, експерименталното им идентифициране е предизвикателство, т.к. е свързано с измерването на множество характеристики, които до неотдавна не беше възможно да се определят в един единствен експеримент. Приносите на кандидата в изучаването на тези състояния са свързани с експериментално изследване на едно-фононното състояние със смесена симетрия $2^+_{1,ms}$ във вибрационни ядра от масовата област $A=130-140$ и могат да се обобщят както следва:

- За първи път е показано, че в реакции на кулонов възбуждане в обратна кинематика цялата необходима спектроскопична информация за еднозначна идентификация на състояния със смесена симетрия може да се получи в един единствен експеримент (публикации А8, А12, А17, А20, А33, А36, А43, А59, В1 – В7, В10 – В12, В14, В17 – В19, В21, В23).
- Показано е, че горния метод е приложим за стабилни ядра с ниско относително разпространение (А8, А12, А17, А20, А33, А36, А43, А59, В1 – В7, В10 – В12, В14, В17 – В19, В23, В25), които не могат да се изследват, чрез стандартните експериментални техники (А16). Доказано е, че методът е приложим и за идентификация на състояния със смесена симетрия в нестабилни, радиоактивни ядра (А1, А4, А12, В2, В6).
- За първи път е предложена директната връзка между експерименталните характеристики на състоянията със смесена симетрия и едно-частичната структура (А43, А30). Тази връзка е наречена слоеста стабилизация на състоянията със смесена симетрия (А43). На базата на еволюцията на състоянията със смесена симетрия в изотонната верига $N = 80$, феноменологично е получено ефективното протон-неутронно взаимодействие във валентния слой (А8, А17, А20, В1 – В7, В10 – В12, В14, В17 – В19, В23).

- Натрупаната експериментална информация (A1, A4, A8, A12, A17, A20, A30, A33, A36, A42, A43, A59, B1 – B7, B10 – B12, B14, B17 – B19, B23) за състоянията със смесена симетрия доведе до значително развитие на квазичастично-фоннония модел (QPM) и ядрения слоест модел (виж например N. Lo Iudice, V.Yu. Ponamarev, Ch. Stoyanov, V.V. Voronov, J. Phys. G 39, 043101 (2012), D. Bianco *et al.*, Phys. Rev. C 88, 024303 (2013), D. Bianco *et al.*, Phys. Rev. C 86, 044325 (2012), D. Bianco *et al.*, Phys. Rev. C 85, 034332 (2012), D. Bianco *et al.*, Phys. Rev. C 84, 024310 (2011), N. Lo Iudice, Ch. Stoyanov, N. Pietralla, Phys. Rev. C 80, 024311 (2009), N. Lo Iudice, Ch. Stoyanov, D. Tarpanov, Phys. Rev. C 77, 044310 (2008)).

Изследванията на състояния със смесена симетрия представляват съществена част от дисертацията на кандидата за получаване на научната степен „доктор на науките“ (D1). В същото време публикации A1, A4, A33, B1 – B7, B17, B19, B23, B25) не са използвани в дисертацията или други конкурси, в които кандидатът е участвал. Изследванията на състояния със смесена симетрия формират съществена част от научната активност на кандидата към момента и в близко бъдеще. Две експериментални програми за търсене на такива състояния в масовата област 200 – 212 (C3 – данните се анализират) и в радиоактивни ядра (C1 – програмата ще стартира 2015 след обновяване на експеримента ISOLDE в ЦЕРН, C4) са в процес на изпълнение. Физическите проблеми и експерименталната методика, на които се базират тези две програми, са по същество формулирани и разработени в работите на кандидата от последните няколко години (A1, A4, A8, A12, A17, A20, A30, A33, A36, A42, A43, A59, B1 – B7, B10 – B12, B14, B17 – B19, B23).

Приноси свързани с изучаването на ядрена квадруполна колективност

Ядрената колективност е ефект, свързан с многочастичността на ядрената системата. Въпросът как и защо от сложното движение на много нуклеони, в крайна сметка, възниква синфазно движение на група или всички нуклеони, което се проявява чрез прост спектър на възбуждане и силни (колективни) електромагнитни преходи, все още не е разбран напълно. Най-широко прилаганите модели за описание на този тип възбуждания са феноменологични, свързани с въвеждане на ядрена форма, или пък са алгебрични, базирани симетриите на ядреното взаимодействие. Доколкото квадрупол-квадруполното взаимодействие и съответстващите му ядрени квадруполни форми са доминиращи, то експерименталните изследвания на ядрената квадруполна колективност са от съществен интерес. Приносите на кандидата в този тип изследвания са в две насоки – тестване на граничните и точките на фазови преходи на ядрената квадруполна колективност и тестване на приложимостта на нови геометрични модели за описание на квадруполно-колективни възбудени състояния. Приносите на кандидата могат да се обобщят както следва:

- На базата на експерименти по кулоново възбуждане в обратна кинематика е разработен метод за директно тестване на граничните симетрии на модела на взаимодействащите си бозони - IBM (A3, A18). Доказано е, че ядрата на ксеноновите изотопи, за които дълго време се считаше, че се доближават до O(6) граничния случай на IBM, не са такива (A14, B9, B12, B13).

- Експериментално са изследвани колективните структури в ядра намиращи се около критичната точка $X(5)$ (A38) или на прехода от критичната точка $X(5)$ към добрите ядрени ротори (A5, A7, A22, A37, A45, B15). Показано е, че последните се описват най-добре от така наречения β -мек ротор. Изследвани са ядра, за които се предполага, че се намират около критичната точка $E(5)$ (A19).
- На базата на γ -спектроскопична информация са изследвани квадруполните форми на множество ядра. Показано е тяхното проявление в наблюдаваните колективни спектри, взаимодействието между различни ядрени форми и взаимодействието между колективните и едночастични степени на свобода в атомното ядро (A9, A13, A27, A28, A29, A39, A48, A49, A60, A62, A64, A68, A69, A75, A76, B8, B16, B28, B30).

Изследванията на ядрена квадруполна колективност, по специално метода предложен в публикация A18, представляват част от научната дейност на кандидата и към момента. Постигнатите резултати в изследванията на граничните случаи в IBM показваха необходимостта от по-прецизна проверка на съществуването на тези симетрии в атомните ядра. Част от това изследване е експеримента C6, резултатите от които се очаква да се публикуват скоро. От горе споменатите публикации A3, A5, A7, A9, A13, A22, A27, A28, A29, A38, A64, B8, B9, B12, B15, B16, B28 и B30 не са използвани в дисертациите на кандидата или в други конкурси, в които кандидатът е участвал.

Приноси свързани с изучаването на ядрена хиралност

Ядрената хиралност възниква като резултат от спонтанно нарушаване на симетрията ляво-дясно в координатна система свързана с основните оси на ядрото. Това може да се случи само ако ядрото има форма на твърд триосев елипсоид и специфична валентна конфигурация (протоните се намират в орбитали с ниско K , а неутроните в орбитали с високо K или обратното). Научните приноси са свързани с изследването на този ефект в масовите области $A = 130$ и 110 . Основните приноси на кандидата обобщат както следва:

- На базата на γ -спектроскопични експерименти и определени теоретични критерии, валидни към момента на провеждане на експериментите, са открити множество ядра, в които хиралната симетрия може да се счита за нарушена (A15, A32, A50, A51, A56, A61, A63, A65, A66, B24, B27, B29).
- Направен е опит стабилността на хиралната геометрия да се обясни като резултат от взаимодействията между деформираната ядка, валентните протони и валентните неутрони (A35, A63, A65).
- В резултат на решаващ експеримент (предложение за експеримент C10) е показано, че съществуващите критерии за нарушаване на хиралността в атомните ядра са недостатъчни (A24, B20).

Изследванията свързани с ядрена хиралност представляват съществена част от дисертацията на кандидата за присъждане на научната степен „доктор на науките“. Публикации B24, B27 и B29 не са използвани в нея. Към момента, кандидата разглежда тази тематика за затворена от експериментална гледна точка поради липсата на нови, ясни и еднозначни теоретични критерии за нарушаване на хиралната симетрия в атомните ядра.

Приноси свързани с изучаването на магнитна ротация

Магнитната ротация е ядрен ефект, който води до появата на регулярни ротационни ивици в слабо деформирани ядра. При него ъгловия момент в ивиците се генерира от последователно нареждане на индивидуалните ъглови моменти на валентните нуклеони по оста на въртене – ножичен механизъм. Основните приноси на кандидата за изучаването на този ефект са в масовите области $A = 120$ и $A = 80$ и могат да се обобщят както следва:

- Еднозначно е установено наличието на магнитни ивици в ядрата $^{82,83,84}\text{Rb}$ (A21, A70, B30).
- В рамките на изследователските опити да се свърже структурата на магнитни ивици в слабо деформирани ядра с мултиплетните структури в сферични ядра са изследвани високо-спиновите състояния в ядрото ^{90}Y (A72).
- Доказано е, че диполните ивици в ядрата $^{123,124}\text{Xe}$ са магнитни ивици от втори род, в които ъгловия момент се генерира едновременно от ножичен механизъм и колективна ротация (A53, A71, A74).

От споменатите по-горе публикации A21 и B30 не са използвани в дисертациите на кандидата или в други конкурси, в които кандидата е участвал.

Приноси свързани с изучаването на ядрото при високи ъглови моменти

Изследванията свързани с поведението на ядрото при висок ъглов момент основно са концентрирани върху изменението на ядрената форма при нарастване на ъгловия момент (A10, A67, A73, B22) и ефекта на прекъсване на ротационното движение (A46, A55, A77), който е достигане, чрез колективна ротация, до едночастично състояние, което изчерпва целия възможен ъглов момент за валентната конфигурация. Публикации A10, A46 и B22 не са ползвани в дисертациите на кандидата или в други конкурси, в които кандидатът е участвал.

Методологически приноси

Методологическите приноси на кандидата са свързани с провеждането и обработката на данни от експерименти по изучаване на ядрото при екстремно високи ъглови моменти (A40, A41, A47, A52, A57, A58), γ -спектрометрично осигуряване на експерименти по изучаване на фундаментални взаимодействия в атомното ядро (A26, A31), конструиране на специфично оборудване за γ -спектрометрични експерименти (A11, A25), получаване на екзотични ядра (A44) и планиране и провеждане на експерименти с релятивистки ускорителни снопове от тежки, екзотични ядра (A2, A23). Последните приноси са свързани с наскоро стартирала научна програма за изучаване на едночастичната структура (A6) на екзотични ядра (виж предложение за експеримент C2). От гореизброените публикации A2, A6, A11, A26, A31, A44, A52, A57, A58, и B26 не са използвани в дисертациите на кандидата или в други конкурси, в които кандидатът е участвал.

/доц. дфзн Георги Райновски/