XXXII Щорічна конференція ІЯД НАН України - 2025

Report of Contributions

Contribution ID: **3** Type: **Секційна доповідь**

Бета-спектрометр на базі кремнієвого детектора для визначення ^{90}Sr

Friday, May 30, 2025 11:15 AM (20 minutes)

У роботі запропоновано простий метод визначення активності 90Sr в чорнобильських зразках, що базується на комбінації гамма- та бета-спектрометрії, з використанням кремнієвого детектора для визначення відношення активності 90Sr/137Cs, що дозволяє уникнути складних процедур радіохімічного виділення. Для валідації методу було створено бета-спектрометричну систему, розроблено модель бета-спектрометра з використанням бібліотек Geant4, та проведено ряд вимірювань з калібрувальними джерелами та реальними зразками. Отримані результати узгоджуються з паспортними значеннями та свідчать про можливість визначення співвідношення 137Cs та 90Sr у невідомих зразках.

Authors: МАЛЮК, Ігор (ІЯД); ПРОКОПЮК, Ганна (ІЯД); СТРІЛЬЧУК, Микола (ІЯД)

Co-authors: ТРИШИН, Володимир (ІЯД); ЖУКОВ, Олександр (ІЯД)

Presenter: ПРОКОПЮК, Ганна (ІЯД)

Session Classification: Радіоекологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **5** Type: **Секційна доповідь**

Radiation modification of glucose biological activity in *in vitro* experiments

Thursday, May 29, 2025 1:15 PM (20 minutes)

Radiation methods of modifying substances are a promising area in modern physics and biophysics, allowing for targeted changes in the properties of biologically active compounds. Ionizing radiation, interacting with molecules, can cause structural changes, initiate chemical reactions, and affect the biological activity of substances. One of the key mechanisms of this effect is the formation of radiolysis products that can change the reactivity of molecules and their interaction with biological systems.

Glucose is an essential biochemical object involved in metabolic processes and can be a target for targeted radiation modification. The effect of ionizing radiation on its molecular structure and biological activity is relevant in developing new antimicrobial agents.

This study evaluates glucose's antimicrobial activity change after exposure to different radiation treatment regimes. The test microorganisms used were Staphylococcus aureus (including methicillin-resistant strains, MRSA), one of the most common pathogens in medical practice, and Lactobacillus acidophilus, a representative of the normal human microflora that plays an essential role in maintaining the balance of the microbiota.

The work aims to study changes in the biological activity of glucose solutions after radiation treatment, in particular, using the M-30 microtron and a radiation stand with a Pu-α-Be source. The research includes the analysis of structural changes in molecules and their impact on the growth and viability of these bacterial cultures.

The idea of the work is based on the block principle of bioorganic molecules and the possibility of their structural rearrangement by radiation. Different modes of radiation treatment of glucose solutions were used with ionizing radiation sources (IRS) and the M-30 microtron. The M-30 microtron was used as a source of brake gamma radiation using a brake Ta plate (1 mm) and photon neutron radiation by a special assembly that, in addition to Ta, contained a 1 cm thick Pb plate. In the experiment, the fluence of the outgoing beam of accelerated electrons with an energy of 18.5 MeV was recorded, in particular, when the flux reached 5*1014 electrons/cm2 and 5*1015 electrons/cm2 when both γ- and photon neutron irradiation were generated. The samples were placed at a distance of 30 cm from M-30. A radiation stand was also used, realized in the form of a special block house made of neutron stop moderators, containing a Pu-α-Be source, type IBN-VIII; the dose rate γ, n-radiation was 5.0*108 Gy/s, the neutron flux was 2.7-106 neutrons/s. The neutron flux density was measured by a certified radiometer MKC-PM1401K and amounted to 2.05-103 neutrons/(cm2*sec) in the irradiation area at a distance of 10 cm from the IBN-VIII. The total dose/fluence for 566 days of irradiation was 2.63*1012 neutrons/cm2 [1].

Methods and results of microbiological studies. Irradiated and non-irradiated glucose samples in dry powder were provided for the work. Aqueous solutions of 5 % were prepared immediately before the microbiological studies. The daily culture prepared a suspension according to the standard of bacterial suspension turbidity of 0.5 McFarland density units (1.5×108 CFU), which was determined using a densitometer (Den-1). In the study, we used a clinical isolate of Candida albicans. We used a sterile titration plate (96 wells) to perform the analysis. The volume of one well is 250 microliters. Addition of test cultures of 20 microliters (plate) to 200 microliters (plate) of glucose solution and determination of the minimum inhibitory effect by serial dilutions. This was done up to the 8th dilution. The exposure time was 1 hour in a thermostat at 36.8-37°C. Sowing on a suitable selective nutrient medium for microscopic fungi –Sabouraud agar. Seeding was done in 10 microliters using a pipette. Negative and positive controls, solution samples, and m/o cultures were also inoculated. The positive control was 10 microliters of 1.5-108 CFU/ml, and the negative control was 10 microliters of the test solution sample. The experiment was carried out using the in vitro method in a time evolution, with 48 hours between stages.

According to the results of our studies, it was found that all glucose solutions selected for in-depth

research showed different biological activity about the tested strain of Staphylococcus aureus and Lactobacillus acidophilus (Table 1).

Table 1. Results of radiation modification of the biological activity of glucose

№ The name of the solution Initial concentration, CFU/mL Concentration, CFU/mL
Staphylococcus aureus Lactobacillus acidophilus
(stage 1) (stage 2) (stage 1) (stage 2)
1 Glucose, control 1.5·108 >1010 >1010 2,1·105 NG
2 5·1014 –γ 1.5·108 5·1010 >1010 1·1010 NG
3 5·1015 –γ 1.5·108 >1010 >1010 1·108 2,1·105
4 5·1015 –n 1.5·108 >1010 >1010 3·108 1,7·105
5 5·1014 –n 1.5·108 2·1010 >1010 1·108 2·104
6 Pu-Be 1.5·108 1·1010 >1010 1·1010 NG

Note. NG –no growth.

Analyzing the data in Table 1, we can say that for the conditionally pathogenic culture Staphylococcus aureus, microbial growth is stimulated for all tested solutions, and this trend persists over time. For the probiotic non-spore culture Lactobacillus acidophilus, at the first stage, a stimulating effect on the growth of microorganisms was observed in solutions 2 and 6. Still, over time (stage 2), all solutions have an inhibitory effect.
The results of the study of the biological activity of solutions of radiation-activated glucose on the M-30 microtron proved the prospects of radiation technologies for targeted changes in properties and the possibility of creating a line of new biologically active agents on their basis.

1. C.A. Burmei at al. Determination of fungicidal activity of glucose solutions after radiation treatment by in vitro method. In: International Conference «Nuclear Physics in Transcarpathia» (dedicated to the 55th anniversary of the Department of Photo-Nuclear Processes of the IEP of the National Academy of Sciences of Ukraine). Uzhhorod, Ukraine, May 21 - 23, 2024 (Uzhhorod, 2024) p. 183.

Author: BURMEI, Svitlana (Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine)

Co-authors: Ms SVATIUK, Natalia (Institute of Electron Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Uzhhorod, Ukraine); SYMKANYSH, Olesya (Uzhhorod National University, Uzhhorod); MASLYUK, Volodymyr (Institute of Electron Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Uzhhorod, Ukraine)

Presenter: BURMEI, Svitlana (Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine)

Session Classification: Радіобіологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **6** Type: **Секційна доповідь**

Оцінка радіаційного окрихчування модельного зварного шва корпусу реактора ВВЕР-1000 з використанням зразків проекту STRUMAT-LTO

Tuesday, May 27, 2025 2:35 PM (20 minutes)

В рамках міжнародного проекту STRUMAT-LTO проведено дослідження матеріалу, який за хімічним складом нагадує метал зварного шва КР ВВЕР-1000. У доповіді представлено результати випробувань опромінених зразків Шарпі з тріщиною на в'язкість руйнування. Аналіз даних показав, що методологія Майстер кривої може успішно застосовуватися для оцінки перехідної температури T0 металу зварного шва КР ВВЕР-1000 у сильно окрихченому стані.

Author: РЕВКА, Володимир (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Co-authors: Dr ЧИРКО, Людмила (Інститут ядерних досліджень НАН України); Dr ТРИГУБЕНКО, Олександр (Інститут ядерних досліджень НАН України); Mr ШКАПЯК, Олександр (Інститут ядерних досліджень НАН України); Mr ЧАЙКОВСЬКИЙ, Юрій (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Presenter: РЕВКА, Володимир (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Track Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Contribution ID: **7** Type: **Стендова доповідь**

Компактне джерело безперебійного живлення

Tuesday, May 27, 2025 5:25 PM (20 minutes)

Наведено схемотехнічні рішення та конструкція нового компактного джерела безперебійного живлення для низковольтних пристроїв з невеликою потужністю споживання, наприклад мережевих роутерів, коли використання доступних на ринку джерел безперебійного живлення нераціонально.

Author: Mr КОВАЛЬОВ, Олександр (ІЯД)

Co-authors: Mr ГАВРИЛОВ, Олксандр (ІЯД); Mr ДОРОНІН, Михайло (ІЯД); Mr МАЗНИЙ, Іван (ІЯД); Mr СЕМЕНЮК, Олександр (ІЯД); Mr ВОЙТЕР, Анатолій (ІЯД)

Presenter: Mr КОВАЛЬОВ, Олександр (ІЯД)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **8** Type: **Стендова доповідь**

Джерело напруги зсуву для кремнієвих фотопомножувачів

Tuesday, May 27, 2025 5:45 PM (20 minutes)

Наведено схемотехнічне рішення джерела напруги зсуву для кремнієвих фотопомножувачів, яке компенсує їх чутливість до зміни температурного режиму внаслідок залежності напруги пробою від температури і, як результат, коефіцієнта підсилення

Author: Mr ДОРОНІН, Михайло (ІЯД)

Co-authors: Mr ВОЙТЕР, Анатолій (ІЯД); Mr КОВАЛЬОВ, Олександр (ІЯД)

Presenter: Mr КОВАЛЬОВ, Олександр (ІЯД)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **9** Type: **Секційна доповідь**

Йонні циклотронні коливання в омічних розрядах токамаків

Monday, May 26, 2025 3:35 PM (20 minutes)

Йонне циклотронне випромінювання (ЙЦВ), викликане інжекцією пучків нейтральних атомів, йонним циклотронним резонансним нагріванням та реакціями термоядерного синтезу, спостерігалося в багатьох тороїдальних термоядерних пристроях та добре вивчено теоретично. Набагато менше уваги приділялося ЙЦВ в омічних розрядів токамаків. Хоча саме в таких розрядах, ще у 80-х роках [1], вперше спостерігалося ЙЦВ, на даний момент відсутня єдина точка зору стосовно природи ЙЦВ у плазмі без джерел швидких йонів. Цей факт стимулював наші дослідження, спрямовані на вивчення фізичних процесів, відповідальних за збудження хвиль з частотами, близькими до гармонік йонної гірочастоти в омічних розрядах. Зокрема, у нещодавній роботі [2] відкрито новий механізм збудження циклотронних коливань у плазмі з максвелівським розподілом по швидкостях. А саме, було показано, що градієнт температури надтеплових частинок, як йонів, так і електронів, може значно підсилити дестабілізуючий вплив неоднорідності плазми на циклотронні коливання. Проте питання відповідності експерименту розвиненої теорії лишалося відкритим. У цій роботі застосовано критерій нестійкості, отриманий у [2], до конкретних експериментів на сферичному токамаку MAST-U [3]. Знайдено, що зазначений критерій задовольняється при r/a~0.7 на зовнішньому обводі тору, тобто в області плазми де знаходиться джерело ЙЦВ, див. Мал. 1. Крім того, вивчено інший механізм, дестабілізуючий йонні циклотронні хвилі – наявність електричного струму у плазмі токамаків.

[1] W. H. M. Clark, “Measurement of emission in the ion cyclotron frequency range for Ohmic and ICRH discharges in TFR,”in Proceedings of Fourth International Symposium on Heating in Toroidal Plasma, Vol. 1, edited by H. Knoepfel and E. Sindoni, Rome, 1984, Vol.1, pp. 385–391.
[2] Ya.I. Kolesnichenko, V.V. Lutsenko, A.V. Tykhyy, Phys. Plasmas 31, 042107 (2024)
[3] N.A. Crocker et al., “New experimental measurements of core ion cyclotron emission via Doppler backscattering in MAST-U Ohmic plasmas,”in 30th ITPA Topical Group meeting on Energetic Particle Physics (Culham Centre for Fusion Energy, 2023).
Робота підтримана грантом департаменту енергетики США № DE-FG02-06ER54867 через Партнерську угоду P786/UCI між Університетом Каліфорнії, Ірвайн, Науково-технологічним Центром в Україні та Інститутом ядерних досліджень.
Матеріали роботи доповідалися на конференції з енергійних частинок (TMEP-2025), м. Севілья, Іспанія (березень 2025 р.)

Authors: Prof. KOLESNICHENKO, Yaroslav (Institute for Nuclear Research, Kyiv); Dr LUTSENKO, Vadym (Institute for Nuclear Research, Kyiv); Dr TYKHYY, Anton (Institute for Nuclear Research, Kyiv); Dr CROCKER, Neal (University of California, Los Angeles)

Presenter: Dr LUTSENKO, Vadym (Institute for Nuclear Research, Kyiv)

Session Classification: Фізика плазми та керований термоядерний синтез

Track Classification: Фізика плазми та керованого термоядерного синтезу

Contribution ID: **10** Type: **Секційна доповідь**

Оцінка флюенсу нейтронів на корпусі ВВЕР-1000 з використанням альтернативного комплексу кодів

Wednesday, May 28, 2025 3:15 PM (20 minutes)

У тезах запропоновано альтернативний розрахунковий підхід для оцінки флюенсу нейтронів на корпусі реактора ВВЕР-1000, який реалізовано виключно з використанням методів Монте-Карло. Представлено структуру комплексу обчислювальних кодів та описано їх взаємодію. У роботі буде наведено приклади застосування підходу для розрахунків зі свіжою та вигорілою активною зоною.

Author: Dr ІЛЬКОВИЧ, Віктор (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Co-authors: Mr ПУГАЧ, Сергій (Інститут ядерних досліджень НАН України); Dr ПУГАЧ, Олександр (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Presenter: Dr ІЛЬКОВИЧ, Віктор (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Атомна енергетика

Track Classification: Атомна енергетика

Contribution ID: **11** Type: **Секційна доповідь**

Окрихчування високоопроміненого зварного шва корпусу реактора ВВЕР-1000 з високим вмістом нікелю і марганцю

Tuesday, May 27, 2025 11:55 AM (20 minutes)

Одним із критичних питань довгострокової експлуатації енергетичних реакторів з водою під тиском є окрихчування корпусу реактора (КР), спричинене переважно нейтронним опроміненням. Для покращення розуміння багатьох відкритих питань стосовно деградації металу КР під впливом нейтронного опромінення реалізуються різні міжнародні проекти, одним із яких є STRUMAT-LTO, що виконувався у рамках програми Європейського Союзу HORIZON 2020. Однією із задач цього проекту є дослідження впливу несприятливої синергії між нікелем (Ni), марганцем (Mn) і кремнієм (Si) на мікроструктуру та механічні властивості КР при високих флюенсах швидких нейтронів, що відповідають терміну довгострокової експлуатації АЕС (60 років і більше).

Задачею ІЯД НАН України в рамках STRUMAT-LTO було випробування опромінених зразків модельного шва з умовним позначенням «Н» (realistic weld H), що за хімічним складом і режимами термообробки нагадує зварний шов КР ВВЕР-1000, а також реконструювання випробуваних зразків та дослідження їх методами механіки руйнування.

Метою цієї роботи є визначення критичної температури крихкості металу зварного шва Н за результатами випробувань стандартних зразків Шарпі на ударний вигин, а також її зсуву внаслідок опромінення відповідно до різних нормативних підходів.

У номенклатуру досліджуваних в проекті STRUMAT-LTO матеріалів включено вісім зварних швів подібних до металу КР ВВЕР-1000 з вмістом нікелю у діапазоні CNi = 1,26 ÷ 1,94%, марганцю CMn = 0,56 ÷ 1,08% та кремнію CSi = 0,18 ÷ 0,32%. Вміст інших хімічних елементів майже не відрізняється. Особливістю зварного шва Н є високий вміст всіх трьох елементів, які, як вважається, мають найбільший вплив на швидкість радіаційного окрихчування металу КР: CNi = 1,89%, CMn = 1,08% та CSi = 0,32%.

Всі досліджувані матеріали було опромінено потоком швидких нейтронів з енергією понад 1 МеВ до флюенсу 1,11·1024 нейтр./м2. Номінальне значення густини потоку нейтронів на зразки складало ~ 2,75·1016 нейтр./м2·с при температурі опромінення 286 °C. Зразки опромінювалися в рамках експерименту LYRA-10 у дослідницькому реакторі Petten High Flux Reactor.

Дослідження зразків металу зварного шва Н виконувалися в лабораторії «гарячих» камер ІЯД НАН України. Випробування на ударний вигин проводилося на дистанційно керованому маятниковому копрі КМД-30 з максимальною енергією удару 300 Дж.

За результатами випробувань було отримано температурні залежності енергії руйнування і долі в'язкої складової у зламі зразків. Температурні залежності апроксимовано функцією гіперболічного тангенсу згідно з міжнародними підходами. Поєднання таких факторів як висока ступінь опромінення та високий вміст Ni і Mn суттєво вплинуло на форму кривої апроксимації, яка є надзвичайно пологою та має низький рівень верхнього шельфу (USE – upper shelf energy).

Для визначення критичної температури крихкості матеріалу застосовано декілька підходів: діючий в Україні нормативний підхід за СОУ НАЕК 087:2023 [1], міжнародний підхід згідно з ASTM E185 [2], який регламентує визначення температури крихкості на рівні енергії руйнування 41 Дж, та застосування фіксованого критеріального рівня 28 Дж. Визначення критичної температури крихкості на рівні 28 Дж широко застосовується у наукових дослідженнях згідно із стандартом ASTM E1921 [3] для оцінки температури випробувань зразків механіки руйнування. Відповідно до СОУ НАЕК 087:2023 критеріальні рівні для визначення критичної температури крихкості змінюються ступінчасто залежно від границі текучості матеріалу. Для сталі із границею текучості понад 549 МПа значення критеріальних рівнів складають 47,2 і 71,2 Дж.

Значення верхнього шельфу досліджуваного матеріалу становить 47,8 Дж, що є надзвичайно низьким і не дозволяє оцінити температуру крихкості за підходом СОУ НАЕК 087:2023. Через значну пологість кривої Шарпі температури крихкості, визначені на рівнях 41 і 28 Дж, відрізняються на понад 90°C, а їх зсуви на 70°C. Однак, фактично, температуру крихкості на рівні 41 Дж не може бути визначено достовірно, оскільки у нормах ASME [4] вказані обов'язкові вимоги до величини USE, яка має бути не нижчою 68 Дж для опроміненого матеріалу.
Також у роботі виконано апроксимацію функцією гіперболічного тангенсу температурної залежності долі в'язкої складової у зламі. З отриманого графіка виявлено, що температура крихкості, визначена на рівні 41 Дж, відповідає значенню в'язкої складової 94%, тобто значенню, що лежить поблизу верхнього шельфу кривої Шарпі. Це свідчить про те, що для зварного шва Н в опроміненому стані критична температура крихкості може бути штучно завищена. Отже, встановлення лімітуючого значення USE 68 Дж у нормативних документах ASME є виправданим. У цьому випадку оцінку тріщиностійкості рекомендується визначати з використанням експериментальних методів механіки руйнування.
Проект STRUMAT-LTO отримав фінансування від Програми досліджень та навчання EURATOM 2019–2020 згідно з грантовою угодою № 945272.

1. СОУ НАЕК 087:2023. Інженерна, наукова і технічна підтримка. Методика визначення радіаційного окрихчування металу корпусів реакторів за результатами випробувань зразків-свідків.
2. ASTM E185-16. Standard Practice for Design of Surveillance Programs for Light-Water Moderated Nuclear Power Reactor Vessels, Annual Book of ASTM Standards, Volume 12.02, 2016.
3. ASTM E1921-21. Standard test method for determination of reference temperature, T0, for ferritic steels in the transition range // Annual Book of ASTM Standards, 2021. –Vol. 03.01. –P. 1 –39.
4. American Society of Mechanical Engineers, ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III, Division 1, Subsection NB 2300, Fracture toughness requirements for material, New York, NY (2001).

Author: Mr ТРИГУБЕНКО, Олександр (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Co-authors: Mr РЕВКА, Володимир (Інститут ядерних досліджень НАН України); Mr ЧАЙКОВСЬКИЙ, Юрій (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Presenter: Mr ТРИГУБЕНКО, Олександр (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Track Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Contribution ID: **12** Type: **Секційна доповідь**

Представлення експериментальних даних в міжнародну бібліотеку експериментальних даних з ядерних реакцій EXFOR

Tuesday, May 27, 2025 1:55 PM (20 minutes)

Експериментальні дані є основою для створення бібліотек оцінених ядерних даних, необхідних для проведення технологічних ядерно-фізичних розрахунків в галузі атомної енергетики, ядерної фізики та прикладних застосувань, а також для перевірки теорій та гіпотез теоретичної ядерної фізики. Саме тому доступ до експериментальних ядерних даних, отриманих в будь-яких куточках світу, було, є і буде актуальним як для розвитку фундаментальної ядерної фізики, так і для прикладних задач.
Накопичення експериментально отриманих даних та обмін цією інформацією між науковими центрами було започатковано в різних країнах світу ще в кінці 40-х років минулого століття. Згодом, в середині 60-х років, під егідою ООН було підписано угоду про створення 4-х регіональних центрів ядерних даних, основною задачею яких було збір експериментальних даних із закріпленого за центром регіону та передачу цих даних до інших центрів. Для полегшення обміну даними, уніфікації представлення експериментальних даних різними центрами в 70-му році минулого століття було створено першу версію «мови» EXFOR (EX-change FORmat), яка постійно розвивається і доповню-ється, оскільки в світі постійно проводяться нові експерименти та з'являються нові типи експериме-нтальних даних. З часом, коли об'єм експериментальних даних почав різко зростати –виникла пот-реба збору не лише експериментальних даних зі взаємодії нейтронів з ядрами, а із зарядженими час-тинками та гамма-квантами –почали створюватися національні центри ядерних, основною задачею яких перед світовою науковою спільнотою стало збір експериментальних даних, отриманих вченими своєї країни, представлення їх у форматі EXFOR та передача до міжнародної бібліотеки експеримен-тальних ядерних даних.
На сьогодні в світі існує 13 центрів ядерних даних [1-2] (4 з них досі називають регіональними), один з цих центрів Український центр ядерних даних (УкрЦЯД) [3]. З 1998 р. він входить до мережі центрів ядерних даних МЕГАТЕ, і основною задачею якого є компіляція експериментальних ядерних даних, отриманих українськими вченими, і передача їх до Секції ядерних даних МЕГАТЕ для пода-льшого введення в міжнародну базу експериментальних даних з ядерних реакцій EXFOR.
В Табл.1 представлено статистичну інформацію про вміст міжнародної бази експериментальних даних з ядерних реакцій EXFOR на 30 квітня 2025 року

Тавлиця 1. Статистична інформація для EXFOR на 30 квітня 2025 р. [4].
Кількість ENTRY 25302 Кількість експериментальних робіт
Кількість SUBENT 168818 Кількість таблиць даних (може вміщувати дані більше, ніж для однієї реакції)
Кількість наборів да-них 185406 Кількість таблиць даних для реакцій
Кількість даних 20389766 Повна кількість даних

На сьогодні в EXFOR вводяться 27 типів експериментальних ядерних даних (перерізи, парціальні диференціальні перерізи в залежності від кута, диференціальні перерізи в залежності від кута, ⋯, па-рціальні диференціальні перерізи в залежності від енергії) [4].
Перелік інформації з експериментальних даних, отриманих українськими вченими та введених в EXFOR співробітниками УкрЦЯД протягом червня 2024 р. - квітня 2025 р. наведено в Табл.2. Як ви-дно з таблиці, ми зобов'язані вводити результати експериментальних робіт українських вчених, опу-блікованих не лише в періодичних українських виданнях, а в будь-яких світових виданнях. За прави-лами введення в EXFOR [5] ми систематично повинні переглядати українські періодичні видання, перелік яких наведено в Табл.3, та щомісячно надсилати інформацію про відсутність чи наявність в них нових чи повторно опублікованих

експериментальних даних, в разі останнього реєструвати ці роботи під відповідними номерами (Entry). Інформацію про публікації з закордонних виданнях доволі часто надають автори робіт, якщо ні, то згодом цю інформацію надає нам СЯД МАГАТЕ, але в такому випадку введення даних в EXFOR відбувається з деяким запізненням.

Тавлиця 2. Назви журналів, дати випуску, перший автор та номер ентрі в EXFOR експериментальних даних, отриманих українськими вченими та введених в EXFOR протягом червня 2024 р. - квітня 2025 р.

Назва журналу	Дата випуску	Перший автор	Номер ентрі
Український фізичний журнал	1994	L.L. Litvinskiy	32252+spectra
Ядерна фізика та енергетика	2020	S. Yu. Mezhevych	D5189
Питання атомної науки і техніки	2024		
	2024	I.S. Timchenko	
		Ye. Skakun	G4109
			G4110 Curve
East European Journal of Physics	2024-2025(1)	-	
Конференція NPAE 2012	2012	O.O. Gritzay	32238+spectra
Phys. Lett. B	2024	Ih. Kadenko	32253+spectra
Nuclear Physics A	2024	A.M. Savrasov	32254
Sov. J. Nucl. Phys.			
	1991		
	1992	A.S. Goncharov	
		A.S. Dem’yanova	D5204 Curve
			D5205 Curve
Phys. Rev. C			
	2021		
	2022	A.T. Rudchik	
		A. T. Rudchik	D5206 Curve
			D5207 Curve
Applied Radiation and Isotopes			
	2022		
	2023	B.M. Bondar	
		V.I. Kirischuk	D5208
			D5209
Physica Scripta	2024	S.Yu.Mezhevych	D5210
Acta Physica Polonica B	2020	S.Yu.Mezhevych	D5189
Eur. Phys. J.	2020		
	2022		
	2024	O. Bezshyyko	
		V.A. Zheltonozhsky	
		I.S. Timchenko	G4111
			G4112
			G4113
Atomic Data and Nuclear Data Tables	2024	I.S. Timchenko	G4114
Radiation Physics and Chemistry	2024	V.O. Zheltonozhsky	G4115

Тавлиця 3. Українські періодичні видання, що підлягають щомісячному перегляду на вміст даних для введення в EXFOR.

Назва журналу	Мнемокод в EXFOR	Періодичність (вип.. в рік)
Український фізичний журнал	UFZ	12
Ядерна фізика та енергетика	YFE	4
Питання атомної науки і техніки	VAT/I	6
East European Journal of Physics	EEJP	4

На сьогодні існує декілька обов’язкових правил введення даних в EXFOR. Для швидкого і якісно-го введення в EXFOR експериментальних даних автори мають надавати вичерпну інформацію в своїх публікаціях. В доповіді будуть наведені всі основні вимоги до представлення даних в EXFOR, що, сподіваємось, як полегшить авторам роботу над публікаціями, так і

покращить і пришвидшить появу даних в EXFOR.

1. N. Otuka, E. Dupont, V. Semkova et al. Nucl. Data Sheets 120(2014)272.
2. https://www-nds.iaea.org/nrdc/
3. https://ukrndc.kinr.kyiv.ua/
4. https://www-nds.iaea.org/exfor/x4stat/exfor_stat.htm
5. https://www-nds.iaea.org/publications/indc/item.php?key=indc-nds-0902

Author: GRITZAY, Olena (Institute for Nuclear Research NAS Ukraine)

Co-author: Dr KALCHENKO, Oleksandr (Institute for Nuclear Research NAS Ukraine)

Presenter: GRITZAY, Olena (Institute for Nuclear Research NAS Ukraine)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **13** Type: **Секційна доповідь**

Дослідження взаємодії низькоенергетичних протонів з нікелем

Monday, May 26, 2025 5:55 PM (20 minutes)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ НИЗЬКОЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОТОНІВ З НІКЕЛЕМ

А. М. Саврасов, О. А. Федорович, О. А. Рокицький, Є. Г. Костін, В. І. Чурюмов, В. О. Петряков

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

З метою продовження строків експлуатації ядерних реакторів виконуються дослідження впливу взаємодії водню та його ізотопів з конструкційними матеріалами, які використовуються в ядерній енергетиці, зокрема алюмінієм та його сплавами [1-4]. В даній роботі ми продовжуємо дослідження, розпочаті в роботі [5], використовуючи в якості мішені металічні фольги нікелю.
У даній роботі проводилось опромінення фольг нікелю товщиною 150 мкм протонами з енергією до 300 еВ у плазмохімічному реакторі, детальне описання якого наведене у [3]. Було проведено кілька серій опромінень тривалістю 1-4 години, струм розряду складав 6 А. Для фіксації рентгенівського і/чи гамма випромінювання використовувалися плівкові фотодозиметри, які розташовувались в реакторі по два в кожному експерименті по обидва боки від місця горіння розряду. У фотодозиметрах використовувались радіографічні медичні плівки на базі галоїдного срібла. Виміри з них проводились за допомогою установки ІФКУ.
В деяких контрольних експериментах додатково під алюмінієвою підкладкою монтувалась ємність з порошком Eu2O3 для можливої фіксації теплових нейтронів, наявність яких не зафіксована на рівні ≤ 0.005 н/(см2×с). В той же час поглинена доза рентгенівського і/чи гамма випромінювання в чотирьох експериментах перевищувала максимально можливу величину –20 мЗв (див. таблицю 1) і на нижчому рівні фіксувалась в багатьох експериментах. Усі фотодозиметри розташовувались стоячи на бічній поверхні віконцем до місця горіння плазмового розряду. Починаючи з 21 січня ми почали використовувати в кожному експерименті 3-4 фотодозиметри, розташовуючи 1-2 з них зовні реактора впритул до нього.

Таблиця 1. Експерименти на плазмохімічному реакторі з фотодозиметрами ІФКУ.
Дата № Фотодози-метра Доза, мЗв Розташування Особливості

01.04.24 636 ≥20 Справа всере-дині (далі св) Сильно грівся
634 16 Зліва всередині (далі зв)

21.01.25 1451 0.6 зв
670 0 Зліва зовні (далі зз)
1686 0.2 Справа зовні (далі сз)

06.03.25

668 0.2 –
663 0.3
624 20
622 0

11.03.25 1487 0 зз Працювало джерело висо-ковольтних імпульсів, не подавалась напруга змі-щення
1478 1.66 зв
1486 ≥20 св
659 ≥20 сз

26.03.25 1403 ≥20 зз Працювало джерело висо-ковольтних імпульсів, не подавалась напруга

змі-щення
1654 0.6 зв
1479 2.4 св
1444 ≥20 сз

03.04.25 1678 0.8 зв Не працювало джерело високовольтних імпульсів, не подавалась напруга зміщення
1614 0.7 св
1653 0.5 сз

Слід відмітити, що в процесі проведення експериментів на плаваючому електроді накопичується заряд напругою до декількох кВ і тому з певною частотою відбуваються пробої на корпус реактора. Для того, щоб перевірити вплив високовольтних пробоїв на плівку фотодозиметра ми провели контрольний експеримент. Було створено джерело високовольтних імпульсів напругою до 10 кВ, які подавались на вольфрамові електроди, на яких, в свою чергу відбувались пробої. Навколо них на відстані 3 см розміщались фотодозиметри. Експеримент проводився при атмосферному тиску в повітрі. Ці пробої з частотою 1-10 Гц створили дозу –0.4-0.6 мЗв. Як видно з таблиці, джерело високовольтних імпульсів навіть без напруги зміщення сприяло генерації потужного випромінювання, яке призводило до накопичення дози, яка перевищувала максимально можливу величину та в десятки разів перевищувала поглинену дозу, яка була зафіксована в експерименті в повітрі. Це фіксувалось навіть у 1-годинному експерименті. В той же час в експерименті, в якому була відключена і напруга зміщення і джерело високовольтних імпульсів зафіксована поглинена доза на рівні 0.5-0.8 мЗв.
Проводиться аналіз отриманих даних.

1. O.A. Fedorovich et. al. Problems of atomic science and technology 10(4) (2018) 302.
2. O.A. Fedorovich et. al. Problems of atomic science and technology 25(1) (2019) 204.
3. O.A. Fedorovich та ін. Технологія та конструювання в електронній апаратурі 5-6 (2014) 39.
4. A.B. Karabut, E.A. Karabut. Research into spectra of X-ray emission from solid cathode medium during and after high current glow discharge operation. In: 14th International Conference on Con-densed Matter Nuclear Science. Proc. of the 14th Int. Conf., Washington, USA, August 10 –15, 2008 (Washington, 2008) p. 362.
5. А.М. Саврасов та ін. Оцінка рентгенівського/гамма випромінювання при взаємодії низькоенергетичних протонів з алюмінієм. У кн.: XXXI щорічна наукова конференція Інституту ядерних досліджень НАН України - 2024. Мат. конф., Київ, Україна, 27 - 31 травня 2024 (Київ, 2024) с. 156.

Authors: SAVRASOV, Andrij (Kyiv institute for nuclear research); Mr KOSTIN, Evgen (KINR); Dr FEDOROVYCH, Oleg (KINR); Mr ROKITSKYI, Oleksandr (KINR); Mr CHURYUMOV, Vasyl (KINR); Dr PETRIAKOV, Volodymyr (KINR)

Presenter: SAVRASOV, Andrij (Kyiv institute for nuclear research)

Session Classification: Фізика плазми та керований термоядерний синтез

Track Classification: Фізика плазми та керованого термоядерного синтезу

Contribution ID: **14** Type: **Секційна доповідь**

АНАЛІЗ АКТИВНОСТЕЙ БІОЛОГІЧНОГО ЗАХИСТУ І КОНСТРУКЦІЙНИХ ЕЛЕМЕНТІВ РЕАКТОРА ВВР-М

Wednesday, May 28, 2025 5:15 PM (20 minutes)

Число ядерних реакторів в усьому світі, які виводяться з експлуатації збільшується оскільки перші покоління реакторів досягли закінчення свого розрахункового терміну експлуатації. На сьогоднішній день виведені з експлуатації 200 енергетичних реакторів, з яких 12 –після пош-коджень в результаті аварії чи серйозного інциденту, 46 –передчасно з політичних міркувань, 139 –визнані нерентабельними чи такими, які відпрацювали розрахунковий термін експлуатації. Поряд з цим було виведено з експлуатації біля 500 дослідницьких реакторів та декілька па-ливних збірок.

В той же час АЕС є одним з найкрупніших джерел радіоактивного металобрухту та головним споживачем радіоактивно-забруднених матеріалів, які повторно використовуються. Величезна кількість доступного металу та його, переважно, низький рівень радіоактивності передбачають можливість його застосування в майбутніх енергоблоках. З врахуванням усіх типів ядерних установок, які будуть виведені з експлуатації, кількість металобрухту, отриманого в результаті виведення з експлуатації в найближче десятиліття оцінюється в ~ 30 млн. т.

Виходячи з вищевикладеного, метою даної роботи є як вимірювання активностей вищезгаданих радіонуклідів, так і довгоживучих радіонуклідів, розпад яких супроводжується випромінюванням γ-квантів за допомогою фотоактиваційної методики на зразках реактора ВВР-М ІЯД НАН України. Цей реактор знаходиться в експлуатації 65 років та в певній мірі може використовуватись для моделювання активностей при виведенні з експлуатації дослідницьких реакторів.

В конструкційних матеріалах основною гамма-активністю після зупинки реактора і протягом наступних 50 років є активність 60Co. Вона легко вимірюється гамма-спектрометрами, зібраними на базі напівпровідникових детекторів, оскільки при розпаді 60Co випромінюються γ-кванти високої енергії (1173 та 1333 кеВ). Знаючи активність 60Co та співвідношення досліджуваних матеріалів порівняно з домішками кобальту можна розрахувати кількості радіоактивних нуклідів, які напрацьовуються в (n,γ)-реакції. Для визначення співвідношення різних елементів в конструкційних матеріалах ми використовували фотоактиваційну методику [1].

Нами досліджувались зразки бетону (далі зр. №1) та конструкційних матеріалів (виготовлені зі сталі болт, кутник, гайка, шайба (далі зр. 2-5, відповідно)). На рис. 1-2 приведені фрагменти γ-спектрів бетону та шайби після опромінення гальмівними гамма-квантами на мікротроні М-30 Інституту електронної фізики НАН України (м. Ужгород). Інші зразки не опромінювались. Було виконано дві серії опромінень та вимірювань при максимальній енергії електронів (Eгр) 19.5 та 17.5 МеВ. Середній струм електронів складав 1 мкА при Eгр=19.5 МеВ та 2 мкА при Eгр=17.5 МеВ. Розкид електронного пучка по енергії не перевищував 0.25 % і він повністю накривав гальмівну мішень, яка складалася із танталової прямокутної пластини розмірами 5.2×4.6 см та товщиною 1.05 мм. За нею на відстані 8-20 см кріпились досліджувані мішені. За рахунок вищого струму та оптимального розташування мішеней вдалося досягти кращої активації при Eгр=17.5 МеВ.

Спектри мішеней вимірювались на γ-спектрометрах, зібраних на базі HPGe-детекторів фірм Canberra та Ortec з ефективністю реєстрації (15-40)% порівняно з NaI(Tl)-детектором розмірами 3′′×3′′ та блоків електроніки цих же фірм. Енергетична роздільна здатність спектрометрів склала 1.8-2.0 кеВ на γ-лініях 1332 кеВ 60Co.

В γ-спектрах неопромінених зразків спостерігаються наступні довгоживучі радіонукліди: 94Nb (T1/2=2×104 років), 137Cs (T1/2=30 років), 133Ba (T1/2=13 років), 60Co (T1/2=5.27 роки), 152Eu (T1/2=13 років) та 154Eu (T1/2=8.6 років). В опромінених зразках (див. рис. 1-2) спостерігаються активності 57Ni ((γ,n)-реакція на 58Ni), 89Zr ((γ,n)-реакція на 90Zr), 99Mo((γ,n)-реакція на 100Mo). Також спостерігаються активності 47Ca та 43K, як наслідок реакцій

48Ca(γ,n)47Ca та 44Ca(γ,p)43K, відповідно. З цих даних, використовуючи формули активаційного аналізу для даних нуклідів були отримані співвідношення мас необхідних ізотопів по відношенню до маси кобальту та ро-зраховані активності (див. табл. 1-2). В останній стрічці кожної таблиці наведено питомі рівні звільнення (Азв) від регулюючого контролю для кожного радіонукліда.

Рис. 1. Фрагменти γ-спектру активованого зразка №1 при Eгр = 19.5 МеВ. Вставка крайня справа зверху відповідає опроміненню при Eгр = 17.5 МеВ.
Рис. 2. Фрагмент γ-спектру активованого зр. №5 при Eгр = 17.5 МеВ.

Таблиця 1. Співвідношення мас та довгоживучі бета-активності в зразках з дослідницького реактора
Радіонуклід 41Ca (40Ca) 59Ni (59Ni) 63Ni(62Ni) 93Zr (92Zr) 93Mo (92Mo) 99Tc
Співвідношення мас материнського нуклі-ду (в дуж-ках) та 59Co Зр. №1 42080(6300) 1.02(17) 0.054(9) 0.40(6)
Зр. №5 5.2(6) 0.28(3) 0.076(11)
Активність на 01.12.2024 р., мБк/г Зр. №1 52(9) 0.019(4) 1.6(3) 1.7(6)×10-5
Зр. №5 22.0(31) 1870(240) 0,025(4) 3.9(6)×10-4
Зр. №2 0.33(5) 28.0(36) 3.8(6)×10-4 4.1(6)×10-4
Зр. №3 0.23(3) 20.0(26) 2.6(4)×10-4 1.6(2)×10-4
Зр. №4 28(4) 2360(300) 0.032(5) 2.3(3)×10-4
Азв, мБк/г 105 104 103
Таблиця 2. Довгоживучі гамма-активності в зразках з дослідницького реактора
Радіонуклід 152Eu 154Eu 133Ba 94Nb 137Cs 60Co
Активність на 01.12.2024 р., мБк/г Зр. №1 4.0(4) 9.1(9) 4.1(9) 19,0(16)
Зр. №5 240(10) 44.0(22) 5.3(1.1) 190(8) 1470(66) 4430(200)
Зр. №2 67(3)
Зр. №3 8.4(4) 47(2)
Зр. №4 118(5) 20.2(15) 3.6(7) 52.0(23) 5900(250) 5580(240)
Азв, мБк/г 100 - 100
Виміряні активності довгоживучих радіонуклідів, які утворились в конструкційних матеріалах та бетонному захисті за допомогою зразків, відібраних в реакторі ВВР-М. Вперше для даного дослідницького реактору зроблена оцінка внеску довгоживучих радіонуклідів, розпад яких не супроводжується випромінюванням гамма-квантів. Показано, що активності даних радіонуклідів, за виключенням 63Ni є значно нижчими рівнів звільнення, які можуть досягати десятків бекерель на грам.
В цілому можна відмітити, що найбільшу небезпеку представляє 60Co, активність якого для окремих зразків значно перевищує рівень звільнення, який складає 100 мБк/г. Слід також конт-ролювати вміст 63Ni, активність звільнення для якого складає 100 Бк/г.

1. V.A. Zheltonozhsky et al. Jour. of Envir. Rad. 227 (2021) 106509.

Authors: SAVRASOV, Andrij (Kyiv Institute for Nuclear Research); Dr MYZNIKOV, Dmytro (Kyiv Institute for Nuclear Research); Dr KULICH, Nadija (Kyiv Institute for Nuclear Research); Dr SLISENKO, Vasyl (Kyiv Institute for Nuclear Research); Dr ZHELTONOZHSKY, Viktor (Kyiv Institute for Nuclear Research)

Presenter: Dr MYZNIKOV, Dmytro (Kyiv Institute for Nuclear Research)

Session Classification: Атомна енергетика

Track Classification: Атомна енергетика

Contribution ID: **15** Type: **Секційна доповідь**

Dumbbell Shapes in the Super-Asymmetric Fission of Heavy Nuclei

Thursday, May 29, 2025 11:35 AM (20 minutes)

Dumbbell shapes in the super-asymmetric fission of heavy nuclei

F. A. Ivanyuk[1], N. Carjan[2]
[1]*Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*
[2]*National Institute for Physics and Nuclear Engineering, POB MG6, Magurele-Bucharest,Romania*

An improved scission-point model is used to calculate the fission fragment mass distributions (FFMDs) over a large domain of fragment masses for several fissioning nuclei, see [1]. The isotopes of uranium, plutonium, fermi-um, nobelium, hassium and flerovium are studied.
In addition to the standard peak at $A_F = 132$, a pronounced shoulder is found at large mass asymmetries ($A_F = 190$) for all these nuclei, see Fig.1. The probability of this SAF mode relative to the standard mode is increasing with the charge and the mass of the system from 10^{-6} in U to 10^{-2} in Fl.
The extra stability of this rare mode is due to a very large shell effect when the heavy fragment has the mass 190 amu. The corresponding scission shape turns out to be an asymmetric dumbbell with a spherical heavy weight and a deformed light weight. This association of a pecu-liar shape with a minimum of potential energy at scission is valid also at the most probable mass division. There, the octupole-deformed, pear-shaped frag-ments are responsible for the absolute minimum, see [2].
The neck on the heavy fragment side breaks first since it is smaller. The stabil-ity against a second neck rupture is in-vestigated by looking at the slope of the multidimensional potential energy at the position of the light fragment. If there is no temperature in the system, the slope drives the fragment towards a compact shape.
Finally, the total kinetic energy dis-tributions corresponding to the most probable and to the super-asymmetric divisions are calculated for ^{256}No for which the super-asymmetric fission is likely to be measured.
(see figure Fig.1 in the attached materials)

Fig.1. Left: The calculated FFMDs for the isotopes of a few nuclei from U to Fl as a function of the fragment mass number. Right: The average shapes of fissioning nuclei at the scission point at the super mass-asymmetric maximum of FFMD. The colors, black, red, blue, magenta, navy, change from smaller to larger number of neu-trons.

1. F.A. Ivanyuk, N. Carjan. Phys. Rev. C 110 (2024) 064616.
2. G. Scamps and C. Simenel. Nature (London) 564 (2018) 382.

Authors: ІВАНЮК, Федір Олексійович (Інститут ядерних досліджень НАН України); КАРЖАН, Н. (Національний інститут фізики та ядерної техніки, POB MG6, Магуреле-Бухарест, Румунія)

Presenter: ІВАНЮК, Федір Олексійович (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Теоретична ядерна фізика

Track Classification: Теоретична ядерна фізика

Contribution ID: **16** Type: **Секційна доповідь**

Перерізи пружного розсіяння, одержані на основі потенціалу модифікованого методу Томаса-Фермі з урахуванням кору для реакцій ^{18}O + ^{58}Ni та ^{18}O + ^{60}Ni

Thursday, May 29, 2025 1:35 PM (20 minutes)

Перерізи пружного розсіяння, одержані на основі потенціалу модифікованого методу Томаса-Фермі з урахуванням кору для реакцій ^{18}O + ^{58}Ni та ^{18}O + ^{60}Ni

О. І. Давидовська, В. О. Нестеров

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

Вивчення особливостей взаємодії атомних ядер є одним з основних завдань ядерної фізики. Для вирішення такої задачі необхідно знати потенціальну енергію ядерної взаємодії, за допомогою якої можна розрахувати перерізи різноманітних ядерних реакцій. В даній роботі для побудови потенціалу ядерно-ядерної взаємодії ми обрали напівмікроскопічний підхід, а саме модифікований метод Томаса-Фермі [1,2] із залежними від густини силами Скірма, використовуючи параметризацією SkP. При цьому у напівкласичному розкладі кінетичної енергії за ступенями ми враховуємо всі можливі доданки до ^{2}. В рамках даного підходу було розраховано густини розподілу нуклонів та потенціали ядерно-ядерної взаємодії для реакцій $^{18}O + ^{58}\ Ni$ та $^{18}O + ^{60}\ Ni$.

Відмітимо, що у модифікованому наближенні Томаса-Фермі із силами Скірма ядерно-ядерний потенціал на досить малих відстанях між ядрами, коли густини ядер, що зіштовхуються, суттєво перекриваються, має відштовхувальний кор, який пов'язаний зі значної величиною нестискуванності ядерної матерії. Аналогічне відштовхування потенціалу на малих відстанях між ядрами існує, наприклад, в потенціалі Проксіміті. Однак, ядерно-ядерні потенціали з відштовхувальним кором дуже рідко використовуються для опису характеристик розсіяння ядер. Тому дослідження пружного розсіяння важких ядер у модифікованому підході Томаса-Фермі із силами Скірма з урахуванням кора є важливою и актуальною задачею.

Для зручності ми намагалися представити потенціал ядерно-ядерної взаємодії в аналітичній формі. Було знайдено вдалу параметризацію (1), яка добре описує величину розрахованого нами потенціалу

\begin{equation}
V_{FIT}(R) = \frac{-V_0}{1+e^{\frac{R-R_0}{d_0}}}+\left(\frac{V_c}{1+e^{(R-C)/a}}\right)^{5/3}, (1)
\end{equation}

де V_0 , R_0 , d_0 , V_c , та a –параметри підгонки.

На рис. 1, як приклад, показано ядерну частину потенціалу взаємодії для $^{18}O + ^{58}\ Ni$, одержану в модифікованому наближенні Томаса-Фермі, та її апроксимацію за допомогою запропонованого аналітичного потенціалу. Як бачимо, якість такої апроксимації дуже висока, в масштабах графіку відхилення практично непомітні.

Було розглянуто реакції пружного розсіяння для систем $^{18}O + ^{58}\ Ni$ за енергії пучка $E_{lab} =$ 35.1, 46 та 63 МеВ та $^{18}O + ^{60}\ Ni$ за енергії пучка $E_{lab} = 34.5$ та 63 МеВ. Для розрахунку перерізів пружного розсіяння для цих реакцій використовувався отриманий нами у рамках модифікованого наближення Томаса-Фермі вираз потенціалу ядерно-ядерної взаємодії. Також до дійсної частини потенціалу було додано уявну частину (2), яка має наступний вигляд:

\begin{equation}
W(R) = - \frac{W_W}{1 + \exp \left[\left[R - {r_W}({A_1}^{1/3} + {A_2}^{1/3})\right]/{d_W}\right]}
- \frac{W_S\exp \left[\left[R - r_S({A_1}^{1/3} + {A_2}^{1/3}) \right]/{d_S}\right]}{{d_S\left(1 + \exp
\left[\left[R - r_S({A_1}^{1/3} + {A_2}^{1/3}) \right]/{d_S}\right]\right) }^2}, (2)
\end{equation}

де , , , , , - це сила, радіус та дифузність об'ємної (W) та поверхневої (S) частин уявного ядерного потенціалу. Такий вигляд уявної частини потенціалу широко використовується при описи різноманітних ядерних реакцій.
На рисунках 2 і 3, як приклад, показано знайдені нами перерізи пружного розсіяння для систем $^{18}O + ^{58}Ni$ за енергії пучка $E_{lab} = 46$ МеВ та $^{18}O + ^{60}Ni$ за енергії пучка $E_{lab} = 63$ МеВ. Як видно з рисунків, знайдені нами перерізи добре узгоджуються з наявними експериментальними даними. Гарне узгодження з експериментальними даними отримано і для інших енергій пучка [3-5].

Indico rendering error

```
Could not include image: Cannot read image data. Maybe not an image file?
```

Рис. 1. Ядерна частина потенціалу взаємодії для системи $^{18}O + ^{58}Ni$, одержана у модифікованому наближенні Томаса-Фермі (ETF), а також її апроксимація аналітичним потенціалом (VFIT).

Indico rendering error

```
Could not include image: Cannot read image data. Maybe not an image file?
```

Рис. 2. Поперечний переріз пружного розсіяння для системи $^{18}O + ^{58}Ni$ за енергії пучка $E_{lab} = 46$, розрахований в рамках модифікованого наближення Томаса-Фермі з силами Скірма (ETF), залежними від густини, а також експериментальні дані (exp) [4].

Indico rendering error

```
Could not include image: Cannot read image data. Maybe not an image file?
```

Рис. 3. Поперечний переріз пружного розсіяння для системи $^{18}O + ^{58}Ni$ за енергії пучка $E_{lab} = 46$ МеВ, розрахований в рамках модифікованого наближення Томаса-Фермі з силами Скірма (ETF), залежними від густини, а також експериментальні дані (exp) [5].

1. M. Brack, C. Guet and H. B. Hakanson. Phys. Rep. 123 (1985) 275.
2. О. І. Давидовська, В. О. Нестеров. УФЖ 70(4) (2025) 228.
3. E. S. Rossi Jr et al. Nucl. Phys. A707 (2002) 325.
4. J. J. S.Alves et al. Nucl. Phys. A748 (2005) 59.
5. K. E.Rehm et al. Phys. Rev. C12 (1975) 1945.

Authors: ДАВИДОВСЬКА, Оксана Іванівна (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна); НЕСТЕРОВ, Василь Олександрович (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна)

Presenter: НЕСТЕРОВ, Василь Олександрович (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна)

Session Classification: Теоретична ядерна фізика

Track Classification: Теоретична ядерна фізика

Contribution ID: **17** Type: **Секційна доповідь**

Дослідження взаємодії частинок з ядрами у другому борновому наближенні

Thursday, May 29, 2025 1:55 PM (20 minutes)

Дослідження взаємодії частинок з ядрами у другому борновому наближенні

Ю. А. Бережной[1], В.О. Золотарьов[2], В. П. Михайлюк[3],

[1] *Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна , Україна*
[2] *НЦ Харківський фізико-технічний інститут, Україна*
[3] *Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна*

На основі другого Борнового (БН) наближення розроблено підхід, що дозволяє вивчати процеси взаємодії частинок з ядрами в області проміжних енергій. На відміну від підходу, представленому в наших попередніх роботах, де аналітичні вирази для розрахунків поляризаційних спостережуваних пружного розсіяння протонів ядрами було отримано з використанням розкладу потенціалу взаємодії за малими доданками [1, 2], в даному підході розклад потенціалу взаємодії за малими доданками не використовувався [3, 4].
При отриманні аналітичних виразів для амплітуд пружного розсіяння протонів ядрами використовувалось 2-ге БН з потенціалом у формі Вудса-Саксона, а також з потенціалом взаємодії для ядра з різкою границею поглинання, який коригувався для врахування розмиття ядерної поверхні.
Використання 2-го БН обумовлено тим, що у 1-му БН амплітуда розсіяння для Ермітового потенціалу є дійсною величиною, що несумісне з оптичною теоремою. Іншими словами, у цьому випадку область, у якій дійсний Ермітовий потенціал суттєво відрізняється від нуля, діє як джерело частинок. Окрім того, у 1-му БН поляризація частинок для комплексного потенціалу знакопостійна, що суперечить існуючим експериментальним даним, а для Ермітового потенціалу поляризація частинок зі спином 1/2 при їх розсіянні мішенню з нульовим спіном, дорівнює нулю 1. Дані недоліки у 2-му БН усуваються.
Виконано порівняння теоретичних розрахунків з наявними експериментальними даними [5] для диференціальних перерізів та поляризаційних характеристик розсіяння протонів ядрами ^{40} при енергії 200 МеВ.
Показано, що в обох використаних підходах результати виконаних розрахунків доволі добре узгоджуються між собою та з наявними експериментальними даними.

1. Yu. A. Berezhnoy, V. P. Mikhailyuk. Chinese Phys. C2 (2017) 024102.
2. A. V. Babak, Yu. A. Berezhnoy, V. P. Mikhailyuk. Ukr. J. Phys. 65 (2020) 369.
3. Ю. А. Бережной, В. О. Золотарьов, В. П. Михайлюк. Ядерна фізика та енергетика, прийнято до друку (2025).
4. Ю. А. Бережной, В. О. Золотарьов, В. П. Михайлюк. Ядерна фізика та енергетика, прийнято до друку (2025).
5. H. Seifert et al. Phys. Rev. C47 (1993) 1615.

Authors: БЕРЕЖНОЙ, Ю. А. (Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Україна); ЗОЛОТАРЬОВ, В. О. (ННЦ Харківський фізико-технічний інститут, Україна); МИХАЙЛЮК, В. П. (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна)

Presenter: МИХАЙЛЮК, В. П. (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна)

Session Classification: Теоретична ядерна фізика

Track Classification: Теоретична ядерна фізика

Contribution ID: **18** Type: **Секційна доповідь**

Studying the VBF Hjj and Hjjj Higgs Boson Production in QCD and EFT Theory

Thursday, May 29, 2025 3:35 PM (20 minutes)

Studying the VBF Hjj and Hjjj Higgs Boson Production in QCD and EFT Theory

T. V. Obikhod[1], I. O. Petrenko

[1] *Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

The advent of the LHC has transformed hadron physics into a high-precision field, where large pT events at large angles are not uncommon. The search for physics beyond the Standard Model (SM) implies not only the inclusion of higher-order corrections to SM processes but also a change in the search strategy based on theoretical predictions 1. At the same time, it is necessary to have universal and accurate simulations for different models, including not only QCD theory but also others, such as the effective field theory (EFT) 2.

The Higgs boson signal in 2012 was just the beginning of studying its properties: how strongly it interacts with other particles, to see the production and decay modes of the Higgs boson connected with the information on its couplings to elementary particles. The study of the vector-boson fusion (VBF) Higgs boson production processes is related to the accuracy of the electroweak coupling constant measurement, which is necessary to test the mechanism of spontaneous electroweak symmetry breaking. Therefore, it is extremely important to separate VBF events from other background processes, which are achieved by the signature of the VBF process: the Higgs boson is selected in association with two jets that are strongly separated in rapidity and form a two-jet system with a high invariant mass to suppress the contribution of the s-channel. Perturbative next-to-leading order (NLO) corrections to the QCD Higgs boson production event are considered, in which the two hardest jets have a rapidity of less than 4.5, which guarantees their detection in the opposite hemispheres 3.

We also study Higgs boson production via VBF in a three-jet association to match NLO-QCD calculations with the parton shower program. To describe the jet activity properties in VBF reactions, additional jets are used to suppress QCD backgrounds by central jet vetoes. Uncertainties due to parton shower effects are moderate for the third-jet distributions, in contrast to calculations for Higgs production in a two-jet association.

We carried out modeling of the VBF Higgs boson production cross sections with appropriate kinematic restrictions 3. The process modeling within the framework of QCD with and without the NNPDF30_nnlo_as_0118 pdf function was considered. As a part of the search for physics beyond the SM, we compared the modeling of SM, MSSM, and NMSSM processes in the framework of Hjj cross-section calculations, presented in Table 1.

To understand the kinematics of the process and to ensure the correctness of the chosen kinematic constraints, simulations of the distribution of transverse momentum and rapidity were carried out in Fig. 1.

EFT with massive fields finds a broad range of applications in particle physics, including quantum chromodynamics, high spin particles, and dark matter candidates. This method is agnostic to how electroweak symmetry is broken, so the consideration of mass eigenstates allows the formulation of EFT to be much simpler and more convenient for phenomenological applications. In the framework of the Higgs effective field theory 2 we considered its link to a few scenarios of physics beyond the SM and received the corresponding production cross-sections [4].

We also presented a realization of Higgs boson production via VBF in association with three jets. Due to the low virtuality of the exchanged weak bosons, the tagging jets arising from the scattered quarks are located in the front and back regions of the detector, while the central region exhibits little jet activity due to the t-channel exchange. These features can be used to suppress QCD backgrounds with a large cross-section at the LHC. The inclusion of the kinematic constraints and the

use of the MadGraph5_aMC@NLO computer program makes it possible to calculate the cross sections of the three-jet processes.
Comparison of the obtained data for three-jet events with the data for two-jet processes leads us to the conclusion about the same nature of the behavior of the obtained data (with minor exceptions), i.e.: a decrease in the cross-section of the process with an increase in the invariant mass of the two jets; an increase in the cross-section with an increase in the energy at the collider from 13 to 100 TeV; the largest value of the cross-section for the Nmssm model. In addition, we carried out modeling of the BSM theories and found that the largest cross section is for the Nmssm model. Comparison with the EFT, which is popular recently due to its flexibility and universality, led us to the conclusion that the cross sections of the Higgs boson production calculated within the framework of this theory are larger for the EFT SM model compared to the SM QCD calculations. The kinematic distributions constructed by us confirmed a strict dependence on the transverse momentum value and indicated a large number of events at large angles.

Table 1. Production cross-sections for process pp hjj within three models with pdf function.

Fig. 1. Transverse momentum distributions for the pp ⟶hjj process at 14 TeV (left) and for the rapidity for (right).

1. J.Alwall et al. JHEP (2014) 79, Jul 2014.
2. Z.-Y. Dong et al. JHEP (2023) 101, Sep 2023.
3. J.Cruz-Martinez et al. PoS LL2018 (2018) 003.
4. T. V. Obikhod et al. 2025. arXiv:2503.06574 [hep-ph].

Authors: OBIKHOD, T. V. (Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine); PETRENKO, I. O. (Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine)

Presenter: OBIKHOD, T. V. (Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine)

Session Classification: Теоретична ядерна фізика

Track Classification: Теоретична ядерна фізика

Contribution ID: **19** Type: **Секційна доповідь**

Yields of Rare Earth Elements Isotopes Under the Actinide Nuclei Fission

Thursday, May 29, 2025 11:15 AM (20 minutes)

Yields of Rare Earth Elements Isotopes Under the Actinide Nuclei Fission

V. T. Maslyuk, P. S. Derecskei, Z. M Bigan, P. P Puga, N. I. Svatiuk, M. S. Liashchov

Institute of Electron Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Uzhhorod

Rare earth elements (REE) form a special class of chemical elements relatively common in the earth's crust (~1-10 parts per million), but only in trace impurities. Their production requires the processing of significant amounts of ore at high costs. Recent events indicate the considerable strategic importance of REM with broad prospects for producing effective magnets, electronic components for the military and consumer sectors, lasers, dosimeters, etc.
For nuclear physics research, the interest in REM is due to the presence of a number of isomeric states in them, the study of which is important for understanding the structure of the energy levels of atomic nuclei and the kinetics of transitions between them.
In this work, the subject of study is four chemical elements out of 17 known REM –^{62}Sm, ^{66}Dy, ^{67}Ho, ^{70}Yb, the yield of which is studied in the fission of a number of actinides: U, Th, Am. Thus, for Sm, three short-lived isomers $^{139,141,143m}Sm$ are distinguished, one for Dy –^{135m}Dy, a whole series of Ho isomers –158,159,160-164,166mHo and three isomers for Yb: $^{169,176,177m}Yb$. For each of these isotopes, the Weitzeker formula can be used to determine the sets at which the nucleus has the lowest energy:
(Equation 1)
It can also be noted that these isotope isomers fall into the class of neutron-proficient and neutron-deficient nuclei. Using the formula (1) for each of these isotopes, the optimal sets of, which are calculated from the liquid drop model, can be determined. Thus, for Sm, Z=62 value is ~152, stable isotopes are A=144, 150, 154; for Dy, Z=66 value is ~162, stable isotopes are A=158, 160-164; for Ho, Z=67 value is ~164, stable isotope is A=165; for Yb, Z=70 value is ~170-173, stable isotopes are A=168, 170-174.
There are various assumptions about the origin of REE in the Earth's crust, ranging from cosmogenic to actinide fission fragments. Since most REE are heavier than iron, it is possible that they were formed due to supernova nucleosynthesis or s-processes of stellar nucleosynthesis. On the other hand, the fission of heavy nuclei can also be a source of their origin since the entire Periodic Table of Chemical Elements is generated in this process. Establishing the peculiarities of REE isotope yields during actinide fission requires studying the role of nuclear shells and the nature of inter-nucleon interaction.
This paper presents the results of calculations of the yields of Sm, Dy, Ho, and Yb isotopes in the separation of ^{238}U, ^{232}Th, and ^{241}Am isotopes using the statistical method proposed in 1. The NuFi package was used, which considers the fission parameters of fission of the isotopes of fissile nuclei U, Th, Am: nuclear temperature TT, as well as the possibility of emission of beta particles and fission neutrons.
The calculation algorithm involves the stage of creating an ensemble of all possible two-fragment clusters during the fission of the initial nucleus, determining the distribution function of the probability of their realization, and the procedure for separating nuclear clusters containing at least one REE isotope from this ensemble.
After that, a distribution function for each REE normalized by 100% is formed separately, determining the probability of its release for constructing the mass spectrum. In other words, when constructing a mass spectrum of a particular REE, it is essential to determine the probability of a cluster containing both the REE isotope and another isotope whose charge is complementary to the charge number of the fissile actinide. For example, in the fission of a paired ^{238}U nucleus,

the probability of yielding clusters $\{_{62}Sm, _{30}Zn\}$, $\{_{66}Dy, _{26}Fe\}$, $\{_{67}Ho, _{25}Mn\}$, $\{_{70}Yb, _{22}Ti\}$ is determined; for the even-pair ^{232}Th, respectively, $\{62Sm, _{28}Ni\}$, $\{_{66}Dy, _{24}Cr\}$, $\{_{67}Ho, _{23}V\}$, $\{_{70}Yb, _{20}Ca\}$, and, finally, for the odd-even isotope ^{241}Am –$\{_{62}Sm, _{33}As\}$, $\{_{66}Dy, _{29}Cu\}$, $\{_{67}Ho, _{28}Ni\}$, $\{_{70}Yb, _{25}Mn\}$. Therefore, the mass spectrum of Sm, Dy, Ho, and Yb isotope yields during heavy nuclear fission will be formed under the influence of various factors: dependence of their specific energy on the isotope mass, core temperature, influence of magic proton/neutron numbers 20, 28, 50, 82, and 126, as well as entropic effects that determine the equilibrium state of the 2-fragment cluster.

Fig. 1 shows the results of calculating the mass spectra of Sm, Dy, Ho, Yb isotopes in the fission of ^{238}U, ^{232}Th, and ^{241}Am isotopes obtained using the database 2.

As can be seen, the emission of nuclear particles and the increase in the initial nucleus's excitation energy (temperature) shifts the REE isotope spectra to the region of mass numbers determined by formula (1).

The authors are grateful to V.Y. Denisov for his assistance in the calculations of this work.

Fig. 1. Mass spectra of Sm, Dy, Ho, and Yb isotopes at different fission schemes of actinide nuclei: a) Ho isotopes during the separation of isotopes ^{238}U, ^{232}Th, ^{241}Am; b) Sm, Dy, Ho, Yb isotopes at ^{238}U fission; c) mass spectra of Ho isotopes without and including ^{238}U neutron emission; d) the same Ho spectra obtained for different fission temperatures of ^{232}Th.

1. V. T. Maslyuk et al. Transformations of actinides fission product yields due to post-scission emission of nuclear particles: 232Th. Canadian Journal of Physics. 99 (11) (2021). https://doi.org/10.1139/cjp-2020-0356.
2. M. Wang et al. The AME 2020 atomic mass evaluation (II). Tables, graphs and references. Chinese Phys. C. 45 (3) (2021). DOI: 10.1088/1674-1137.

Authors: MASLYUK, V. T. (Institute of Electron Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Uzhhorod); DERECSKEI, P. S. (Institute of Electron Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Uzhhorod); BIGAN, Z. M. (Institute of Electron Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Uzhhorod); PUGA, P. P. (Institute of Electron Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Uzhhorod); SVATIUK, N. I. (Institute of Electron Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Uzhhorod); LIASHCHOV, M. S. (Institute of Electron Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Uzhhorod)

Presenter: MASLYUK, V. T. (Institute of Electron Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Uzhhorod)

Session Classification: Теоретична ядерна фізика

Track Classification: Теоретична ядерна фізика

Contribution ID: **20** Type: **Секційна доповідь**

Програма модернізації одноярусних контейнерних збірок зі зразками-свідками металу корпусу реактора ВВЕР-1000

Wednesday, May 28, 2025 3:35 PM (20 minutes)

У цій роботі на прикладі модернізованої програми зразків-свідків металу корпусу реактора ВВЕР-1000 одного з енергоблоків АЕС України, яка вже знаходиться на стадії практичної реалізації, розглянуто вдосконалену схему модернізації одноярусних контейнерних збірок, що враховує перехід на ТВЗ-WR виробництва компанії Westinghouse

Author: ГРИЦЕНКО, Олександр (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Co-authors: ДЄМЬОХІН, Владислав (Інститут ядерних досліджень НАН України); БУКАНОВ, Володимир (Інститут ядерних досліджень НАН України); ПУГАЧ, Олександр (Інститут ядерних досліджень НАН України); ВАСИЛЬЄВА, Олена (Інститут ядерних досліджень НАН України); ПУГАЧ, Сергій (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Presenter: ГРИЦЕНКО, Олександр (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Атомна енергетика

Track Classification: Атомна енергетика

Contribution ID: **21** Contribution code: **ПЛЗ** Type: **Пленарна доповідь**

Високоградієнтне кільватерне прискорювання заряджених частинок в плазмі

Monday, May 26, 2025 12:00 PM (35 minutes)

Плазма розглядається як середовище, що підтримує високоградієнтні електромагнітні хвилі, електричне поле яких сягає (/) = $[n_p\,(^{-3})]^{1/2}$, тобто в плазмі щільністю $n_p = 10^{18}\ ^{-3}$, $= 10^9$ /. В запланованих до вводу в дію колайдерів, що призначені для фізики високих енергій, темп прискорювання, обмежений електричним пробоєм металевої структури, є на 3 порядки меншим (30 / в ILC (Японія); 100 / в CLIC (ЦЕРН, ЕС).
Використання плазми як прискорювальної електродинамічної структури дозволяє радикально зменшити габарити та вартість майбутніх колайдерів, базованих на нових методах високоградієнтного прискорювання кільватерними полями, що збуджуються в плазмі пучковим (згусток з великим зарядом) або електромагнітним (потужний лазерний імпульс або високовольтний однополярний імпульс) драйвером.
Представлені основні результати теоретичних та експериментальних досліджень такого методу прискорювання заряджених частинок у плазмі, проведених в ННЦ ХФТІ та у світі. Обговорено стан робіт по цьому напрямку та деякі перспективи.

Author: ОНІЩЕНКО, Іван (ННЦ ХФТІ)

Presenter: ОНІЩЕНКО, Іван (ННЦ ХФТІ)

Session Classification: Пленарне засідання

Track Classification: Фізика плазми та керованого термоядерного синтезу

Contribution ID: **22** Type: **Секційна доповідь**

Цитогенетичні маркери за умов внутрішнього впливу різних типів опромінення

Thursday, May 29, 2025 12:55 PM (20 minutes)

Пошук нових радіаційних біомаркерів для різних типів опромінення та методів їх аналізу, наразі, є пріоритетною задачею в контексті радіаційного захисту людини. Найбільш перспективними, у цьому аспекті, вважають методи , що застосовують для аналізу молекулярно-біологічних процесів на різних регулятивних рівнях, таких як ДНК, мРНК, білки та метаболіти 1. Однак, доза отримана ДНК пов'язана з впливом опромінення на ДНК і не корелює з ефектами на вищому рівні організації (клітина чи орган), оскільки механізмів відновлення ДНК багато, і немає прямого зв'язку між молекулярним та клітинним ефектом. Така ж проблема переважає для клітинних ефектів, які не обов'язково корелюють з тканинними ефектами, через здатності регуляції (апоптоз і оновлення клітин). На даний час одним із найбільш чутливих та інформативних методів біодозиметрії є оцінка частоти аберацій хромосом у Т-лімфоцитах периферичної крові.

Author: Ms КУРОЧКІНА, Віта

Presenter: Ms КУРОЧКІНА, Віта

Session Classification: Радіобіологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **23** Type: **Секційна доповідь**

МОДЕЛЮВАННЯ АКТИВНОСТІ РАДІОНУКЛІДІВ У ГЕЛОФІТІВ ПРИ ГІПОТЕТИЧНОМУ ЗАБРУДНЕНІ РИБОГОСПОДАРСЬКИХ ВОДОЙМ

Friday, May 30, 2025 11:55 AM (20 minutes)

Метою роботи була оцінка ефективності вилучення надземних органів гелофітів у короткостроковій перспективі після разового аварійного надходження радіонуклідів до рибогосподарських водойм, які характеризуються різним ступенем заростання.
За розробленою моделлю, оцінили ступінь самоочищення надземних органів рослин через 1–3, 10 та 30 діб після моменту надходження радіонуклідів до водойми. Вважали, що заростання нагульних ставків гелофітами становить 10–40 %. Запропоновані методи моделювання оцінки розподілу радіонуклідів в екосистемі можуть використовуватися при заростанні рибогосподарських водойм гелофітами до 50 %.
Виконані розрахунки дозволили оцінити ефективність дезактивації рибогосподарських водойм за рахунок вилучення надземних органів гелофітів, яка залежить від фази розвитку рослин у період аварійного надходження радіонуклідів до екосистеми та ступеню заростання водойми. Найбільш ефективним для очищення водойм буде видалення рослин у випадку аварійного надходження радіонуклідів повітряним шляхом у пік вегетації за умов впровадження контрзаходів упродовж 1–3 діб після забруднення –від 10 до 40 % кожного радіонукліда, що надійшли до екосистеми. З плином часу кількість радіонуклідів, зосереджених у надземних органах, буде швидко зменшуватися за рахунок їхнього виведення з рослин, і якщо надземні органи гелофітів видалити через 30 діб після аварійних випадінь, з водойми можна вилучити від 2 до 10% радіонуклідів стронцію, рутенію та цезію, радіонуклідів церію –від 6 до 24 %.
У випадку аварійного забруднення екосистеми через місяць після початку вегетації (сценарій 4) упродовж 1–3 діб після надходження радіонуклідів з надземними органами гелофітів можна видалити, у залежності від ступеню заростання, від 6 до 24 % радіонуклідів, що надійшли до водойми.
За сценаріями 1–3 у надземний частині гелофітів максимальна кількість радіонуклідів буде зосереджена приблизно з 1 липня по 1 вересня, і їхнє видалення у цей період дозволить вилучити з екосистеми, в залежності від ступеню заростання водойми, до 13 % радіонуклідів церію, 2,3 % радіонуклідів рутенію, і лише до 2% 90Sr або 137Cs.
Тобто метод фітодезактивації рибогосподарських водойм шляхом видалення надземних органів гелофітів можна вважати достатньо ефективним у разі впровадження контрзаходів упродовж 10 діб після аварійного надходження радіонуклідів.
Через місяць та більше після аварійних випадінь радіонуклідів на поверхню рибогосподарських водойм та при хронічному надходженні радіонуклідів до екосистем ефективність контрзаходів за рахунок вилучення надземних органів гелофітів буде незначною, що узгоджується з проведеними раніше оцінками розподілу радіонуклідів між абіотичними та біотичними компонентами водойм.

Author: Dr VOLKOVA, Olena (Institute of Hydrobiology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine of the)

Co-author: Dr БЕЛЯЄВ, ВОЛОДИМИР (Institute of Hydrobiology, National Academy of Sciences

of Ukraine, Kyiv, Ukraine of the)

Presenter: Dr БЕЛЯЄВ, ВОЛОДИМИР (Institute of Hydrobiology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine of the)

Session Classification: Радіоекологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **24** Type: **Секційна доповідь**

Dynamic-algebraic model of the Universe formation and the physics of portals

Thursday, May 29, 2025 3:15 PM (20 minutes)

Dynamic-algebraic model of the Universe formation and the physics of portals

S. O. Omelchenko

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

1) Practical applications of the dynamical-algebraic model (DAM) 1 of the formation of the Universe are proposed through the introduction of the physics of "portals" based on it, which are an extended concept of the neighborhoods of critical points of various critical phenomena. Earlier [1–6], a hypothesis of a phase transition-decomposition of the mother universe was proposed, which is described by a matrix representation of the semisimple Clifford algebra (CA) $Cl_{1,9}$ [7, 8]. $Cl_{1,9}$ decomposes as the starting mother "algebra-space" into the direct sum of CA $Cl_{1,3}$ (which corresponds to our Universe) and the residuals from the full decomposition of the "algebra-universe" $Cl_{0,4}$ and $Cl_{0,6}$, which have a degenerate time degree of freedom. The reason for such a phase transition, that is, a change in the topology of space and the order parameter, could be the fluctuation of physical time, the manifestations of which now remain only in our Universe.

2) The very high probability of such a decomposition can be confirmed by using the Frobenius theorems [7, 8], the Wedderburn theorem [9], and the general properties of the internal symmetry of CA-complements or two-sided ideals formed after the full decomposition of $Cl_{1,9}$:

$$\mathrm{Cl}_{1,9} \cong Cl_{1,3} \oplus \mathbb{C} \cong Cl_{1,3} \oplus \bigoplus_{i=1}^{n_1=15}(Cl_{0,6})i \oplus \bigoplus j = 1^{n_2=3}(Cl_{0,4})_j \quad tag1$$

Based on the DAM, the theory of inverse portal energy tunneling (IPET) between the Minkowski spaces $Cl_{1,3}$ and $Cl_{0,4}$, which are isomorphic in the sum of signatures $p+q = 1+3 = 0+4 = 4$. The isomorphism of the spaces $Cl_{1,3}$ and $Cl_{0,4}$ provides the highest probability of their interaction due to the smaller height and width of the topological barrier than between the spaces $Cl_{1,3}$ and $Cl_{0,6}$: $p+q = 1+3 \neq 0+6$. The interaction occurs through the aforementioned portals under the condition of their "opening". Such conditions are given through the physical interpretation of the achievement by the key observable component of the studied system of a certain geometric size—the length of the portal, as well as by the parameters of the portal, that meet the condition of continuity and smoothness for the correct stitching of metrics in adjacent regions near the portal (see (2) and (3)):

$$\mathrm{Cl}_{1,3} \leftrightarrow \text{portal} \leftrightarrow Cl_{0,4} \quad tag2$$

$$\begin{aligned} ds^2_{1,3} &= -c^2dt^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2, \leftrightarrow \\ \leftrightarrow ds^2_{(1,3)} &= -f(t)dt^2 + a^2(dx^2 + dy^2 + dz^2), \leftrightarrow \\ \leftrightarrow ds^2_{p} &= -f_p(\xi)d\xi^2 + a^2(dx^2 + dy^2 + dz^2), \leftrightarrow \\ \leftrightarrow ds^2_{(0,4)} &= g(w)dw^2 + b^2(dx^2 + dy^2 + dz^2 + du^2) \end{aligned} \quad \text{tag3}$$

where $ds^2_{1,3}$ is the Minkowski metric, $ds^2_{(1,3)}$, ds^2_{p}, and $ds^2_{(0,4)}$ are metrics near the border $Cl_{1,3} \leftrightarrow$ portal, inside the portal, and near the border portal $\leftrightarrow Cl_{0,4}$, respectively; $-f(t)$,

$-f_p(\xi)$, $g(w)$, a, b, du^2 are portal parameters, where du^2 is the space elasticity parameter $Cl_{0,4}$, which has compactified properties on the boundary portal $\leftrightarrow Cl_{0,4}$ and is introduced by analogy with the gauge degree of freedom à la Kaluza-Klein theory [10].

3) The manifestation of interspatial interactions $Cl_{1,3} \leftrightarrow Cl_{0,6}$ and $Cl_{1,3} \leftrightarrow Cl_{0,4}$ can be any critical phenomena, such as manifestations of the dark sector of the Universe, phase transitions for different states of matter, spontaneous processes of asymmetric subbarrier fission of heavy nuclei, etc. In addition to the selection of portal parameters, in particular, the length of the portal d, an important factor is the correctness of the choice of the observed macroscopic quantity—the characteristic of the approach of the studied system to the portal zone: (i)To search within IPET for critical points of phase transitions of completely different states of matter, namely, water, ordinary hadronic matter, quark-gluon plasma (QGP), colored glass condensate (CGC), and preons (with corresponding values for $d = 0.27, 0.2, 0.1, 0.05, 0.01$ fm), the temperature was chosen. (ii)To study spontaneous asymmetric subbarrier fission (SASF) of heavy nuclei through tunneling within IPET, the probability of this process was taken, which was compared with the Gamow formula [11]:

$$\mathrm{P_{Gamow}} \sim \exp\left(-\frac{2}{\hbar}\int_a^b \sqrt{2\mu(V(r)-E)}dr\right),$$
$$tag4$$

where a and b are classical turning points, μ is the tunneling nucleus mass, and $V(r) - E$ is the effective barrier. The length of the portal was compared with the length of the "neck" $d \approx 2$ fm between future fission fragments in the quasiclassical representation of the dumbbell-like appearance of the nucleus before fission [12]. It is shown that taking into account the interaction $Cl_{1,3} \leftrightarrow Cl_{0,4}$ in IPET significantly reduces the effective fission barrier.

4) The results of testing the IPET theory are: Obtaining predictions for the values of the critical temperatures of the phase transitions QGP $\leftrightarrow$ hadron gas, QGP $\leftrightarrow$ CGC, quarks $\leftrightarrow$ preons. Adjusting the Gamow formula towards increasing the value of P to correspond to experimental data [13] for the SASF of the nucleus ^{252}Cf:

$$^{252}\mathrm{Cf} \rightarrow ^{140}\mathrm{Xe} + ^{112}\mathrm{Ru}$$
$$tag5$$

References

1. S. O. Omelchenko. The hypothesis of phase transition from supersymmetric matter to ordinary one. In: Proc. of XXXI-th Annual Scientific Conference of the Institute for Nuclear Research, May 27-31, 2024 (Kyiv, 2024), p. 42.
2. S. O. Omelchenko. Algebraic version of the critical phenomena theory in the vicinity of critical points. In: Proc. of HEP-TEC-2025, Jan 21-22, 2025 (Kyiv, 2025).
3. S. O. Omelchenko, D. H. Braikovskyi. A new dynamic-algebraic model of the Universe formation and examples of its application. Science and technology today, 2(43) (2025), 1015.
4. S. O. Omelchenko, D. H. Braikovskyi. Portal physics and the dynamic-algebraic model of the universe for studying critical phenomena. Science and technology today, 3(44) (2025), 875.
5. S. O. Omelchenko, D. H. Braikovskyi. Hypothesis of a phase transition from supermatter to ordinary matter. Science and technology today, 4(44) (2025), 1361. (Ukr)
6. S. O. Omelchenko, D. H. Braikovskyi. Model of inverse portal energy tunneling (IPET) and generalization of the Gamow formula for spontaneous asymmetric subbarrier nuclear fission. Science and technology today, 4(45) (2025), 998.
7. R. Delanghe, F. Brackx, and H. Serras. Clifford Algebras and their Applications in Mathematical Physics (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993), 485 p.
8. P. Lounesto. Clifford algebra and spinors, 2nd ed. (Cambridge: Cambridge University Press,

2001), 346 p.
9. J. H. M. Wedderburn. Lectures on Matrices (New York City: American Mathematical Society, Colloquium Publications, Vol. 17, 1934), 186 p.
10. T. Appelquist, A. Chodos, P. G. O. Freund. Modern Kaluza-Klein Theories (Menlo Park, California: Addison-Wesley, Frontiers in Physics, Vol. 65), 1987), 302 p.
11. A. Bohr, B. Mottelson. Nuclear Structure: Volume II – Nuclear Deformations (Singapore: World Scientific, 1975), 584 p.
12. F. A. Ivanyuk, N. Carjan. Dumbbell shapes in the superasymmetric fission of heavy nuclei. Phys. Rev. C, 110 (2024), 064616.
13. M. Birch, B. Singh, E. Browne. Nuclear Data Sheets for A=252. Nuclear Data Sheets, 185:1–350, 2023. DOI:10.1016/j.nds.2023.05.001.

Author: ОМЕЛЬЧЕНКО, Sergiy (ІЯД)

Presenter: ОМЕЛЬЧЕНКО, Sergiy (ІЯД)

Session Classification: Теоретична ядерна фізика

Track Classification: Теоретична ядерна фізика

Contribution ID: **25** Type: **Секційна доповідь**

Empirical relations for α-decay half-lives: the effect of deformation of daughter nuclei

Monday, May 26, 2025 3:30 PM (15 minutes)

Empirical relations for α-decay half-lives: the effect of deformation of daughter nuclei

V. Yu. Denisov
[1]INFN Laboratori Nazionali di Legnaro, Legnaro, Italy
[2]Faculty of Physics, Taras Shevchenko National University of Kiev, Kiev, Ukraine

α-decay plays an important role in nuclear physics. The first empirical expression for α-decay half-lives was proposed in 1911 by Geiger and Nuttall as a relation between the decay constant and the range of α-particles in air [1, 2]. In its modern form, the Geiger-Nuttall law is:
$\mathrm{T}_{1/2} = a\frac{Z}{\sqrt{Q}} - b$
$tag1 Here, \mathrm{T}_{1/2}$ is the half-life in seconds, Z is the number of protons in the parent nucleus, Q is the α-decay Q-value in MeV, and a and b are coefficients found by fitting experimental data. The experimental values for α-decay half-lives can be taken from Ref. [1]. The Q-value for the α-transition between the ground states is calculated using the masses of atomic nuclei [2]. Since 1911, many extensions of the Geiger-Nuttall expression for α-decay half-lives have been proposed. The original expression contains two fitting parameters for the full set of nuclei. Later, a formula with two general parameters and one parameter varying for even-even (even Z–even N, where N is the number of neutrons), even-odd, odd-even, and odd-odd nuclei was proposed [3]. This formula has five fitting parameters, as three additional parameters are introduced for even-odd, odd-even, and odd-odd nuclei. The development of expressions for α-decay half-lives follows two approaches. One approach uses different fitting parameters for various sets of nuclei. For example, the Geiger-Nuttall relationship can be applied with four sets of parameters for even-even, even-odd, odd-even, and odd-odd nuclei, resulting in eight fitting parameters. The other approach involves more complex expressions with additional terms depending on Z, Q, and A, where A is the number of nucleons in the parent nucleus, as detailed in Ref. [4]. Often, these approaches are combined. The influence of the deformations of daughter nuclei on α-decay half-lives has not been considered in empirical expressions. Therefore, it is valuable to include a term dependent on the deformation of the daughter nucleus in the empirical expression for α-decay half-lives. The main goal is to discuss new empirical expressions for α-decay half-lives that account for deformation. Additionally, the empirical expression for α-decay half-lives related to transitions from the ground state to the lowest 2^+ state of even-even nuclei is discussed. This expression is linked to the one for ground-state transitions, as the nuclear structure in the 2^+ and ground states is nearly identical for α-transitions. The differences arise only from the energy and angular momentum of the α-transitions. The first empirical relation introduced here is: $\mathrm{T}_{1/2} = a\frac{Z}{\sqrt{Q}} - b - c(A-4)^{1/6}Z^{1/2} - dA^{1/6}\sqrt{l(l+1)}/Q - e(k\beta)^{1/2}\frac{Z}{\sqrt{Q}}$
$tag2 The first two terms correspond to the Geiger-Nuttall expression (see Eq. (1)). The third term, introduced in Ref. [5$
$decay half-lives. The fourth term, also from Ref. [5], accounts for transitions between ground states with different s$
$parity characteristics, where$ l = $\mathrm{l}_{\min}$ is the minimal angular momentum for the α-transition. This term significantly enhances the description of α-decay half-lives in odd-A and odd-odd nuclei with varying spin-parity characteristics. The parity term from Ref. [22] is omitted to reduce the number of fitting parameters. The fifth term in Eq. (2) accounts for the reduction of α-decay half-lives due to the deformation of the daughter nucleus. This novel term has not been previously discussed in empirical relationships. Here, β is the quadrupole deformation parameter of the daughter nucleus surface radius, defined as $R(\theta) = R_0[1 + \beta Y_{20}(\theta)]$, where R_0 is the radius of the spherical nucleus, and $Y_{20}(\theta)$ is the spherical harmonic function. The parameter $k = 2$ for prolate nuclei and $k = -1$ for oblate nuclei. The values of β can be obtained from Refs. [6–8]. Note that β values differ slightly across these references, affecting the coefficients a, b, c, d, and e. A new type of empirical relation for α-decay half-lives introduced here is:

$T_{1/2} = a\frac{Z}{\sqrt{Q}} - b\left(\frac{A\sqrt{Q}}{Z}\right)^{1/6} - cA^{1/6}Z^{1/2} - dA^{1/6}\sqrt{l(l+1)}/Q - e(k\beta)^{1/2}\frac{Z}{\sqrt{Q}}$
$tag3The difference between Eq.(2) and Eq.(3) lies in the second term. Both equations have the same number of fitting pa$
$The new term, dependent on the quadrupole deformation of the daughter nucleus, reduces the root-$
$mean-square (rms) error of the decimal logarithm of -decay half-lives by up to 23\%. This is particularly significant f$
$even nuclei, where -decay half-lives and spin-parity characteristics are known with high precision, allowing for acc$
$Different sets of deformation parameters lead to varying rms errors and parameter values due to differences in quadr$
$decay half - life descriptions.$
$The new empirical expression (Eq.(3)) provides high precision in describing experimental data. Additionally, an expre$
$decay half-lives of even-even nuclei, covering transitions from the ground state to both the ground and the lowest 2 ex$

1. https://www.nndc.bnl.gov/nudat3/
2. F. G. Kondev et al. Chin. Phys. C 45 (2021) 030001
3. V. E. Viola, G. T. Seaborg. J. Inorg. Nucl. Chem. 28 (1966) 741
4. V. Yu. Denisov. Phys. Rev. C 110 (2024) 014605
5. V. Yu. Denisov, A. A. Khudenko. Phys. Rev. C 79 (2009) 054614
6. P. Möller et al. At. Data Nucl. Data Tables 109–110 (2016) 1
7. N. Wang et al. Phys. Lett. B 734 (2014) 215
8. S. Goriely, N. Chamel, J. M. Pearson. Phys. Rev. C 88 (2013) 061302

Author: ДЕНИСОВ, Віталій Юрійович (Національний інститут ядерної фізики, Національна лабораторія Леньяро, Леньяро, Італія та Національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна)

Presenter: ДЕНИСОВ, Віталій Юрійович (Національний інститут ядерної фізики, Національна лабораторія Леньяро, Леньяро, Італія та Національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна)

Session Classification: Теоретична ядерна фізика

Track Classification: Теоретична ядерна фізика

Contribution ID: **26** Type: **Секційна доповідь**

Зміни анатомо-морфологічних та репродуктивних показників очерету звичайного *Phragmites australis* у водоймах чорнобильської зони відчуження

Friday, May 30, 2025 12:15 PM (20 minutes)

Проведено анатомо-морфометричні дослідження одного з органів репродукції рослини, а саме, волоті, домінуючого виду фітоценозів повітряно-водних рослин водойм Чорнобильської зони відчуження (ЧЗВ) –очерету звичайного Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud. Дослідження виконували на найбільш забруднених водоймах ЧЗВ –озерах Глибоке, Азбучин, Далеке, Янівському затоні р. Прип'ять, а також чотирьох залишкових водоймах, що утворились в межах колишньої акваторії водойми-охолоджувача (ВО) Чорнобильської АЕС (ЧАЕС) після зниження рівня води. Умовно контрольною водоймою на території ЧЗВ слугувало оз. Плютовище, розташоване на відстані 17 км від ЧАЕС, яке характеризувалося порівняно невисокими рівнями радіонуклідного забруднення.

Вимірювання питомої активності 137Cs у воді, донних відкладах і рослинах виконували за допомогою γ-спектрометричного комплексу Mirion Technologies –Canberra (Японія). Визначення вмісту 90Sr виконували з використанням спектрометра енергії бета-випромінювання СЕБ-01-70 (Україна). Похибка вимірювань становила 15-25 %. Розраховане стандартне відхилення повною мірою характеризувало варіації вибірки згідно 1. Потужність поглиненої дози (ППД) іонізуючого випромінювання на рослини визначали з використанням коефіцієнтів перерахунку, рекомендованих 2 на основі даних питомої активності 90Sr і 137Cs у воді, донних відкладах в заростях повітряно-водних рослин полігонних водойм, а також у рослинах загалом.

У очерета звичайного –рослини з дуже високими адаптаційним потенціалом і генетичним різноманіттям [3, 4] є два органи репродукції –корені, що відповідають за вегетативний шлях розмноження, та волоть з зернівками, що відповідає за статевий шлях розмноження рослини та генетичне різноманіття особин в межах виду. Генетичне різноманіття представлено різноманітністю алелей, присутніх всередині популяції. І якщо ген є фундаментальною одиницею спадковості, то алелі –його специфічні версії. Джерелом нових алелей слугують мутації, зміни у послідовностях ДНК тощо. В результаті статевого розмноження особини можуть мати різні комбінації алелів для кожного гена і це забезпечує його генетичне різноманіття, що є важливим для зберігання та розширення адаптаційного потенціалу популяції до можливих змін навколишнього середовища [5].

На сучасному етапі для очерету звичайного реєструється зменшення розмірів волоті у водоймах, де потужність внутрішньої поглиненої дози на рослину становить від 15 до 84 мкГр/доба, а відсоткова частка дози від інкорпорованого Sr-90 суттєво перевищує 50%. Наприклад, у порівнянні з попередніми періодами спостережень, а саме –до початку зниження рівня води у ВО ЧАЕС наприкінці 2014 р., розміри волоті очерету з оз. Азбучин (що зазнавало гідрологічного підпору ВО, і рівень води в якому також знизився) зменшилися майже у 2 рази та становлять у середньому 15 см, у порівнянні з 32 см у періоді 2008-2014 рр. [6, 7]. Морфометричні показники волоті очерету з інших досліджуваних водойм знаходяться майже за мінімальною межею для лінійних значень, що притаманні волоті очерету за оптимальних умов існування [6], та коливаються у межах 17-34 см для довжини і 2,14-5,84 см для ширини волоті.

У рослин з майже усіх полігонних водойм ЧЗВ продовжуємо реєструвати практично повну стерильність волотей. Фактична продуктивність волоті очерета звичайного у 2023 р. не перевищувала 11%, навіть у рослин з оз. Плютовища, де потужність поглиненої дози на рослину на два порядки менше за порогове значення для біоти.

Насіннєвий репродукційний потенціал очерету звичайного водойм ЧЗВ, де рослини отримують

дозове навантаження у діапазоні потужності поглиненої дози 1,3 –84 мкГр/доба, є критично низьким, вважаючи на суттєве зменшення анатомо-морфометричних показників одного з органів репродукції очерету –волоті, та її майже повну стерильність.
Практично, виключення зі стадії розмноження очерету статевого шляху, може призвести до дисбалансу у підтриманні генетичного різноманіття популяцій очерету водойм ЧЗВ та зменшує можливість обміну генетичним матеріалом між окремими ценозами рослин та, зі збереженням подібного стану у подальшому, може призвести до послаблення їх пристосувальних можливостей та звуження межи адаптаційного потенціалу рослини.
Втрата генетичного різноманіття окремими популяціями очерету водойм ЧЗВ робить його особливо вразливим до інших стресових для рослини чинників та може призвести до зменшення можливостей пристосування до нових умов існування (змін температури, хімічного складу, гідрологічного режиму тощо), появи нових для виду шкідників чи до виникнення нетипових захворювань. У зв'язку з цим дослідження змін репродуктивних органів очерету, що відповідають за його статеве розмноження є ще однією ланкою у дослідженнях генетичних змін рослин, що знаходяться в умовах тривалого опромінення малими дозами.

1. Закс Л. Статистическое оценивание. (Москва. Статистика, 1976) 503 с.
2. ICRP, 2017. Dose coefficients for non human biota environmentally exposed to radiation. ICRP Publication 136. Ann. ICRP 46(2).
3. Ю. Одум Экология Т. 2 (Москва, Мир, 1986) 376 с.
4. С. Гейны, К.М. Сытник (отв. ред.) Макрофиты –индикаторы изменений природной (Киев, Наук. думка, 1993) 434 с.
5. Д.М. Гродзинский Адаптивная стратегия физиологических процессов растений (Киев, Наук. Думка, 2013) 302 с.
6. J. Barescut et al. Radioprotection, 44, Issue 5: ECORAD 2008 - Radioecology and Environmental Radioactivity, 2009, pp. 941 –944
7. C. Mothersill, V. Korogodina, C. Seymour (eds), D. Gudkov. et al.,. (2012). Radiobiology and Environmental Security. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. Springer, Dordrecht. , pp. 233-244

Author: Dr ШЕВЦОВА, Наталія (ІГБ НАНУ)

Co-authors: Dr БЕЛЯЄВ, Володимир (ІГБ НАНУ); Prof. ГУДКОВ, Дмитро (ІГБ НАНУ); Dr ПРИШЛЯК, Сергій

Presenter: Dr ШЕВЦОВА, Наталія (ІГБ НАНУ)

Session Classification: Радіоекологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **27** Type: **Секційна доповідь**

Production of compound nuclei in heavy-ion collisions and super-heavy nuclei in hot-fusion reactions

Monday, May 26, 2025 3:15 PM (15 minutes)

Production of compound nuclei in heavy-ion collisions and super-heavy nuclei in hot-fusion reactions

V. Yu. Denisov

[1]INFN Laboratori Nazionali di Legnaro, Legnaro, Italy
[2]Faculty of Physics, Taras Shevchenko National University of Kiev, Kiev, Ukraine

The statistical model for the calculation of the compound nucleus formation cross section and the probability of compound nucleus formation in heavy-ion collisions is discussed in detail 1. Light, heavy, and superheavy nucleus-nucleus systems are considered in this model within a unified approach. In this model, the compound nucleus is formed in heavy-ion collisions through two consecutive steps.

The first step involves overcoming the capture barrier, formed by the nuclear, Coulomb, and centrifugal interactions of two separated incident nuclei. The capture barrier is associated with colliding nuclei in their ground state or with a shape slightly different from the ground state due to the rapid passage of the capture barrier at high collision energies. After passing the barrier, the incident nuclei enter the capture well. The collision energy is quickly transferred into the intrinsic energy of the stuck-together nuclei due to strong dissipative forces at the overlap of their densities. The relaxation time for the dissipation of radial kinetic energy is short, allowing the kinetic energy to be rapidly transferred to the intrinsic energy of both nuclei. Consequently, the temperatures of the nuclear matter in the contacting nuclei become uniform and equal by the end of the first step. Thus, a system of stuck-together nuclei with zero radial velocity is formed in the capture well. This zero or near-zero radial velocity leads to the dissipation of memory effects on the future dynamics of the system.

The second step involves the evolution of the system of stuck-together nuclei in the capture well. The nuclear matter in the capture well has a uniform temperature and zero velocity. The stuck-together system may be considered a quasistationary state located in the well between barriers of different natures. The further evolution of the system is driven by competition between penetration through these barriers.

The capture well is limited by the compound nucleus formation barrier $B_{\rm cnf}$ at smaller internuclear distances. The barrier $B_{\rm cnf}$ arises during the smooth shape evolution from the stuck-together incident nuclei to a spherical or near-spherical compound nucleus. The compound nucleus is formed once the system passes $B_{\rm cnf}$.

The capture well is confined by other barriers in the case of larger distances between nuclei, i.e., on the way from the stuck-together nuclei to the well-separated deformed nuclei. These barriers are formed by the nuclear, Coulomb, and centrifugal interactions of two separated nuclei as well as the contributions of the surface deformation energies of both nuclei. The quasielastic barrier $B_{\rm qe}$ is associated with the evolution of the stuck-together nuclei into deformed versions of the incident nuclei after separation.

The penetration through the different barriers can be considered statistically using the Bohr-Wheeler transition state approximation, which was proposed for the calculation of the width of passing through the fission barrier. As a result, the evolution of the system in the model is linked to the ratio of the widths related to the penetration of the corresponding barriers.

It is shown that the compound nucleus is formed in competition between passing through the compound-nucleus formation barrier and the quasielastic barrier. It is shown that the compound nucleus formation cross section is suppressed when the quasielastic barrier is lower than the compound nucleus formation barrier. The critical value of angular momentum, which limits the compound nucleus formation cross-section values for light and medium-mass ion-ion systems at above-barrier collision energies, is discussed in the model. The suppression of the compound nucleus formation cross section, even at small partial waves for very heavy ion-ion systems, is obtained in the model.

The values of the capture and compound nucleus formation cross sections calculated for various light, heavy, and superheavy nucleus-nucleus systems as well as the probability of the compound nucleus formation for superheavy nuclei agree well with the available experimental data.

A model for hot-fusion reactions leading to the synthesis of superheavy nuclei is discussed 2. The values of the hot-fusion cross sections obtained in the model agree with the available experimental data. The hot-fusion cross sections are found for two different models of the fission barrier heights of superheavy nuclei.

The superheavy production cross sections consist of three steps. The first and second steps, as described above, lead to compound-nucleus formation. The third step involves the survival probability of the compound nucleus, associated with the evaporation of x neutrons in competition with fission.

The available experimental data for the superheavy nuclei production cross section are well described in the model. The calculations of the cross sections for the various hot-fusion reactions leading to the 119 and 120 elements are presented.

Simple expressions useful for qualitative analysis of the cross-section for forming superheavy nuclei are obtained. It is shown that the superheavy nuclei production cross section is proportional to the transmission coefficient of the capture barrier, realization probability of the xn-evaporation channel, and exponentially depends on the quasielastic barrier, fusion reaction Q value, compound nucleus formation barrier, neutron separation energies, and fission barrier heights.

1. V. Yu. Denisov. Phys. Rev. C 109 (2024) 014607
2. V. Yu. Denisov. Phys. Rev. C 109 (2024) 044618

Author: ДЕНИСОВ, Віталій Юрійович (Національний інститут ядерної фізики, Національна лабораторія Леньяро, Леньяро, Італія та Національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна)

Presenter: ДЕНИСОВ, Віталій Юрійович (Національний інститут ядерної фізики, Національна лабораторія Леньяро, Леньяро, Італія та Національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна)

Session Classification: Теоретична ядерна фізика

Track Classification: Теоретична ядерна фізика

Contribution ID: **28** Type: **Секційна доповідь**

Формування радіаційно стійкого стану CdZnTe шляхом плазмової обробки та пасивації поверхні DLC-плівкою

Tuesday, May 27, 2025 12:55 PM (20 minutes)

У цій роботі було отримано зростання питомого опору зразків Cd0,96Zn0,04Te, як з DLC-покриттям так і без нього після γ-опромінення дозою 130 кРад,. При цьому співвідношення ργ/ρDLC ≈ 6 для зраз-ків з DLC та ργ/ρ ≈ ≈50 для зразків без покриття. Крім того, під дією γ-опромінення (130 кРад) у зраз-ків без DLC-покриття спостерігається зменшення струмів витоку Івит , що може бути пов'язано з йонізаційними ефектами або змінами у балансі дефектів в об'ємі матеріалу.

Напівпровідник p-CdZnTe частково компенсований акцепторний напівпровідник для якого вико-нується умова Na > Nd при якому відбувається повна компенсація донорів та часткова компенсація акцепторів (VCd). Особливості провідності напівпровідникового з'єднання CdZnTe, після обробки йо-го поверхні плазмою аргону, пов'язано з формуванням порушеного шару зі зниженою концентрацією нескомпенсованих донорів. Плазма аргону викликає домінуюче видалення кадмію та збагачує припо-верхневу ділянку акцепторами (VCd). Це призводить до накопичення вакансій кадмію VCd та активації процесів самокомпенсації, за яких відбувається зростання питомого опору, внаслідок чого електрони донорних рівнів переходять на акцепторні рівні, заповнюючи їх і тим самим зменшуючи концентрацію дірок. При цьому рівень Фермі зсувається всередину забороненої зони, що забезпечує зменшення провідності обробленого матеріалу.

Отже плазмова обробка аргоном та нанесення DLC покриття у єдиному технологічному процесі на монокристал CdZnTe фізично створюють та фіксують процес досягнення стаціонарного «граничного» стану через процес самокомпенсації, що підвищує реєструвальну здатність детекторів при великих дозах жорсткого опромінення. Поведінку провідності зразків при опроміненні гамма-квантами можна пояснити присутністю Zn у твердому розчині. Для Cd0.96Zn0.04Te збільшення концентрації VCd може бути компенсовано атомами Zn, який займає позиції Cd у твердому розчині. Це надає зростання питомого опору напівпровідниковому матеріалу. При опроміненні цього зразка гамма-квантами по-рушується нерівність Nакц − Nдон, прискорюючи цим процес самокомпенсації напівпровідника.

Отже поєднання плазмової обробки аргоном та нанесення DLC-покриття у межах єдиного техно-логічного процесу створює умови для формування стабільного, "граничного" стаціонарного стану самокомпенсації p-Cd0.96Zn0.04Te. Такий стан підвищує радіаційну стійкість, забезпечує підвищення реєструвальної здатності детекторів при великих дозах жорсткого γ-опромінення. Одержані результати показують захисну роль DLC-покриття, яке послаблює вплив радіації та ста-білізує характеристики н/п матеріалу. Тож плазмова обробка в поєднанні з пасивацією DLC не лише захищає поверхню напівпровідника, але і підсилює радіаційну стійкість детекторного матеріалу, ста-білізуючи його електричні характеристики на тривалий термін. Тому запропонований технологічний підхід забезпечує покращення та стабілізацію детекторних характеристик CdZnTe в у реальних умовах дії жорсткого опромінення.

Authors: МАЛИЙ, Євген (ІЯД); Dr СТРАТІЛАТ, Дмитро (ІЯД); Dr СМІРНОВ, Олексій (Інститут

фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова); Dr САВКІНА, Рада (Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова)

Presenter: МАЛИЙ, Євген (ІЯД)

Session Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Track Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Contribution ID: **29** Type: **Секційна доповідь**

Особливості електрофізичних та оптичних характеристик світлодіодів GaAlAs

Tuesday, May 27, 2025 2:55 PM (20 minutes)

У поданій роботі приведені результати вимірювань електрофізичних (ВАХ) та оптичних характеристик - інтенсивність електролюмінісценції Іінт.(І мА) квантового виходу (η) СД GaAlAs з λmax=650 нм

Author: Mr СТРАТІЛАТ, Дмитро (KINR)

Co-authors: Prof. ТАРТАЧНИК, Володимир (ІЯД); Ms КИРИЛЕНКО, Олена (УДУ ім. М. Драгоманова); Ms МОСЮК, Тетяна (УДУ ім. М. Драгоманова); Mr МИРОШНІЧЕНКО, Юрій (УДУ ім. М. Драгоманова)

Presenter: Mr СТРАТІЛАТ, Дмитро (KINR)

Session Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Track Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Contribution ID: **30** Type: **Секційна доповідь**

Спектральні особливості “жовтих”світлодіодів GaAsP

Tuesday, May 27, 2025 12:35 PM (20 minutes)

Приведені результати досліджень «жовтих» світлодіодів GaAsP, досліджено спектри які узгоджуються з класичними розподілами, виявлено ефект самопоглинання квантів.

Author: Mr ВЕРНИДУБ, Михайло (УДУ ім. М. Драгоманова)

Co-authors: Mr МАТІЮК, Іпполіт (Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова); Prof. ТАРТАЧНИК, Володимир (ІЯД); Ms КОТ, Лідія (УДУ ім. М. Драгоманова); Prof. ЛИТОВЧЕНКО, Петро (ІЯД)

Presenter: Mr ВЕРНИДУБ, Михайло (УДУ ім. М. Драгоманова)

Session Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Track Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Contribution ID: **31** Type: **Секційна доповідь**

Електрофізичні характеристики синіх світлодіодів InGaN із квантовими ямами

Tuesday, May 27, 2025 2:15 PM (20 minutes)

У поданій роботі проведено аналіз вольт-амперних-характеристик (ВАХ) вихідних серійних СД InGaN з квантовими ямами (КЯ), а також опромінених електронами з E = 2 МеВ.

Author: Ms КОТ, Лідія (УДУ ім. М. Драгоманова)

Co-authors: Prof. ТАРТАЧНИК, Володимир (ІЯД); Mr СТРАТІЛАТ, Дмитро (ІЯД); Ms ПІНКОВСЬКА, Мирослава (ІЯД); Mr КРАСНЯНСЬКИЙ, Олег (УДУ ім. М. Драгоманова)

Presenter: Ms КОТ, Лідія (УДУ ім. М. Драгоманова)

Session Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Track Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Contribution ID: **32** Type: **Секційна доповідь**

Collisionless damping of isoscalar giant resonances in heavy nuclei

Monday, May 26, 2025 5:05 PM (20 minutes)

Collisionless damping of isoscalar giant resonances in heavy nuclei

V. I. Abrosimov, O. I. Davydovska
Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The collisionless damping of collective excitations in finite Fermi systems has the same origin as the collisionless Landau damping for zero sound in an infinite Fermi system, and can also be produced by the interaction of nucleons with the dynamic nuclear surface (the one-body damping). In a self-consistent model, it can be expected that there is a coupling between these damping mechanisms. In this paper, the nature of the collisionless damping of isoscalar giant resonances in heavy nuclei is studied by using a kinetic model based on the linearized Vlasov equation for finite Fermi systems with a free moving surface 1. This model includes the Landau damping mechanism as well as the one-body one. Indeed, the study of the surface response of a semi-infinite Fermi system in the same kinetic model revealed a damped surface mode whose friction coefficient is described by the wall formula 2. Therefore, we can assume that the damping effects due to one-body friction are also present in the model for a finite Fermi system. We consider the collisionless damping of the giant quadrupole and high-energy octupole resonances, which are observed in heavy nuclei.
In our model, the isoscalar multipole strength function $S_L(E)$ that determines collective excitations in nuclei can be written in the form:
$\mathrm{S}_L(E) = S^L_{stat}(E) + S^L_{surf}(E)$,
$tag1where$E = $\hbar\omega$ is the excitation energy. The strength function for a system with a fixed (static) surface $S^L_{stat}(E)$ is: $\mathrm{S}^L_{stat}(E) = -\frac{1}{\pi}\mathrm{Im}\frac{R^0_L(E)}{1-\kappa_L R^0_L(E)}$.
$tag2Here$,$\mathrm{R}^0_L(E)$ is the zero-order response function, giving the strength distribution over multipole single-particle modes, which form a continuum from zero to infinity for multipolarity $L > 1$. The parameter k_L determines the strength of the isoscalar residual interaction between nucleons of multipolarity L, with a separable form: $\mathrm{V}_L(r, r') = \kappa_L \sum_M r^L r'^L Y_{LM}(\theta, \varphi)\, Y^*_{LM}(\theta', \varphi')$,
$tag3where$r=(r,θ, φ) is the radius-vector of a nucleon, and $Y_{LM}(\theta, \varphi)$ are the spherical harmonics. It can be seen in Figs. 1(a), 1(b) and 1(c) that the giant quadrupole resonance is formed in a Fermi system with a fixed surface due to the residual interaction between nucleons. In the fixed-surface model, the resonance width, which is produced by the Landau damping mechanism, is sensitive to the strength parameter k. The high-energy octupole resonance exhibits similar properties. The function $S^L_{surf}(E)$ describes the effect of moving surface on isoscalar resonances, which also includes damping effects created by the one-body damping mechanism. The main effect is a change in the width of the giant quadrupole resonance and the high-energy octupole resonance, compare the solid curves in Fig. 1(d), 1(e) and 1(f) with the solid curves in Fig. 1(a), 1(b) and 1(c).The width of the giant quadrupole and high-energy octupole resonances of a finite Fermi system are reduced in the moving-surface model, when both the Landau and one-body damping mechanisms are included, compare the solid curves with the dashed ones in Fig.2 (see the figures Fig.1 and Fig.2 in the attached materials).

Fig. 1. Isoscalar quadrupole strength functions in fixed- and moving-surface models. In Figs. 1(a), 1(b), 1(c), the solid curves show the fixed-surface strength functions for different value of the strength parameter k, while the dashed curves are for $k = 0$. In Figs. 1(d), 1(e), 1(f), the solid curves show the moving-surface strength functions for different value of the strength parameter k, while the dashed curves are for $k = 0$. The strength parameters k are chosen as $k = 0.85k_2$ in Figs. 1(a), 1(d), $k = k_2$ in Figs. 1(b), 1(e), and $k = 1.1k_2$ in Figs. 1(c), 1(f), where k_2=-1·10^{-3} MeV/fm^4. The system contains $A = 208$ nucleons.

Fig. 2. Isoscalar quadrupole, Figs. 2(a), 2(b), and octupole, Figs. 2(c), 2(d), strength functions in moving-surface (solid curves) and fixed-surface (dashed curves) models. The system contains A=208 and A=90 nucleons.The strength parameters k are chosen as k_2(208)=-1·10^{-3} MeV/fm^4 in Fig. 2(a), k_2(90)=-7·10^{-3} MeV/fm^4 in Fig. 2(b), for the quadrupole strength functions and k_3(208)=-2·10^{-5} MeV/fm^6 in Fig. 2(c), k_3(90)=-2.5·10^{-4} MeV/fm^6 in Fig. 2(d), for the octupole ones. The experimental centroid energies of giant quadrupole and high-energy octupole resonances for ^{208}Pb and ^{90}Zr are indicated by arrows.

In this paper, it is shown that an interplay between the Landau damping and the one-body one leads to a noticeable decrease in the width of the giant quadrupole and high-energy octupole isoscalar resonances in heavy nuclei. The found collisionless damping of the giant quadrupole and high-energy octupole resonances is too weak to describe the observed widths of these isoscalar resonances in heavy nuclei. It is necessary to involve other sources of damping, in particular the collisional damping mechanism, which can be consistently included in the present kinetic model.

References

1. V.I. Abrosimov, A. Dellafiore, F. Matera. Phys. Part. Nucl. 36 (2005) 699
2. V.I. Abrosimov, J. Randrup. Nucl. Phys. A 489 (1988) 412

Authors: АБРОСІМОВ, Валерій Іванович; ДАВИДОВСЬКА, Оксана (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна)

Presenter: АБРОСІМОВ, Валерій Іванович

Session Classification: Теоретична ядерна фізика

Track Classification: Теоретична ядерна фізика

Contribution ID: **33** Type: **Секційна доповідь**

Дослідження збудження $h_{11/2}$-ізомерів на ядрах Cd, Sn та Te в (γ,n)-реакції

Wednesday, May 28, 2025 1:15 PM (20 minutes)

Фотоядерні реакції з вильотом нейтрона в області енергії гігантського дипольного резонансу (ГДР) 1 протягом останніх десятиліть досліджувались доволі ретельно для різних ядер. В той же час експе-риментальних даних значно менше відносно (γ,n)-реакцій з заселенням ізомерних станів, причому ці стани в ядрах кадмію, телуру та олова не досліджувались взагалі. В той же час дані про заселення цих ізомерів дозволять отримати інформацію як про механізми перебігу даних реакцій, так і структуру збуджених рівнів в околі енергій ізомерних рівнів. Виходячи з вищевикладеного метою даної роботи є дослідження виходів напрацювання ядер 119Tem, 121Tem, 123Tem, 125Tem, 127Tem, 129Tem, 111Cdm, 115Cdm та 117Snm в (γ,n)-реакції при опроміненні мішеней металічного кадмію, телуру та олова гальмівними га-мма-квантами з енергією в області ГДР.
Дослідження середньозважених виходів проводилось активаційним методом на гальмівному γ-пучку для електронів з максимальною енергією 17.5 МеВ на мішенях природного металічного танта-лу, золота, кадмію, телуру та олова. В якості гальмівної мішені використовувався металічний тантал товщиною 1.05 мм, за яким на відстані 8 см розміщувались досліджувані мішені. Мішені золота та танталу використовувались для отримання потоку гальмівних γ-квантів за допомогою реакцій 197Au(γ,n)196Au та 181Ta(γ,n)180Ta, відповідно. Експериментальні перерізи даних реакцій добре відомі для монохроматичних γ-квантів в досліджуваному енергетичному діапазоні. Виконувалось декілька серій опромінень та вимірювань в низькофоновій спектрометричній лабораторії.
Спектри опромінених мішеней вимірювались на двох гамма-спектрометрах, зібраних на базі над-чистих напівпровідникових детекторів фірм Canberra та Ortec з ефективністю реєстрації 15 та 40 % порівняно з NaI(Tl)-детектором розмірами 3′′×3′′. Енергетична роздільна здатність спектрометрів склала 1.9 кеВ на γ-лінії 1173 та 1332 кеВ з розпаду 60Co.
В γ-спектрах, обробка яких проводилась за допомогою програми Winspectrum 2 надійно виділені γ-переходи, які супроводжують розпад ядер 119Tem, 121Tem, 123Tem, 125Tem, 127Tem, 129Tem, 111Cdm, 115Cdm,117Snm, 196Au та 180Ta як за величиною енергії, так і за періодом напіврозпаду. Зокрема на рис. 1 показано фрагмент γ-спектру опроміненої мішені металічного телуру.

Рис. 1. Фрагмент γ-спектру активованої мішені природ-ного металічного телуру. Його маса склала 3,5 г. Три-валість опромінення 2 годи-ни, тривалість витримки 11 діб, час вимірювання 18 діб.

Моделювання гальмівного спектру проводилось в рамках програмного коду Geant4 3. В той же час при вимірюванні наведеної активності мішеней коефіцієнти самопоглинання γ-квантів, які відпо-відають розпадам досліджуваних нуклідів розраховувались в рамках програмного коду MCNP [4].
Використовуючи стандартні формули активаційного аналізу [5] були розраховані експериментальні значення середньозважених виходів досліджуваних реакцій , які наведені в таблиці 1.
Було проведено моделювання досліджуваних реакцій в рамках програмного коду TALYS-1.96 [6]. Розраховані теоретичні виходи ( ) також показані в таблиці разом із енергетичними бар'єрами зазначених реакцій (Q).
Таблиця 1. Середньозважені виходи (γ,n)-реакцій на ядрах телуру, кадмію та олова

Реакція
Q, МеВ , мбн

120Te(γ,n)119Tem 9.8 12.5(17) 6.70(33)
122Te(γ,n)121Tem 7.3 12.3(12) 7.60(38)

124Te(γ,n)123Tem 7.4 32.3(29) 17.3(9)
126Te(γ,n)125Tem 10.9 65.1(66) 14.3(7)
128Te(γ,n)127Tem 7.3 16.7(30) 11.1(6)
130Te(γ,n)129Tem 8.5 26.7(56) 13.8(7)
112Cd(γ,n)111Cdm 9.8 5.6(5) 4.90(25)
116Cd(γ,n)115Cdm 8.9 8.9(32) 9.3(5)
118Sn(γ,n)117Snm 9.6 5.1(4) 9.2(5)
Для середньозважених виходів ( ), які розраховувались як згортка теоретичних перерізів, отриманих з коду TALYS-1.96 з гальмівним γ-спектром, похибка складається лише з похибки моде-лювання гальмівного спектру в коді Geant4, яка знаходиться в межах 5 % для даних граничних енергій гальмівних гамма-квантів.
Похибка потоку гальмівних γ-квантів в переважній більшості випадків є домінуючою при розра-хунку середньозважених виходів і знаходиться в межах 7 %. В нашому випадку похибки визна-чення квантових виходів в більшості випадків складали менше 1 %, оскільки ми використовувалися найбільш інтенсивні γ-лінії, статистична похибка визначення площ піків знаходилась в межах 1-6 %. Похибка визначення ефективностей реєстрації коливалася в межах 2-3 %, оскільки проводяться від-носні вимірювання. Тому загальна похибка середньозважених виходів знаходилась в межах 8-10 %. Окремі невизначеності, які значно перевищують 10% пов'язані зі значною похибкою квантових вихо-дів деяких γ-квантів.
Як видно з таблиці середньозважені виходи більшості (γ,n)-реакцій на ядрах телуру перевищують теоретичні дані у 1.5-2 рази. Це свідчить про значний внесок нестатистичних процесів в механізм перебігу даних реакцій. В той же час для ізотопів кадмію домінує статистичний механізм, оскільки теоретичні дані збігаються з експериментальними в межах похибки експерименту. Реакція 118Sn(γ,n)117Snm потребує додаткового аналізу.

1. Yu.P. Gangrsky, V.M. Mazur Phys.El. Part.At.Nucl. 33(3) (2002) 158.
2. N.V. Strilchuk The WinSpectrum manual (2000).
3. S. Agstinelli et al. Nucl. Instrum. Methods. Phys. Res A 506 (2003) 250.
4. J.F. Briesmeister, MCNP—A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Los Alamos National Laboratory Report LA-12625-M, 989, 1997.
5. V.A. Zheltonozhsky et al., Eur. Phys. Jour. A 57, 121 (2021)
6. A.J. Koning, S. Hilaire and M. C. Duijvestijn TALYS: Comprehensive nuclear reaction modeling. In: AIP Conference Proceedings. Proc. of the Inter. Conf. on Nucl. Data for Science and Technology, San-ta Fe, USA, 26 September-1 October, 2004 (Washington, 2005) p. 1154.

Authors: Dr ЖЕЛТОНОЖСЬКИЙ, Віктор (KINR); Mr САВРАСОВ, Андрій (KINR); Mr ДЕРЕЧКЕЙ, Петро (IEF); Prof. МАСЛЮК, Володимир (IEF); Mr САДОВНІКОВ, Леонід (KINR)

Presenter: Mr САВРАСОВ, Андрій (KINR)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **34** Type: **Секційна доповідь**

Дослідження (γ,p)-реакції на кадмії та телурі при граничній енергії гальмівних гамма-квантів 17.5 МеВ

Wednesday, May 28, 2025 1:35 PM (20 minutes)

Слабо дослідженими залишаються фотоядерні реакції з вильотом протонів, хоча в них заселяються інші збуджені стани, часто недоступні для (γ,γ')- і (γ,n)-реакцій. Причиною цього є високий кулонів-ський бар'єр, який значно знижує їх переріз. Тому вивчення даних реакцій дозволить пролити світло на механізми їх перебігу. Виходячи з вищевикладеного метою даної роботи є дослідження виходів напрацювання як ядер 111Agm+g, 112Ag та 113Agm+g в (γ,p)-реакції на ядрах кадмію, так і ядер 122Sbm+g, 124Sbm+g, 127Sb та 129Sbm+g в (γ,p)-реакції на ядрах телуру при опроміненні мішеней з природних металі-чних кадмію та телуру гальмівними гамма-квантами з енергією в області гігантського дипольного резонансу (ГДР).
Дослідження середньозважених виходів проводилось активаційним методом на гальмівному γ-пучку для граничної енергії гальмівних γ-квантів (Eгр) 17.5 МеВ. В якості моніторних мішеней вико-ристовувались зразки природного металічного танталу та золота. До них додавались мішені металіч-ного кадмію та телуру. В якості гальмівної мішені використовувався металічний тантал товщиною 1.05 мм, за яким на відстані 8 см розміщувались досліджувані мішені. Тантал та золото використову-вались для отримання потоку гальмівних γ-квантів за допомогою реакцій 181Ta(γ,n)180Ta та 197Au(γ,n)196Au, відповідно. Експериментальні перерізи даних реакцій добре відомі для монохромати-чних γ-квантів в досліджуваному енергетичному діапазоні. Виконувалось декілька серій опромінень та вимірювань в низькофоновій спектрометричній лабораторії.
Спектри опромінених мішеней вимірювались на двох гамма-спектрометрах, зібраних на базі над-чистих напівпровідникових детекторів фірм Canberra та Ortec з ефективністю реєстрації 15 та 40 % порівняно з NaI(Tl)-детектором розмірами 3''×3'' та блоків електроніки цих же фірм. Енергетична роздільна здатність спектрометрів склала 1.9 кеВ на γ-лініях 1173 та 1332 кеВ з розпаду 60Co.
В γ-спектрах, обробка яких проводилась за допомогою програми Winspectrum 1 надійно виділені γ-переходи, які супроводжують розпад 111Agm+g, 112Ag, 113Agm+g, 122Sbm+g, 124Sbm+g, 127Sb, 129Sbm+g, 196Au та 180Ta. Зокрема на рис. 1 показано фрагменти γ-спектру опроміненої мішені кадмію.

Рис. 1. Фрагмент γ-спектру активованої мішені металічного кадмію природного ізотопного складу. Його маса склала 1,8 г. Тривалість опромінення склала 2 години, період витримки 8 діб, тривалість вимірювання 8 діб.

Моделювання гальмівного спектру проводилось в рамках програмного коду Geant4 2. Враховувалась реальна геометрія гальмівної та експериментальних мішеней. Даний код враховує поглинання гальмівного пучка в усіх мішенях зі збірки, яка опромінювалася. В той же час при вимірюванні наве-деної активності мішеней коефіцієнти самопоглинання γ-квантів, які відповідають розпадам дослі-джуваних нуклідів розраховувались в рамках програмного коду MCNP 3.
Використовуючи стандартні формули активаційного аналізу [4] були розраховані експериментальні значення середньозважених виходів досліджуваних реакцій , які наведені в таблиці.
Було проведено моделювання досліджуваних реакцій в рамках програмного коду TALYS-1.96 [5]. Розраховані теоретичні виходи ( ) також показані в таблиці разом із енергетичними бар'єрами зазначених реакцій (Q).

Таблиця. Середньозважені виходи (γ,p)-реакцій на ядрах телуру та кадмію

Реакція Q
МеВ , мкбн

112Cd(γ,p)111Agm+g 9.6 88(10) 8.3(4)
113Cd(γ,p)112Ag 9.7 25.0(23) 1.60(8)
114Cd(γ,p)113Agm+g 10.3 54(16) 1.70(9)
123Te(γ,p)122Sbm+g 8.1 92.0(82) 30.0(15)
125Te(γ,p)124Sbm+g 8.7 20.2(18) 12.0(6)
128Te(γ,p)127Sb 9.6 4.4(5) 1.00(5)
130Te(γ,p)129Sbm+g 10 3.1(6) 0.110(5)

Для середньозважених виходів, які розраховувались за даними коду TALYS-1.96 ( ) похибка складається лише з похибки моделювання гальмівного спектру в коді Geant4, яка знаходиться в межах 5 % для даних граничних енергій гальмівних гамма-квантів, оскільки теоретичні виходи розрахову-ються як згортка модельованого гальмівного γ-спектру з теоретичними перерізами для монохроматич-них гамма-квантів з кроком 1 МеВ.
Похибка потоку гальмівних γ-квантів при розрахунку експериментальних середньозважених вихо-дів ( ) знаходиться в межах 7 %. В нашому випадку похибки визначення квантових виходів складали менше 1 %, оскільки ми використовувалися найбільш інтенсивні γ-лінії, статистична похи-бка визначення площ піків переважно домінувала в загальній невизначеності і перебувала в межах 4-28 %. Загальна похибка визначення ефективностей реєстрації коливалася в межах 2-3%, оскільки проводяться відносні вимірювання. Тому загальна похибка експериментальних середньозважених ви-ходів знаходилась в межах 9-29 %.
Як видно з таблиці середньозважені виходи усіх (γ,p)-реакцій, які виміряні нами вперше значно вищі теоретичних даних. Це свідчить про нестатистичний характер перебігу даних реакцій. Можли-вий значний внесок прямих та напівпрямих механізмів.

1. N.V. Strilchuk The WinSpectrum manual (2000).
2. S. Agstinelli et al. Nucl. Instrum. Methods. Phys. Res A 506 (2003) 250.
3. J.F. Briesmeister, MCNP—A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Los Alamos National Laboratory Report LA-12625-M, 989, 1997.
4. V.A. Zheltonozhsky et al. Eur. Phys. Jour. A 57 (2021) 121.
5. A.J. Koning, S. Hilaire and M. C. Duijvestijn TALYS: Comprehensive nuclear reaction modeling. In: AIP Conference Proceedings. Proc. of the Inter. Conf. on Nucl. Data for Science and Technology, San-ta Fe, USA, 26 September-1 October, 2004 (Washington, 2005) p. 1154.

Authors: Dr САВРАСОВ, Андрій (KINR); Dr ХОМЕНКОВ, Володимир (KINR); Dr ЖЕЛТОНОЖСЬКИЙ, Віктор (KINR)

Presenter: Dr САВРАСОВ, Андрій (KINR)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **35** Type: **Секційна доповідь**

Дослідження збудження ^{67}Cu в (γ,p)-реакції

Wednesday, May 28, 2025 3:55 PM (20 minutes)

67Cu є важливим радіонуклідом у ядерній медицині і є надзвичайно ефективним при терапії раку. Його ефективність в сотні разів перевищує усі відомі на сьогоднішній день способи радіотерапевтич-ного лікування раку внаслідок зручного періоду напіврозпаду (T1/2=61.8 год.) та випромінювання ни-зькоенергетичних електронів. Ядра 67Zn, на який розпадається 67Cu швидко виводяться з організму з сечовиною. Оскільки природню суміш міді складають два ізотопи 63Cu та 65Cu то даний радіонуклід неможливо отримати безпосередньо в (n,γ)-реакції на теплових нейтронах. Основним способом отри-мання 67Cu на сьогоднішній день є опромінення оксиду цинку збагаченого 68Zn та 70Zn протонами на лінійних та циклічних прискорювачах. В той же час залишається актуальним завдання пошуку реакцій, які призводять до напрацювання 67Cu. Виходячи з вищевикладеного метою даної роботи є дослі-дження виходів напрацювання ядер 67Cu в (γ,p)-реакції при опроміненні мішеней бетону зі значним вмістом цинку гальмівними гамма-квантами з енергією в області гігантського дипольного резонансу (ГДР). Дана реакція досліджувалась для гальмівних γ-квантів з граничною енергією вищою 30 МеВ (див. роботу 1 та посилання в ній).
Дослідження середньозважених виходів проводилось з використанням активаційного методу на гальмівному γ-пучку мікротрона М-30 для граничних енергій гальмівних γ-квантів (Eгр) 17.5 та 19.5 МеВ. Для обох Eгр в якості моніторних мішеней використовувались зразки природного металічного танталу та золота. До них додавалась мішень порошкоподібного бетону. В якості гальмівної мішені використовувався металічний тантал товщиною 1.05 мм, за яким на відстанях 8-42 см розміщувались досліджувані мішені. Тантал та золото використовувались для отримання потоку гальмівних γ-квантів за допомогою реакцій 181Ta(γ,n)180Ta та 197Au(γ,n)196Au, експериментальні перерізи яких реакцій добре відомі для монохроматичних γ-квантів в досліджуваному енергетичному діапазоні. Виконувалось де-кілька серій опромінень та вимірювань в низькофоновій спектрометричній лабораторії.
Спектри опромінених мішеней вимірювались на двох гамма-спектрометрах, зібраних на базі HPGe-детекторів фірм Canberra та Ortec з ефективністю реєстрації 15 та 40% порівняно з NaI(Tl)-детектором розмірами 3′′×3′′ та блоків електроніки цих же фірм. Енергетична роздільна здатність спектрометрів склала 1.9 кеВ на γ-лінії 1332 кеВ, яка спроводжує розпад 60Co.
В γ-спектрах, обробка яких проводилась за допомогою програми Winspectrum 2 з високою стати-стичною точністю виділені γ-переходи, які супроводжують розпад 65Zn та 67Cu. Зокрема на рис. 1 по-казано фрагмент γ-спектру опроміненої мішені подрібненого бетону при Eгр = 17.5 МеВ.

Рис. 1. Фрагмент γ-спектру активованої мішені подрібненого бетону при Eгр = 17.5 МеВ. Його маса склала 7,5 г. Тривалість опромінення 2 го-дини, тривалість витримки 50 годин, час вимі-рювання 19 годин.

Моделювання гальмівного спектру проводилось в рамках програмного коду Geant4 3. Враховувалась реальна геометрія гальмівної та експериментальних мішеней. Даний код враховує поглинання гальмівного пучка в усіх мішенях зі збірки, яка опромінювалася. В той же час при вимірюванні наве-деної активності мішеней коефіцієнти самопоглинання γ-квантів, які відповідають розпадам дослі-джуваних нуклідів розраховувались в рамках програмного коду MCNP [4].
Використовуючи стандартні формули активаційного аналізу [5], оскільки ми незнаємо вміст цинку в бетоні були розраховані експериментальні значення відношень середньозважених виходів реакцій 68Zn(γ,p)67Cu до 66Zn(γ,n)65Zn. Після цього дані відношення були перераховані з врахуванням вмісту 68Zn в природній ізотопній суміші і отримані відношення 68Zn(γ,p)67Cu до 68Zn(γ,n)67Zn.

Було проведено моделювання досліджуваних реакцій в рамках програмного коду TALYS-1.96 [6]. Розраховані теоретичні середньозважені виходи реакцій 66Zn(γ,n)65Zn та 68Zn(γ,n)67Zn узгоджуються з експериментальними даними роботи [7]. Враховуючи результати моделювання та отримані відношен-ня були розраховані середньозважені виходи реакції 68Zn(γ,p)67Cu, які склали 250(15) мкб та 650(46) мкб при Eгр =17.5 та 19.5 МеВ, відповідно.
Для середньозважених виходів, які розраховувались за даними коду TALYS-1.96 похибка склада-ється лише з похибки моделювання гальмівного спектру в коді Geant4, яка знаходиться в межах 5 % для даних граничних енергій гальмівних гамма-квантів.
Оскільки проводились відносні вимірювання то похибка потоку гальмівних γ-квантів була відсут-ня. В нашому випадку похибки визначення квантових виходів складали менше 1 %, оскільки ми ви-користовувалися найбільш інтенсивні γ-лінії, статистична похибка визначення площ піків перебувала в межах 1-2 %, Загальна похибка визначення ефективностей реєстрації коливалася в межах 2-3%, оскільки проводяться відносні вимірювання. Тому загальна похибка експериментальних середньозва-жених виходів знаходилась в межах 6-7 %, домінуючою при цьому є невизначеність теоретичного се-редньозваженого виходу реакції 68Zn(γ,n)67Zn.
Середньозважений вихід реакції 68Zn(γ,p)67Cu виміряний нами вперше при даних граничних енер-гіях гальмівних гамма-квантів. Причому при Eгр = 19.5 МеВ він порівняний з перерізом, отриманим в роботі 1 при Eгр = 30 МеВ, і це дозволяє напрацьовувати значну кількість ядер 67Cu на відносно де-шевому в експлуатації мікротроні М-30.

1. G.N. Hovhannisyan, T.M. Bakhshian and R.K. Dallakyan Nucl. Instrum. Methods. Phys. Res B498 (2021) 48.
2. N.V. Strilchuk The WinSpectrum manual (2000).
3. S. Agstinelli et al. Nucl. Instrum. Methods. Phys. Res A 506 (2003) 250.
4. J.F. Briesmeister, MCNP—A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Los Alamos National Laboratory Report LA-12625-M, 989, 1997.
5. V.A. Zheltonozhsky et al. Eur. Phys. Jour. A57 (2021) 121.
6. A.J. Koning, S. Hilaire and M. C. Duijvestijn TALYS: Comprehensive nuclear reaction modeling. In: AIP Conference Proceedings. Proc. of the Inter. Conf. on Nucl. Data for Science and Technology, San-ta Fe, USA, 26 September-1 October, 2004 (Washington, 2005) p. 1154.
7. A.M.Goryachev, G.N.Zalesnyy Vopr. Teor. i Yad. Fiz. 8 (1982) 121.

Authors: Dr САВРАСОВ, Андрій (KINR); Prof. СЛІСЕНКО, Василь (KINR); Dr ЖЕЛТОНОЖСЬКИЙ, Віктор (KINR); Dr МИЗНІКОВ, Дмитро (KINR); Dr КУЛІЧ, Надія (KINR)

Presenter: Dr САВРАСОВ, Андрій (KINR)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **36** Contribution code: **ПЛЗ** Type: **Пленарна доповідь**

Ядерно-фізичні методи пошуку аксіонів

Monday, May 26, 2025 1:20 PM (35 minutes)

Аксіон —гіпотетична частинка, запропонована для вирішення так званої «сильної CP-проблеми» у квантовій хромодинаміці, тобто відсутності порушення CP-парності у сильних взаємодіях. В 1977 році Печеі і Квін висунули гіпотезу, що збереження CP-парності у сильних взаємодіях обумовлено новою глобальною симетрією; спонтанне порушення цієї симетрії, як показали в 1978 році Вайнберг і Вільчек, має створювати масивні псевдоскалярні нейтральні частинки, які отримали назву аксіонів. Взаємодія аксіонів з частинками звичайної матерії дуже слабка, але вони ефективно народжуються у ранньому Всесвіті, тому аксіон вважається одним з найбільш вірогідних кандидатів на роль частинок темної матерії. Експериментальний пошук аксіонів здійснюється за допомогою широкого спектру методів, серед яких найбільш значимими є ядерно-фізичні, пов'язані з реєстрацією подій в енергетичному інтервалі від ~1 кеВ до ~10 МеВ. Так, потужним джерелом аксіонів може бути Сонце. Аксіони, якщо вони існують, мають утворюватися в центрі Сонця при конверсії рентгенівських теплових фотонів та/або у магнітних переходах збуджених ядер. Сонячні аксіони майже безперешкодно залишають зірку та можуть бути зареєстровані шляхом зворотної конверсії у лабораторному магнітному полі або шляхом когерентного перетворення у фотони у кристалічних детекторах, а також у резонансному поглинанні атомними ядрами або при розсіянні на електронах. Існують також експерименти, в яких джерелом аксіонів є ядерні реактори або радіонукліди. Експериментальний пошук аксіонів може бути як побічним результатом (наприклад, при дослідженнях сонячних нейтрино або подвійного бета-розпаду), так і основною метою спеціально сконструйованих детекторів. У будь-якому випадку, надзвичайно малі перерізи взаємодії аксіонів вимагають проведення експериментів у підземних умовах з використанням масивного зовнішнього захисту і просунутих методів зниження фону від космічних променів та природного радіоактивного розпаду. Непрямі методи пошуку космологічних та сонячних аксіонів пов'язані з реєстрацією космічних рентгенівських та гамма-квантів відповідними детекторами на супутниках. У оглядової доповіді буде описано сучасний стан пошуку аксіонів і аксіоноподібних частинок в експериментах, які виконуються в тому числі за участі та за ініціативою науковців ІЯД НАН України.

Author: Dr КОБИЧЕВ, Владислав

Presenter: Dr КОБИЧЕВ, Владислав

Session Classification: Пленарне засідання

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **37** Type: **Секційна доповідь**

Про особливості впливу кластерів у домішках матеріалу електродів на електропровідність плазми імпульсних електричних розрядів у воді

Monday, May 26, 2025 6:15 PM (20 minutes)

Розглянуто вплив домішок матеріалу електродів із вмістом кластерних частинок на електропровідність плазми імпульсних розрядів у воді. Проведені розрахунки електропровідності ґрунтувалися на методі моментів Ґреда. Показано, що невелика кількість домішок металів та вуглецю може суттєво змінити величину коефіцієнту електропровідності плазми порівняно із випадком чистої водяної пари. Виявлено, що домішки металів та вуглецю із вмістом кластерів можуть спричиняти як збільшення, так і зменшення електропровідності плазми, що пов'язано із процесами міжчастинкових зіткнень та наявністю кластерів.

Author: Mr ПОРИЦЬКИЙ, Павло (ІЯД НАН України)

Co-authors: Mr ГЛАДКОВСЬКИЙ, Володимир (НАН України); Mr ПАНЧЕНКО, Володимир (ІЯД НАН України); Mr ФЕДОРОВИЧ, Олег (ІЯД НАН України); Ms СВЯТА, Лілія (ІЯД НАН України)

Presenter: Mr ПОРИЦЬКИЙ, Павло (ІЯД НАН України)

Session Classification: Фізика плазми та керований термоядерний синтез

Track Classification: Фізика плазми та керованого термоядерного синтезу

Contribution ID: **38** Type: **Секційна доповідь**

АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ПОКАЗНИКІВ КОМПЛЕКСНОГО РАДІАЦІЙНОГО МОНІІТОРИНГУ В ЗОНІ ВПЛИВУ ДОСЛІДНИЦЬКОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ВВР-М ІНСТИТУТУ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАН УКРАЇНИ В 2021-2024 РР.

Friday, May 30, 2025 11:35 AM (20 minutes)

Наведені дані багаторічного комплексного радіаційного моніторингу в зоні впливу дослідницького реактора ВВР-М за 2001-2024 рр.

Author: ПАВЛЕНКО, Ірина (ІЯД)

Co-authors: МАЛЮК, Ігор (ІЯД); СВЯТУН, Оксана (ІЯД); СВАРИЧЕВСЬКА, Олена (ІЯД); ТЕЛЕЦЬКА, Світлана (ІЯД)

Presenter: ПАВЛЕНКО, Ірина (ІЯД)

Session Classification: Радіоекологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **39** Type: **Секційна доповідь**

Моделювання процесів опромінення мишоподібних гризунів для дозиметрії

Thursday, May 29, 2025 3:35 PM (20 minutes)

Проведений аналіз існуючих наукових джерел, присвячених різноплановим дослідженням дрібних гризунів з метою виявлення особливостей будови тіла та скелета, а також основних характеристик кісткового мозку. Спираючись на отримані дані створена модель мишоподібного гризуна для розрахунку доз, отриманих окремими ділянками кісткового мозку при опроміненні 90Sr.

Author: Mr ПАВЛОВСЬКИЙ, Владислав (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Co-author: Mr СТРІЛЬЧУК, Микола (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Presenter: Mr ПАВЛОВСЬКИЙ, Владислав (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Радіобіологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **40** Type: **Секційна доповідь**

Гематологічні показники мишоподібних гризунів за впливу радіонуклідного забруднення

Thursday, May 29, 2025 3:15 PM (20 minutes)

У роботі представлено результати дослідження показників периферичної крові мишоподібних гризунів виду Myodes glareolus (нориця руда), при моделюванні натурних експериментів зі зміною радіаційних умов проживання тварин, у співставленні з показниками проведених спектрометричних вимірювань. Виявлено зміни гематологічних показників у тварин, що мешкали у природних умовах Чорнобильської зони відчуження із різним рівнем радіонуклідного забруднення.

Author: Ms ГАНЖА, Олена (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Co-authors: Mr ПАВЛОВСЬКИЙ, Владислав (Інститут ядерних досліджень НАН України); Ms РОДІОНОВА, Наталія (Інститут ядерних досліджень НАН України); Ms ЛИПСЬКА, Алла (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Presenter: Ms ГАНЖА, Олена (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Радіобіологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **41** Contribution code: **ПЛ3** Type: **Пленарна доповідь**

Вплив опромінення на електрофізичні та оптичні характеристики світлодіодів вирощених на основі гомоперехідних структур та структур із квантовими ямами

Monday, May 26, 2025 12:45 PM (35 minutes)

Приведенні результати електронного опромінення на електрофізичні та оптичні характеристики світлодіодів вирощених на основі гомоперехідних структур та структур із квантовими ямами

Authors: Prof. ТАРТАЧНИК, Володимир (ІЯД); Mr СТРАТІЛАТ, Дмитро (ІЯД)

Presenter: Prof. ТАРТАЧНИК, Володимир (ІЯД)

Session Classification: Пленарне засідання

Track Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Contribution ID: **42** Type: **Секційна доповідь**

Динаміка радіонуклідного забруднення представників іхтіофауни водойми-охолоджувача ЧАЕС упродовж 2013-2024 рр.

Friday, May 30, 2025 12:35 PM (20 minutes)

ДИНАМІКА РАДІОНУКЛІДНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПРЕДСТАВНИКІВ ІХТІОФАУНИ ВОДОЙМИ-ОХОЛОДЖУВАЧА ЧАЕС УПРОДОВЖ 2013-2024 РР.
М. О. Меньковська, О. Є. Каглян, В. В. Беляєв, Д. І. Гудков
Інститут гідробіології НАН України, Київ, Україна

Водойма-охолоджувач (ВО) Чорнобильської АЕС (ЧАЕС), яка функціонувала як частина технологічного циклу електростанції, після аварії стала об'єктом тривалого радіоекологічного моніторингу. У водному середовищі тривалоіснуючі радіонукліди мігрують у розчиненому вигляді або у складі завислих часток і здатні накопичуватись водними організмами. 137Cs, завдяки хімічній подібності до калію, накопичується переважно у м'язовій тканині, тоді як 90Sr, за аналогією з кальцієм, відкладається у кісткових кальцевмісних органах та тканинах 1.

Мета даної роботи —оцінити рівні радіонуклідного забруднення 137Cs та 90Sr представників іхтіофауни ВО ЧАЕС упродовж 2023–2024 роки та проаналізувати динаміку їх питомої активності в рибі починаючи з часу пониження рівня води.

Зміни гідрологічного режиму ВО ЧАЕС, що сталися наприкінці 2014 р., призвели до трансформації водного ландшафту акваторії та розташованих навколо територій. Зокрема, на місці єдиного водного об'єкта утворилися ізольовані водойми зі зміненими гідрологічними, гідрохімічними та гідробіологічними характеристиками. Об'єктом досліджень було обрано одну з чотирьох головних залишкових водойм, іхтіофауна якої виявилась найбільш забрудненою радіонуклідами –північно-західну частину ВО, яку також називають як «стара тепла частина». Рибу відбирали з використанням пасивних знарядь лову. До аналізу було включено представників таких «мирних» видів: краснопірка звичайна Scardinius erythrophthalmus, плітка звичайна Rutilus rutilus, верховодка звичайна Alburnus alburnus, а також факультативний хижак –окунь звичайний Perca fluviatilis. Питому активність 90Sr та 137Cs визначали методом гамма- та бета-спектрометрії відповідно до стандартних методичних вказівок з радіоекологічного моніторингу 1.

Динаміка середньорічної питомої активності радіонуклідів у краснопірки (А) та окуня (Б) ВО упродовж 2013-2024 рр., Бк/кг.

Як видно з рис. А, на початку досліджуваного періоду з 2013 до 2016 рр. домінуючим радіонуклідом в представниках виду краснопірки звичайної залишався 137Cs: його питома активність у тканинах риб становила понад 1100 Бк/кг, тоді як вміст 90Sr, практично, залишався незмінним та не перевищував 300 Бк/кг.

Починаючи з 2017 р. відбулися суттєві зміни у структурі радіонуклідного забруднення: рівень 90Sr почав зростати, майже зрівнявшись із показниками 137Cs. У період з 2019 по 2024 рр. простежується стійка тенденція до росту 90Sr у краснопірці. Показники активності 90Sr стабільно зростають, досягаючи максимуму у 2024 р. –майже 1900 117 Бк/кг, що є найвищим за весь період спостережень. Величина середньорічної питомої активності 137Cs в цей період була меншою і становила 1300 292 Бк/кг у 2024 р. Особливо помітним є спад 137Cs у 2023 р., який контрастує з підвищенням вмісту 90Sr в організмі риб.

З 2019 року концентрація 90Sr у краснопірці упевнено перевищує концентрацію 137Cs, що є нетиповою для більш ранніх років. Таку динаміку можна пояснити низкою факторів, зокрема зміною гідрологічного режиму водойми –зниженням рівня води через припинення водопостачання з річки Прип'ять, який призвів до зростання об'ємної активності 90Sr у воді 2, що вплинуло на перерозподіл радіонуклідів у екосистемі, зокрема —на біологічну доступність 90Sr. Крім того, зміна гідрологічного режиму водойми призвела до змін складу основних угруповань гідробіонтів і, як наслідок, –до зміни кормової бази риб.

Як видно з рис. Б, отримані результати демонструють виразні зміни у рівнях забруднення представників окуня звичайного з тенденцією до зниження вмісту 137Cs та поступового зростання питомої активності 90Sr в рибі. Зокрема, максимальні значення активності 137Cs були зареєстровані у 2015 р. –понад 5800 Бк/кг, після чого спостерігали поступове зниження питомої активності радіонукліду до 2024 р. –більш ніж у 5 разів, наблизившись до значення 1100±265 Бк/кг. Така тенденція може бути пов'язана як із природною динамікою виведення радіонуклідів з організму риб, так і зі змінами у структурі трофічних зав'язків, зокрема зникненням певних об'єктів живлення, що характеризувались більш високими рівнями накопичення 137Cs.

На тлі загального зниження вмісту 137Cs у окуні, питома активність 90Sr виявляє протилежну динаміку. З початкових значень на рівні 100–300 Бк/кг у 2014–2016 рр., рівень 90Sr зростав майже щороку і досягнув близько 900±121 Бк/кг у 2024 р. Така тенденція свідчить про зростаючу роль 90Sr у загальному радіаційному навантаженні на риб, що є наслідком перерозподілу цього ізотопу в екосистемі після гідрологічних змін у водоймі.

У період 2013–2024 рр. у риб ВО ЧАЕС виявлено достовірне зростання питомої активності 90Sr як у краснопірки, так і в окуня. Починаючи з 2017–2018 рр. середньорічні значення вмісту 90Sr в рибі демонструють стабільну зростаючу динаміку, яка має достовірний характер. У краснопірки рівень 90Sr зріс із значень 300±59 Бк/кг у 2017 р. до 1900±117 Бк/кг у 2024 р. Для окуня активність 90Sr також зросла —з 90±24 Бк/кг у 2014–2015 рр. до понад 900±121 Бк/кг у 2024 р., що підтверджує загальну тенденцію, хоча абсолютні значення питомої активності для окуня суттєво нижчі, ніж у краснопірки.

Таким чином, в результаті аналізу динаміки радіонуклідного забруднення на прикладі риб ВО ЧАЕС за період 2013–2024 рр. встановлено ріст середньорічної питомої активності 90Sr в досліджуваних видах починаючи з 2018 р., що свідчить про збільшення біоакумуляції радіонукліду разом зі зростанням його об'ємної активності у воді. У той же час, не спостерігається чіткої динаміки середньорічного вмісту 137Cs для представників краснопірки звичайної. Проте нами виявлена тенденція до зменшення середньорічної питомої активності 137Cs у представників окуня звичайного. Порівняльний аналіз свідчить, що краснопірка накопичує значно більше 90Sr, аніж окунь, тоді як останній характеризується вищими рівнями 137Cs у перші роки спостережень. Такі відмінності можуть бути пов'язані з біологічними особливостями видів, зокрема харчовою поведінкою, середовищем існування та фізіолого-біохімічними механізмами накопичення радіонуклідів. Наші дослідження також показали, що станом на 2024 р. рівні вмісту 90Sr та 137Cs в десятки разів перевищують прийняті в Україні допустимі рівні вмісту радіонуклідів для рибної продукції 3.

Роботу виконано за підтримки Національного фонду досліджень України (проєкт № 2023.03/0156), Національної академії наук України, а також у співробітництві з Державним спеціалізованим підприємством «Екоцентр» Державного агентства України з управління зоною відчуження та Чорнобильським радіаційно-екологічним біосферним заповідником.

1. D.I. Gudkov et al. Biophysics.55(2) (2010) 332.
2. O.Ye. Kaglyan et al. Hydrobiological Journal. 59 (2) (2023) 97.
3. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів 90Sr та 137Cs у продуктах харчування та питної води

Author: Ms МЕНЬКОВСЬКА, Марія (Інститут Гідробіології НАН України)

Co-authors: Dr КАГЛЯН, Олександр (Інститут гідробіології НАН Украинї); Dr БЄЛЯЄВ, Володимир (Інстиут гідробіології НАН України); Prof. ГУДКОВ, Дмитро (Інститут гідробіології НАН України)

Presenter: Ms МЕНЬКОВСЬКА, Марія (Інститут Гідробіології НАН України)

Session Classification: Радіоекологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **43** Type: **Стендова доповідь**

Завдання деконволюції спектра: вибір параметра регуляризації за методом +S-кривий

Wednesday, May 28, 2025 5:55 PM (20 minutes)

У методі регуляризації під час вирішення завдання деконволюції спектра, тобто усунення спотворювального впливу апаратури при реєстрації експериментальних спектрометричних даних, важливим є вибір параметра регуляризації. Тези доповіді присвячені вибору параметра регуляризації на основі запропонованого індикатора балансу (вибір за методом +S-кривий).

Author: SOKOLOV, Alexander (Institute for nuclear research, NAS of Ukraine, Kyiv)

Presenter: SOKOLOV, Alexander (Institute for nuclear research, NAS of Ukraine, Kyiv)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **45** Contribution code: **ПЛЗ** Type: **Пленарна доповідь**

ІЯД НАН України в експериментах LHCb (CERN) та CBM (GSI/FAIR). Досягнення і виклики 2024 р.

Monday, May 26, 2025 11:25 AM (35 minutes)

Представлено вагомі результати 2024 р., досягнуті науковцями ІЯД НАН України в експериментах LHCb (CERN) та BM (GSI/FAIR) з пошуку умов здійснення фазових переходів в рамках квантової хромодинаміки. Розглянуто результати функціонування діючої та дизайн майбутніх систеи контролю безпечних і ефективних умов обох експериментів.
У тезі відомості, які становлять державну таємницю, службову інформацію ІЯД НАН України, не використовувалися.

Author: PUGATCH, Valery (Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine(KINR))

Presenter: PUGATCH, Valery (Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine(KINR))

Session Classification: Пленарне засідання

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **46** Type: **Секційна доповідь**

Програмне забезпечення для моніторингової системи RMS-R3 та результати за 2024 рік у експерименті LHCb

Wednesday, May 28, 2025 4:55 PM (20 minutes)

Представлено програмне забезпечення для моніторингової системи RMS-R3 та результати її роботи в експерименті LHCb за 2024 рік. Система, що складається з восьми детекторів, забезпечує вимірювання миттєвої світності та контроль відтворюваності умов експерименту. Розроблено програмне забезпечення у середовищі MONET з графічним інтерфейсом, що відображає проекції асиметрії для пар детекторів та забезпечує оперативне виявлення нештатних ситуацій. Асиметрія для протон-протонних зіткнень при 13,6 ТеВ залишається нижче 1%, підтверджуючи стабільність області взаємодії в межах 40 мкм у напрямках X/Y та 9 мм у напрямку Z. Аналіз даних для зіткнень PbPb виявив лінійну залежність між відгуком детектора і миттєвою світністю. Система продемонструвала високу чутливість, виявляючи зіткнення аж до надзвичайно низьких значень світності 10^{-24} $^{-2}$ $^{-1}$.

Authors: CHERNYSHENKO, Serhii (INR NAS of Ukraine); PUGATCH, Valery (Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine(KINR)); КИВА, Володимир (ІЯД НАН України); РАМАЗАНОВ, Дмитро (ІЯД НАН України); ОХРІМЕНКО, Олександр (ІЯД НАН України)

Presenter: CHERNYSHENKO, Serhii (INR NAS of Ukraine)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **47** Type: **Секційна доповідь**

Процедурна та технічна інтеграція дистанційних засобів контролю доступу в системи фізичного захисту об'єктів, призначених для поводження з РАВ та ДІВ в умовах дії воєнного стану й особливого періоду

Wednesday, May 28, 2025 5:35 PM (20 minutes)

У статті розглянуто концепцію впровадження дистанційних засобів контролю доступу як ситуаційного інструменту посилення систем фізичного захисту об'єктів, призначених для поводження з джерелами іонізуючого випромінювання (ДІВ) та радіоактивними відходами (РАВ), в умовах дії воєнного стану та особливого періоду, зокрема на прифронтових і тимчасово окупованих об'єктах. Обґрунтовано необхідність нормативного закріплення таких технічних та процедурних рішень у чинній законодавчій та нормативно-технічній базі у сфері фізичного захисту.

Запропоновано підходи до вдосконалення методик оцінки ризиків, які передбачають запровадження корегувальних коефіцієнтів, що враховують ситуаційні чинники (наприклад, наближеність до зони бойових дій, перебої зі зв'язком, втрата контролю над об'єктом).Окрему увагу приділено імовірнісним моделям аналізу загроз із урахуванням категорії джерел та типу впроваджених технічних засобів, при встановлених довірчих інтервалах.

Обґрунтовано доцільність використання стохастичних моделей прогнозування ризиків для формування адаптивних сценаріїв реагування в умовах значної невизначеності.Реалізація запропонованих підходів сприятиме збереженню базового рівня безпеки об'єктів навіть у разі евакуації персоналу, забезпечуючи стійкість систем фізичного захисту в умовах екстремальних викликів.

Дистанційні засоби контролю доступу не можуть повністю замінити традиційні системи фізичного захисту, однак вони мають стати невід'ємною частиною резервних процедур в умовах дії воєнного стану й особливого періоду. Інтеграція таких рішень у нормативну та технічну базу України забезпечить підвищення гнучкості систем фізичного захисту в умовах війни, зменшить ризики втрати ДІВ/РАВ та дозволить створити сучасну модель захисту критичних джерел в умовах непередбачуваних сценаріїв та екстремальних викликів.

Authors: ОСТАПЕНКО, Іван (Навчальний центр з фізичного захисту, обліку та контролю ядерного матеріалу імені Джорджа Кузмича); САМСОНЕНКО, Альона; КАЙДИК, Богдан (Навчальний центр з фізичного захисту, обліку та контролю ядерного матеріалу імені Джорджа Кузмича); ПАРХОМЕНКО, Вадим; ГАВРИЛЮК, Віктор (Навчальний центр з фізичного захисту, обліку та контролю ядерного матеріалу імені Джорджа Кузмича); ФЕЩЕНКО, Дмитро (Навчальний центр з фізичного захисту, обліку та контролю ядерного матеріалу імені Джорджа Кузмича); ЛЕВІНА, Олена (Навчальний центр з фізичного захисту, обліку та контролю ядерного матеріалу імені Джорджа Кузмича); ДРАПЕЙ, Сергій (Навчальний центр з фізичного захисту, обліку та контролю ядерного матеріалу імені Джорджа Кузмича)

Presenter: КАЙДИК, Богдан (Навчальний центр з фізичного захисту, обліку та контролю

ядерного матеріалу імені Джорджа Кузмича)

Session Classification: Атомна енергетика

Track Classification: Атомна енергетика

Contribution ID: **48** Type: **Секційна доповідь**

Monitoring of Radioactive Aerosols in Ground Level Air at the Stages of the Shelter Object Conversion into an Ecologically Safe System

Wednesday, May 28, 2025 4:15 PM (20 minutes)

The article presents the results of the analysis of long-term monitoring of radioactive aerosols (RA) to assess the radiation situation in ground level air near the Shelter Object (SO) during works by implementing projects to creation the New Safe Confinement (NSC), and also commissioning and operation the NSC.

Author: Dr КАЛИНОВСЬКИЙ, Олександр Костянтинович (Institute for Safety Problems of NPP of NAS of Ukraine)

Presenter: Dr КАЛИНОВСЬКИЙ, Олександр Костянтинович (Institute for Safety Problems of NPP of NAS of Ukraine)

Session Classification: Атомна енергетика

Track Classification: Атомна енергетика

Contribution ID: **49** Type: **Секційна доповідь**

Симуляції детектування та обробки сигналу детекторними модулями Кремнієвої Трекерної Системи (КТС) Експерименту CBM

Wednesday, May 28, 2025 12:35 PM (20 minutes)

Кремнієва Трекерна Система - Silicon Tracking System (STS) головний трекерний детектор експерименту CBM. Його основним завданням є реконструкція треків заряджених частинок та визначення їхніх імпульсів з високою точністю. Щоб відповідати цим вимогам, STS має забезпечити високу ефективність реконструкції точок взаємодії (близьку до 100%) і високу просторову роздільну здатність (⊠20 мкм), що призводить до необхідності побудови детектора з великою просторовою концентрацією каналів зі зчитувальною електронікою на основі інтегральних мікросхем, та магнітним полем понад 1Т. Для вимірювання імпульсу зарядженої частинки необхідна наявність сильного магнітного поля, оскільки кривизна траєкторії частинки обернено пропорційна імпульсу. Необхідність високої роздільної здатності за імпульсом вимагає малої кількості матеріалу в чутливому об'ємі детектора для уникнення багатократного кулонівського розсіяння частинок. Щоб відповідати вимогам експерименту, STS має працювати при високій густині заряджених частинок в об'ємі детектору (до 700 заряджених частинок на одне центральне Au+Au зіткнення).

Authors: PUGATCH, Valery (Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine(KINR)); Dr ТЕКЛІШИН, Максим (GSI, Дармштадт); КШИВАНСЬКИЙ, Олександр (ІЯД НАН України)

Presenter: КШИВАНСЬКИЙ, Олександр (ІЯД НАН України)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **50** Type: **Секційна доповідь**

Внесок каскадного сумування при визначенні квантових виходів гамма-променів в розпаді 235 U

Wednesday, May 28, 2025 5:35 PM (20 minutes)

У представленій роботі докладно описано методику проведених вимірювань еталонних зразків урану за допомогою високочутливого детектора, проведено
порівняння табличних та визначених в даній роботі експериментальних значень квантових виходів в діапазоні 200 –450 кеВ для 235_U, а також проаналізовані можливі джерела виникнення виявлених розбіжностей, зокрема вплив геометрії вимірювань, каскадного і випадкового сумування гамма- та
рентгенівських квантів.
Отримані результати мають практичне значення для підвищення точності неруйнівного аналізу уранвмісних матеріалів, зокрема для цілей ядерної криміналістичної експертизи.

Authors: МАЛЮК, Ігор (ІЯД); ТРИШИН, Володимир (ІЯД); ЛЕБЕДЬ, Вікторія (КНУ ім. Т. Шевченко); СТРІЛЬЧУК, Микола (Інститут ядерних досліджень НАН України); ЖУКОВ, Олександр (ІЯД)

Presenter: ЛЕБЕДЬ, Вікторія (КНУ ім. Т. Шевченко)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **51** Type: **Секційна доповідь**

Search for the Inelastic Scattering of Weakly Interacting Massive Particles on the ^{178m2}Hf Isomer

Tuesday, May 27, 2025 3:15 PM (30 minutes)

In this report we present the results of our experimental search for dark matter using the ^{178m2}Hf isomer 1. The use of long-lived nuclear isomers as targets to study exothermic reactions for the detection of dark matter was proposed in 2020 2. And the first experiment aimed at the search for dark matter using the ^{178m2}Hf isomer was conducted in 2023 3.
The idea to detect dark matter using nuclear isomers is the following: during inelastic scattering of WIMPs on the long-lived excited nuclear state some specific excited states can be populated that are not populated during the spontaneous decay of this isomer. And if the excitation energy, as in the case of the ^{178m2}Hf isomer, is very high (E = 2446.05 keV, Fig. 1), such excited states can also have high energy and decay with the emission of high-energy γ-rays. This can significantly increase the sensitivity of dark matter detection experiments, since the natural background at high energies is much lower.
In 3, 11 excited levels of 178Hf were selected, which are the most attractive in the search for dark matter. For each of them, based on the obtained upper limit on the intensity of depopulating γ-transition, the corresponding half-lives for dark-matter-induced transitions were estimated. As a result, the longest half-life was obtained as T1/2 > 1.79 × 105 years.
Our ^{178m2}Hf isomer target has an activity < 100 Bq, which allows measurements to be carried out in zero geometry. In addition to the 178m2Hf isomer a number of long-lived nuclides and isomers such as 60Co, 101Rh, 102mRh, 108mAg, 133Ba, 150Eu, 152Eu, 154Eu, 158Tb, 173Lu, 174Lu, 172Hf and 179Ta are present in the target [4]. The γ-spectrum of our ^{178m2}Hf isomer target was measured for 106 s using a CANBERRA® BE2825 HPGe detector shielded only by 2 cm Pb (Fig. 2). The efficiency calibration curve from 334 to 1344 keV was obtained using 150Eu and from 1344 to 2000 keV - using B-Spline extrapolation.

Fig. 1. The scheme of the spontaneous decay of the ^{178m2}Hf isomer with only the most intense γ-transitions. Two excited levels of 178Hf, which might be populated during inelastic scattering of weakly interacting massive particles on the ^{178m2}Hf isomer, are shown.

Fig. 2. The γ-spectrum of the ^{178m2}Hf isomer (blue) and the background spectrum (red). Isomer peaks and its sum peaks are marked in dark blue, while background peaks and the strongest peaks of isotopes present in the target are labeled in dark red.

We reviewed the list of 178Hf levels that may be the most attractive for the search for dark matter, i.e. the levels which decay by γ-rays with energies above 1000 keV and branching ratios greater than 27%. There are more than 50 such levels, and more than 60 corresponding γ-transitions. 17 most promising transitions were analyzed in detail. In general, we obtained the best estimate of T1/2j, which slightly exceeds 9×10^5 yr, for the transitions with energies of 1340.460 and 1893.17 keV.
For further improvement of such experiments, it is required:
- a much stronger (104 - 105 Bq) isomer target allowing:
– less critical dependence on background radiation;
– measurements in a non-zero geometry minimizing the sum peaks;
– $\gamma - \gamma$ coincidence measurements.
- radiochemical removal of other nuclides present in the isomer target;
- passive and active protection of the detector against background radiation;
- an experiment conducted in low background conditions of an underground laboratory.

Bearing this in mind, we went forward and performed the next series of experiments. First, AntiCompton spectrometer was used in the AntiCoincidence [5] and Coincidence modes (the last experiment is still ongoing). Secondly, the ultra-low background experiment was performed at

Gran Sasso National Laboratory (Italy) last summer, while its results are still processed.
The AntiCompton spectrometer consists of (Fig. 3):
- GR1519 HPGe detector and NaI detector placed cup-to-cup with small cavity for a source;
- Additional 4 NaI detectors are placed symmetrically around the crystal of the HPGe detector for the effective Compton scattering detection.

As a result, γ-rays from the excited levels of 178Hf, which might be populated during inelastic scattering of WIMPs on the ^{178m2}Hf isomer and which correspond to transitions to the 8-, 2+ та 0+ excited levels of 178Hf, present in the spontaneous decay scheme of the ^{178m2}Hf isomer, do not fall into any coincidences. Therefore, such γ-rays would be accumulated in the AntiCoincidences spectrum, which significantly improves the background conditions (Fig. 4). In fact, there are 31 such levels and 35 corresponding γ-transitions.

Fig. 3. Schematic representation of the AntiCompton spectrometer shows the approximate location of the HPGe detector, the central NaI detector, two of the four side NaI detectors and the applied filters.

Fig. 4. Traditional (red) and $\gamma - \gamma$ AntiCoincidence (blue) γ-spectra. The ^{178m2}Hf Isomer peaks and its sum peaks (blue) plus the peaks of background and other nuclides (dark red) are shown.

Of those 11 transitions recognized as promising in 3, only one transition is in our list, namely the transition with energy of 1678.82 keV. For this transition we improved the $_{1/2}$ estimate by almost 30 times (from 1.79×10^5 yr to 53.14×10^5 yr). The best estimate of $_{1/2}$, which reaches 99.27×10^5 yr, was obtained for the transition with energy of 1715.06 keV (more than 55 times higher than the best estimate in 3).
As for the preliminary result of our ultra-low background experiment, the limits on $_{1/2}$ of the dark-matter-induced transitions are improved by about 70 times and reached $T_{1/2} > 124 \times 10^5$ years. Further progress of such experimental efforts will be discussed.

1. V. Kirischuk, V. Didkovskiy, S. Drapey, et al. Phys. Lett. B 865 (2025) 139489.
2. M. Pospelov, S. Rajendran, and H. Ramani. Phys. Rev. D 101 (2020) 055001.
3. D.S.M. Alves, S.R. Elliott, R. Massarczyk, et al. Phys. Rev. Lett. 131 (2023) 141801.
4. V.I. Kirischuk, A.M. Dovbnya, S.S. Kandybei, et al. J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 40 (2013) 105106.
5. V. Kirischuk, S. Drapey, A. Savrasov, et al. Revised & Submitted to Eur. Phys. Lett. on 30 April 2025.

Author: Dr КИРИЩУК, Володимир (ІЯД НАН України)

Presenter: Dr КИРИЩУК, Володимир (ІЯД НАН України)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **52** Type: **Секційна доповідь**

Beam and Background Monitoring System for the CBM Experiment at FAIR/GSI

Tuesday, May 27, 2025 12:15 PM (20 minutes)

The CBM (Compressed Baryonic Matter) experiment at GSI/FAIR (Darmstadt) is scheduled to start data taking in 2028. The main goal is to study the phase diagram of QCD in the region of high baryon densities. Extreme conditions will be realized at the accelerator complex SIS100 (FAIR) in the energy domain of 2 -10 GeV/nucleon. Statistically important data require high frequencies of nuclear interactions: 0.1 - 1 MHz (2028), 10 MHz (2030 - 2032), 100 MHz. (after MAPS modernization 2035-2040). High radiation loads need to be permanently monitored to provide safe and effective conditions of the experiment.

We shall present two options of building relevant radiation monitoring system. The general approach for the proposed options is based on the metal foil detectors technology, proved to be radiation hard and reliable. Straight-forward solution foresees to exploit the detectors assembly RMS-R3 operating in the LHCb experiment till the end of RUN-3 data taking in 2026. Some results will be presented demonstrating is excellent performance. In particular, the impressive results obtained by applying asymmetry method show the RMS-R3 capability to monitor the evolution of instantaneous luminosity as well as reproducibility of the safe and effective beam and background conditions.

Given the fact of a limited space and desire to minimize the radiation length we have worked out the second option of th monitoring system, named MS-SL-CBM-R1 (Monitoring System-Super Light for the CBM RUN-1). While the construction layout remains the same as in the RMS-R3 case, the building elements are different

Targeting the minimization of the overall thickness. This is possible by the fact that operational; principle of the Metal Foil Detectors I based on the Secondary Electron Emission taking place in about 50 nm surface layer of a sensor foil under the hit by charged particles. Th whole detector assembly is built in a plane perpendicular to the beam axis symmetrically in the vertical and horizontal directions allowing to apply an asymmetry method for monitoring of the interaction region and background contribution.

Authors: CHAUS, Andrii (INR NAS of Ukraine); Mr CHERNYSHENKO, Serhii (INR NAS of Ukraine); PUGATCH, Valery (Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine(KINR)); КИВА, Володимир (ІЯД НАН України); РАМАЗАНОВ, Дмитро (ІЯД НАН України); ПУГАЧ, Михайло; КШИВАНСЬКИЙ, Олександр (ІЯД НАН України); КОВАЛЬЧУК, Олексій (ІЯД НАН України)

Presenter: PUGATCH, Valery (Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine(KINR))

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **53** Type: **Секційна доповідь**

Релятивізація в квантовій механіці

Monday, May 26, 2025 4:45 PM (20 minutes)

Релятивізація в квантовій механіці

С. П. Майданюк

Південний центр теорії ядерної фізики, Інститут сучасної фізики, Хуейчжоу, Китай

У доповіді буде розглянута ідея релятивізації у квантовій механіці.
Квантові властивості ядерних сил є важливими, які базуються на квантовій механіці. В той же час, рівняння Дірака сформульовано для опису релятивістської інваріантності рівнянь для ферміона, що рухається у вакуумі. Тут хвильова функція по суті описує рух ферміона лише для надбар'єрних енергій, що собою являє прояв класичної (не квантової) фізики. Властивостей поведінки ферміона для підбар'єрних енергій уникнуто. Але відомо, що суто квантові властивості процесів (та взаємодій) найбільш потужно розкриваються для підбар'єрних енергій.
Попередній аналіз показав, що використання рівняння Дірака має декілька недоліків в повному описі квантових властивостей процесів. Наприклад, виконання квантових властивостей можна проаналізувати з більш глибокого вивчення розсіяння частинок на ядрах. А саме, компоненти резонансного та потенційного розсіяння дають таке розуміння та їх можна було б оцінити для перевірки рівнянь Дірака. Але виявляється, що такий аналіз та навіть формалізм, що міг би дати такі оцінки, відсутні в релятивістських моделях на сьогодні. Але методи квантової механіки запропоновують тести для оцінок та самі виконуються з надзвичайно високою точністю (до 14 значущих цифр у реакціях захоплення альфа-частинок ядрами [1, 2]).
Цю невідповідність можна було б розвязати, якщо узагальнити рівняння Шредингера для релятивістських енергій (зробити так звану релятивізація квантової механіки). В роботі поставлено питання, як саме можна узагальнити рівняння Шредингера для опису релятивістських ефектів та одночасно зберегти опис квантових ефектів. Виявлено, що таке узагальнення може бути розвинуто по-різному для низьких та високих енергій. У області низьких енергій можна розвивати формалізм теорії збурень (або послідовних релятивістських корекцій). До цієї області енергій відноситься рівняння Паулі, як перше наближення рівняння Дірака (для наступних корекцій див. 3, також [4]). Тут можна отримувати спін-орбітальну взаємодію. В області високих енергій теорію збурень не можна застосувати в принципі. До цієї області можна віднести процеси, що вивчаються у фізиці адронів, ядерних зіткнень при релятивістських енергія, т.д.. Але тут нами знайдено точне аналітичне перетворення рівняння Дірака у вигляді одномірного рівняння типу Шредингера, у якому присутній новий додатковий член потенціалу взаємодії. Цей додатковий член пояснюється не врахуванням релятивістських ефектів (енергій), а різницею між рівнянням Дірака та Шредингера при однакових енергіях. Тобто два рівняння дають різні результати опису природи для однакових фізичних явищ. Висновок такий. Якщо рівняння Шредингера більш точно підтверджується експериментами, тоді рівняння Дірака є наближенням в опису квантових властивостей ядерних процесів (для однакових енергій розсіяння). Або навпаки, якщо більш точно може бути підтверджено експериментально рівняння Дірака, тоді рівняння Шредингера є наближеним та воно повинно бути скоректовано додаванням цього додаткового нового члена у потенціал взаємодії (навіть, для низьких енергій). З'ясувати, який варіант правильний, може майбутній експеримент. Можна оцінити, чи важлива та як може проявлятися ця властивість у задачах ядерної фізики. У доповіді буде представлено такі оцінки та висновки з аналізу таких оцінок.

1. S. P. Maydanyuk, P.-M. Zhang, L.-P. Zou. New quasibound states of the compound nucleus in α-particle capture by the nucleus 2017. arXiv: 1711.07012. Phys. Rev. C 96 014602 (2017) 014602

2. S. P. Maydanyuk, P.-M. Zhang, S. V. Belchikov. Quantum design using a multiple internal reflections method in a study of fusion processes in the capture of alpha-particles by nuclei 2015. arXiv: 1504.00567. Nucl. Phys. A 940 (2015) 89
3. А. И. Азиезер, В. Б. Берестецкий. Квантовая электродинамика (М: Наука, 1981) с. 432.
4. D. Anchishkin. Nonrelativistic approximations of the relativistic equations and subbarrier relativistic effects. J. Phys. A: Math. Gen. 30 (1997) 1303.

Author: МАЙДАНЮК (ІЯД)

Presenter: МАЙДАНЮК (ІЯД)

Session Classification: Теоретична ядерна фізика

Track Classification: Теоретична ядерна фізика

Contribution ID: **54** Type: **Секційна доповідь**

Швидкі магнітозвукові моди у плазмі з двома сортами йонів

Monday, May 26, 2025 3:55 PM (20 minutes)

Вивчення власних коливань (мод) у токамаках зазвичай проводиться у припущенні, що плазма містить один сорт йонів, а саме, йони водню або дейтерію. Проте йонна компонента плазми у термоядерному реакторі складатиметься з йонів дейтерія (D) та тритія (T). Крім того, на найбільших токамаках JET (СК) та TFTR (США) вже здійснено експерименти де дейтерієва плазма містила тритій, причому частка тритію варіювалася від кількох відсотків (так званому «попередньому тритієвому експерименті») до 60 % [1-3]. Ці факти обумовлюють необхідність вивчення властивостей власних коливань у D-T плазмі.
Метою цієї роботи є узагальнення результатів роботи [4], де вивчалися швидкі магнітоакустичні моди (ШММ) у плазмі з одним сортом йонів в іонно-циклотронному діапазоні частот, на випадок плазми з двома сортами йонів, зокрема, з дейтерієм та тритієм. Ці високочастотні ШММ спостерігалися в багатьох експериментах на токамаках. Вони можуть відповідати за надтеплову йонно-циклотронну емісію (ICE), див. огляди [5-6]. Ймовірно, вони можуть призвести до просторового каналювання енергії та імпульсу швидких іонів [7-8].
Особливістю плазми з двома сортами йонів є поява йон-йонного гібридного резонансу, що ускладнює фізику ШММ. Крім того, у цьому випадку циклотронна частота енергійних йонів ($\omega_{B\alpha}$), які збуджують ШММ, не тотожня циклотронній частоті теплових йонів плазми (ω_{Bi}). Завдяки цьому знімається виродження циклотронних частот, що важливо для розуміння фізики ICE: Частотний спектр ICE характеризується піками на циклотронних гармоніках, а при $\omega_{B\alpha} \neq \omega_{Bi}$ можна зрозуміти, чи піки відповідають швидким йонам чи тепловим йонам. Втім, у випадку D-T плазми $\omega_{B\alpha} = \omega_{BD}$, тому виродження частот зніметься за умови, що піки ICE відповідатимуть, наприклад, гармонікам циклотронної частоти тритію або йон-йонному резонансу.
В роботі виведено відповідні рівняння. Проведено їх аналіз як у наближенні WKB, а також шляхом розв'язку задачі на власні значення, використовуючи числовий код, що узагальнює код роботи [4].

1 J D Strachan et al. Plasma Phys. Control. Fusion 39 (12B) (1997) B103.
2 P.R. Thomas. Nuclear Fusion 39 (11) (1999) 1619.
3 V.G. Kiptily et al. Nucl. Fusion 64 (2024) 086059.
[4] O.S. Burdo,Ya.I. Kolesnichenko. Physics Letters A 384 (2020) 126825.
[5] R.O. Dendy, K.G. McClements. Plasma Phys. and Control. Fusion 57 (2015) 044002.
[6] N.N. Gorelenkov. New J. Phys. 18 (2016) 105010.
[7] Ya.I. Kolesnichenko, Yu.V. Yakovenko, V.V. Lutsenko. Phys. Rev. Lett. 104 (2010) 075001.
[8] Ya.I. Kolesnichenko, et al, Phys. Plasmas 31 (2024) 112509.

Author: Dr BURDO, Oleg (Institute for Nuclear Research, Kyiv)

Co-author: Prof. KOLESNICHENKO, Yaroslav (Institute for Nuclear Research, Kyiv)

Presenter: Dr BURDO, Oleg (Institute for Nuclear Research, Kyiv)

Session Classification: Фізика плазми та керований термоядерний синтез

Track Classification: Фізика плазми та керованого термоядерного синтезу

Contribution ID: **55** Type: **Секційна доповідь**

Властивості високоенергетичних резонансних станів у ядрі ^{8}Be

Thursday, May 29, 2025 12:15 PM (20 minutes)

Властивості високоенергетичних резонансних станів у ядрі ^{8}Be

В. І. Жаба, В. С. Василевський, Ю. А. Лашко

Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України, Київ, Україна

Досліджено природу та структуру високоенергетичних резонансних станів у ^{8}Be, розташованих поблизу порогу p+^{7}Li. Для вивчення формування цих резонансів використовується мікроскопічна багатокластерна та багатоканальна модель [1, 2]. Предметом нашого вивчення є структура та домінантні канали розпаду подвійних резонансних станів (резонансів-близнюків) з позитивною парністю (1+, 2+, 3+ та 4+).
Оскільки основна увага приділяється аналізу збуджених станів поблизу порогу розпаду ^{7}Li+p ядра ^{8}Be, важливо розглянути всі трикластерні конфігурації, які можуть генерувати найважливіші бінарні канали в цьому діапазоні енергій. Для цього ми використовуємо два окремі модельні простори, кожен з яких розроблений для врахування певного набору трикластерних конфігурацій та відповідних бінарних каналів. Перший модельний простір складається з трьох трикластерних конфігурацій:
^{4}He + ^{3}H + p, ^{4}He + ^{3}He + n, ^{4}He + d + d,
які дозволяють нам врахувати такі бінарні канали:
p + ^{7}Li, ^{3}H + ^{5}Li, n + ^{7}Be, ^{3}He + ^{5}He, d + ^{6}Li, ^{4}He + ^{4}He.
Другий модельний простір доповнює перший, включаючи додаткову трикластерну конфігурацію ^{4}He+2p+2n, що дозволяє розглянути два додаткові бінарні канали: 2n+^{6}Be, 2p+^{6}He. Одна зі складових кожного бінарного каналу розглядається явно як двокластерна підсистема. Тому модель забезпечує більш реалістичний опис внутрішньої структури взаємодіючих кластерів, кожен з яких має різні характеристики кластеризації. Більше того, цей підхід дозволяє враховувати поляризацію кластерів, тобто здатність кластерів змінювати свій розмір і форму при наближенні до іншого кластера.
Як нуклон-нуклонну взаємодію ми обрали потенціал Хасегави-Нагати. Вхідні параметри моделі підібрані так, щоб відтворити енергії основного 3/2− та першого збудженого 1/2− станів ^{7}Li та ^{7}Be.
Дана модель пояснює, як формуються резонансні стани 2+, що лежать нижче порогу p+^{7}Li. Продемонстровано, що ці резонанси є станами Фешбахівського типу, що виникають внаслідок зв'язку відкритого каналу ^{4}He+^{4}He із закритими каналами p+^{7}Li, n+^{7}Be та d+^{6}Li при цих енергіях. Загалом, цей підхід забезпечує реалістичний опис експериментально спостережуваного резонансного спектру 3 поблизу порогу розпаду ^{7}Li+p, включаючи стани негативної парності 1− та 2−. Наші результати узгоджуються з іншими мікроскопічними розрахунками [4-6], але пропонують більш детальне розуміння внутрішньої структури та шляхів розпаду цих резонансів.
Ми провели детальний аналіз структури резонансних станів близнюків 1+, 2+, 3+ та 4+ та визначили їхні домінуючі канали розпаду. Продемонстровано, що кластерна поляризація відіграє вирішальну роль у формуванні цих резонансів-близнюків. Показано, що з вибраним нуклон-нуклонним потенціалом неможливо отримати два резонансні стани 2+ нижче порогу p+^{7}Li без врахування кластерної поляризації. Без поляризації один з цих резонансів знаходиться трохи нижче порогу p+^{7}Li, тоді як другий - вище нього. Врахування кластерної поляризації значно знижує другий резонансний стан 2+, що добре узгоджує обидва резонанси з експериментальними даними.
На противагу цьому, енергії 1− та 2− резонансів поблизу порогу розпаду ^{7}Be+n ядра ^{8}Be значною мірою нечутливі до ступеня поляризації бінарних підсистем. 2− резонанс та

найнижчий 1– стан можуть бути пов'язані з розсіянням нейтронів на основному та першому збудженому станах ^{7}Be відповідно, тоді як другий 1– резонанс узгоджується з конфігурацією розсіяння ^{3}He на ^{5}He.
Вплив резонансних станів на поперечні перерізи та астрофізичні S-фактори реакцій буде досліджено в наступній роботі. Особлива увага буде приділена області низьких енергій у вхідних каналах реакцій, які включають утворення та розпад ядер ^{6}Li, ^{7}Li та ^{7}Be.

1. Y.A. Lashko, V.S. Vasilevsky, V.I. Zhaba. Phys. Rev. C 109 (2024) 045803.
2. V.I. Zhaba, Yu.A. Lashko, V.S. Vasilevsky. Many-channel microscopic cluster <br> model of ^{8}Be. I. Formation of high-energy resonance states 2025. arXiv:2503.23222 [nucl-th].
3. D.R. Tilley et al. Nucl. Phys. A 745 (2004) 155.
4. P. Descouvemont, D. Baye. Nucl. Phys. A 573 (1994) 28.
5. J.P.L. Fernandez, N. Michel, M. Ploszajczak. EPJ Web of Conferences 311 (2024) 00016.
6. P. Gysbers et al. Phys. Rev. C 110 (2024) 015503.

Authors: ЖАБА, Віктор Іванович (Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України); ВАСИЛЕВСЬКИЙ, Віктор Семенович (Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України); ЛАШКО, Юлія Анатоліївна (Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України)

Presenter: ЖАБА, Віктор Іванович (Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України)

Session Classification: Теоретична ядерна фізика

Track Classification: Теоретична ядерна фізика

Contribution ID: **56** Type: **Секційна доповідь**

Аналіз динаміки ^{90}Sr в організмі мишоподібних гризунів для дозиметричних розрахунків

Thursday, May 29, 2025 3:55 PM (20 minutes)

Для реалістичної оцінки процесів дозоутворення нами був проведений аналіз кінетики ізотопу 90Sr в організмі дрібних гризунів. Спираючись на дані власних досліджень та інформацію з наукової літератури була проаналізована динаміка накопичення ізотопу в м’яких тканинах та скелеті мишоподібних гризунів, яка демонструє співвідношення вмісту 90Sr для тварин різного віку.

Author: Mr ДРОЗД, Іван (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Co-author: Mr ПАВЛОВСЬКИЙ, Владислав (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Presenter: Mr ПАВЛОВСЬКИЙ, Владислав (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Радіобіологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **57** Type: **Секційна доповідь**

Нелінійна динаміка затухаючих іонно-циклотронних хвиль, що збуджуються нестійкою дрейфовою хвилею

Monday, May 26, 2025 3:15 PM (20 minutes)

In the present work, we study nonlinear dynamics of the wave triplet with frequencies $\omega_n \approx -n\omega_{ci}$, $n = (-1, 0, 1)$, where ω_{ci} is the ion cyclotron frequency. The analysis is carried out in the framework of simplified version of the so called 'cyclokinetics'described in 1. Growth rate of the $n = 0$ drift wave, $\gamma_0 > 0$, and damping rates of the $n = \pm 1$ cyclotron waves, $\gamma_{\pm 1} < 0$, are considered as free parameters. The system of coupled nonlinear equations for the amplitudes of the triplet companions and their phase mismatch has a fixed point solution (Fig.1), i.e. the power is transferred from the unstable drift wave to the damped cyclotron companions.
Under physically relevant condition $|\gamma_1| \gg |\gamma_{-1}|$ 2, fixed-point solution shown in Fig.1 becomes unstable. Shown by the bold line in Fig.2 is the boundary between stable fixed points and stable limit cycles on the (Δ, ν_2) plane, for $\nu_3 = |\gamma_{-1}|/\gamma_0 = 2$.

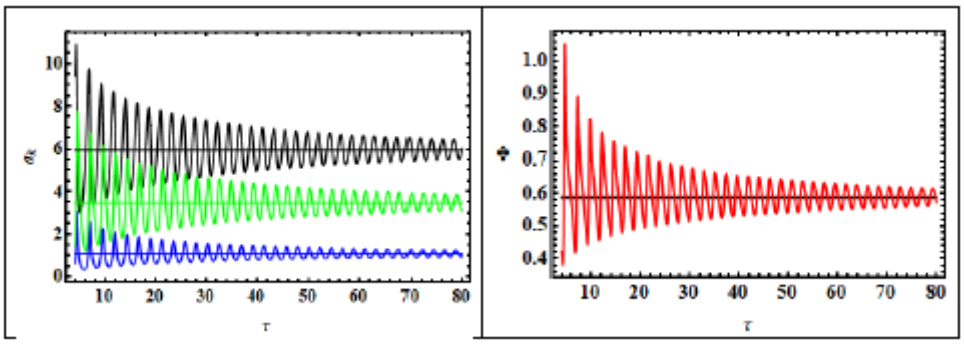

Figure 1:

Fig.1. An example of the fixed-point solution for the normalized parameters $\Delta = \delta/\gamma_0 = 8.66$, with δ the frequency mismatch, $\nu_3 = |\gamma_{-1}|/\gamma_0 = 2$, $\nu_2 = |\gamma_1|/\gamma_0 = 12$. Shown in the left plot are amplitudes a_n with $n = 0$ (black), $n = -1$ (green), and $n = 1$ (blue). The right plot is the phase mismatch $\Phi, \tau = \gamma_0 t$.

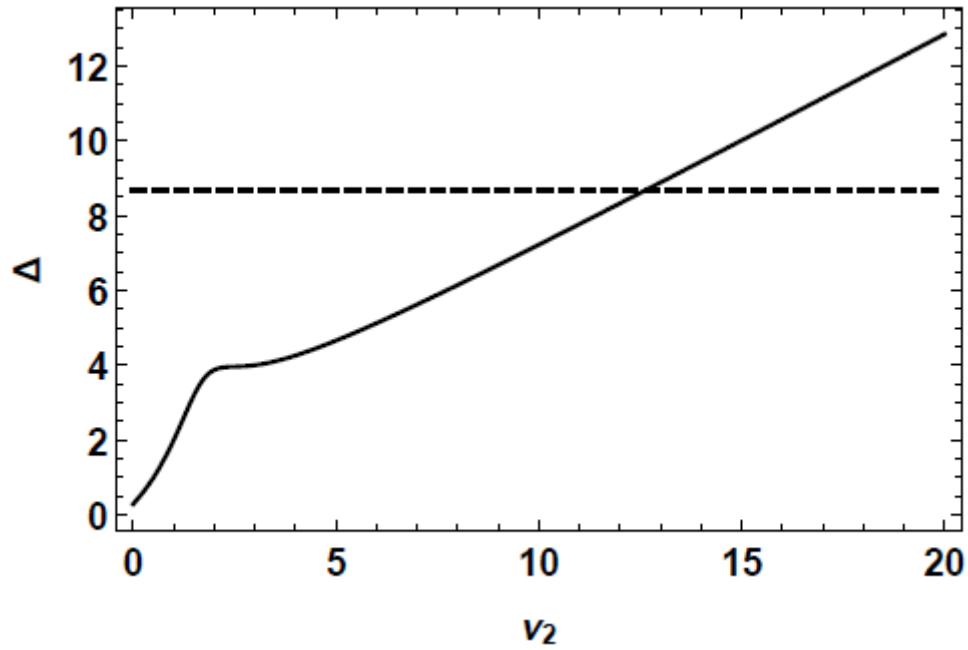

Figure 2:

Fig.2. Critical curve $\Delta_{cr}(\nu_2, \nu_3 = 2)$ (bold line). Fixed points are stable for $\Delta > \Delta_{cr}$. Dashed line is $\Delta = \delta/\gamma_0 = 8.66$. Hopf bifurcation occurs at $\nu_{2\,cr} = 12.6$.

An example of the stable limit cycle is shown in Fig.3 for $\nu_2 = 20$. Cyclotron companions exhibit well separated pulses of their amplitudes, which are accompanied by sudden jumps of the phase mismatch, the latter is mainly responsible for the high incoherency of the signals on the synthetic spectrograms shown in Fig.4. Note that the peak power of the signal with $\omega \approx -\omega_{ci}$ is an order of magnitude lower than that with $\omega \approx \omega_{ci}$, as shown in Fig.5.

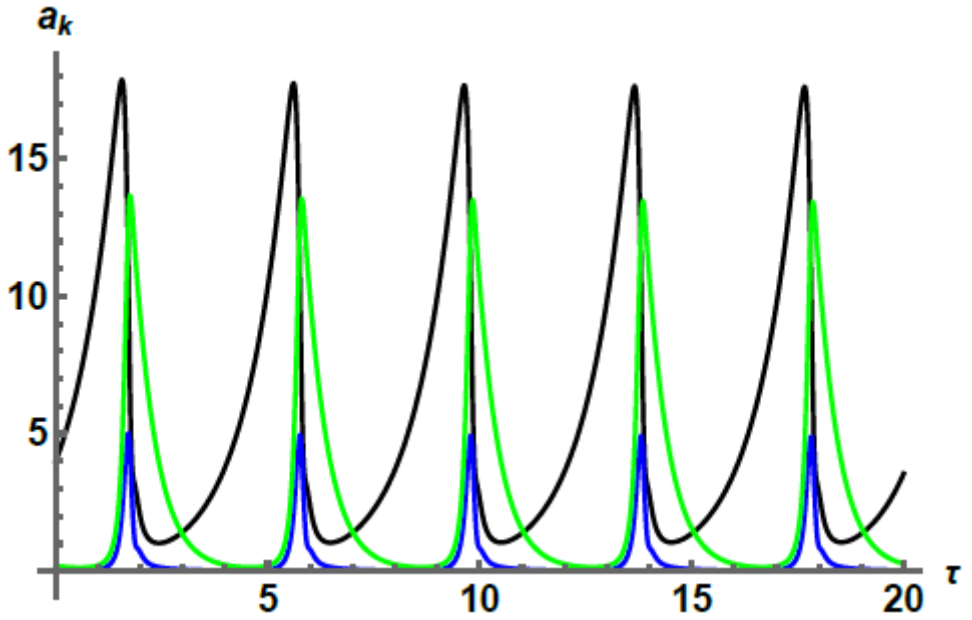

Figure 3:

Fig.3. An example of the stable limit cycle for $\Delta = \delta/\gamma_0 = 8.66$, $\nu_3 = |\gamma_{-1}|/\gamma_0 = 2$, $\nu_2 = |\gamma_1|/\gamma_0 = 20$. The color code is the same as in the left plot of Fig.1.

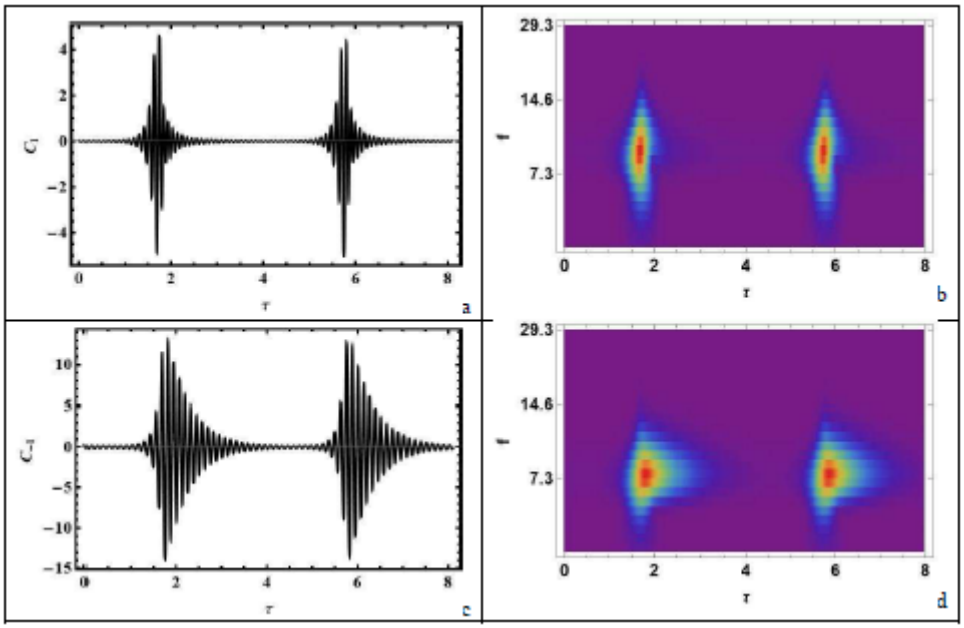

Figure 4:

Fig.4. Real parts of the normalized potentials $C_n = \mathrm{Re}\phi_n(\tau)$ with $n = \pm 1$ (a,c) and corresponding scalograms of the full signals ϕ_n (b,d), for the limit cycle shown in Fig.3. Here and in Fig.5, $f = |\omega_n|/2\pi$.

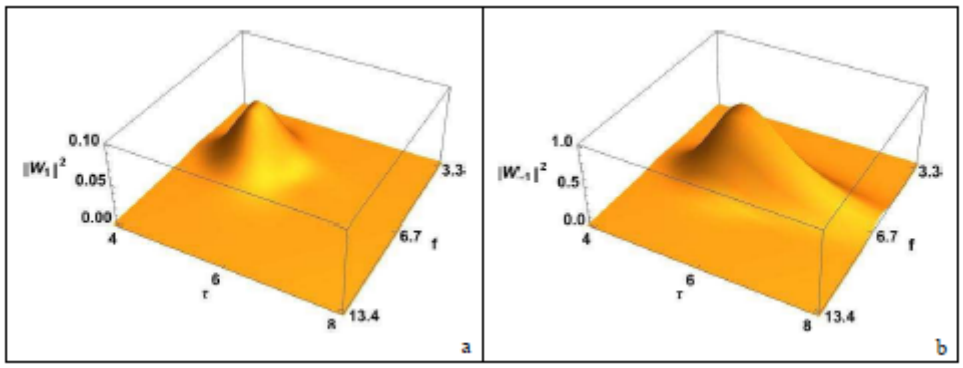

Figure 5:

Fig.5. Power spectrum $|\tilde{n}_e(f,\tau)|^2$ (normalized to 1 for $n = -1$) for the separate burst shown in Fig.3. Note that $|W_1/W_{-1}|^2 \approx \gamma_{-1}/\gamma_1 = 0.1$.

In summary, the low-frequency unstable drift wave can excite the pair of high-frequency damped ion cyclotron waves with $\omega \approx \pm\omega_{ci}$. Due to huge damping of the companion with $\omega \approx -\omega_{ci}$,

nonlinear dynamics of the triplet exhibit stable limit cycles with well separated bursts of the amplitudes, accompanied by the sudden jumps of the phase mismatch between companions. All these features are broadly consistent with observations of the 'ion cyclotron emission'in the Ohmic shots at the MAST-U spherical torus 3.

1. R.E. Waltz and Z. Deng, Phys. Plasmas 20, 012507 (2016).
2. M. Raeth and K. Hallatschek, arXiv:2310.1598v1, 24 Oct 2023.
3. N.A. Crocker et al. «New experimental measurements of the core ion cyclotron emission via Doppler back-scattering in MAST-U Ohmic plasmas», 30th ITPA Topical Group meeting on Energetic Particle Physics, Culham Centre for Fusion energy, Abigdon UK, 23-24 October 2023.

Author: Dr MARCHENKO, Victor (Institute for Nuclear Research, Kyiv)

Co-author: Dr REZNIK, Svyatoslav (Institute for Nuclear Research, Kyiv)

Presenter: Dr MARCHENKO, Victor (Institute for Nuclear Research, Kyiv)

Session Classification: Фізика плазми та керований термоядерний синтез

Track Classification: Фізика плазми та керованого термоядерного синтезу

Contribution ID: **58** Type: **Секційна доповідь**

Структури в фазовому просторі швидких йонів при взаємодії цих йонів зі швидкими магнітозвуковими модами

Monday, May 26, 2025 4:15 PM (20 minutes)

Відомо, що просторове каналювання енергії та імпульсу швидких йонів дестабілізованими власними модами 1, зокрема просторове каналювання швидкими магнітозвуковими модами (ШММ) розглядається як одне з пояснень аномальної втрати енергії в деяких розрядах на сферичному торі NSTX 2 та експериментах з покращеним утримання в DT розрядах на токамаку JET 3. Метою роботи є дослідження можливості ШММ передавати значну частину енергії швидких йонів, тобто оцінити ширину резонансних островів, що виникають в результаті резонансної взаємодії моди і швидкого йона. А саме, вивчення особливостей в структурі резонансного острова в фазовому просторі швидкого йона, які виникають в результаті взаємодії хвиля-частинка через циклотронний резонанс. Такий аналіз і оцінка кількості мод з певною амплітудою необхідною для того, щоб відібрати енергію швидких йонів в певному енергетичному діапазоні були отримані для альфвенових мод в роботі [4]. В нашій роботі аналіз проводився для ШММ з частотами в діапазоні першої циклотронної гармоніки. Нестійкості з такими частотами спостерігались на NSTX[5], JET[6] та MAST[7]. Для того щоб отримати оцінки для ШММ, що збуджуються через циклотронний резонанс, необхідно врахувати важливі особливості структури, яка виникає в фазовому просторі в результаті циклотронного резонансу. Обмін енергією між модою і частинкою вимагає взаємодії глобального резонансу і локального резонансу. Глобальний резонанс (ГР) - це резонанс між частотою хвилі і частотами, що характеризують орбітальний рух частинки; локальний резонанс (ЛР) - резонанс між частотою хвилі і локальною циклотронною частотою з урахуванням доплерового зсуву.
В роботах [8, 9] було показано, що взаємодія між ГР і ЛР може спричиняти появу набору вторинних островів поблизу кожного резонансного острова, який виникає коли амплітуда збурення є достатньо великою. Виникає так зване “резонансне павутиння”(resonance web) [8, 9], Рис.1. Іншою особливістю, що виникає в результаті взаємодії, є розщеплення ГР на набір сателітів з порівняними амплітудами.

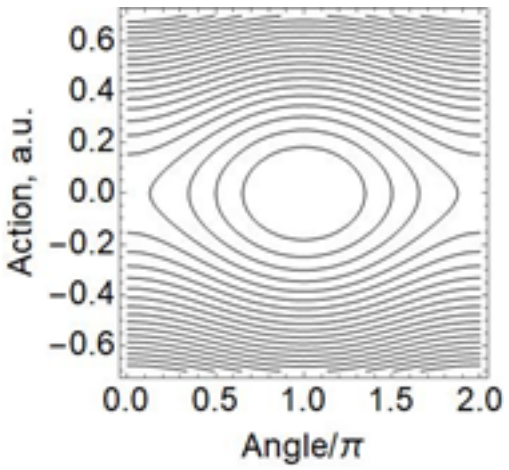

Figure 6:

nbsp;nbsp;nbsp;nbsp;nbsp;nbsp;

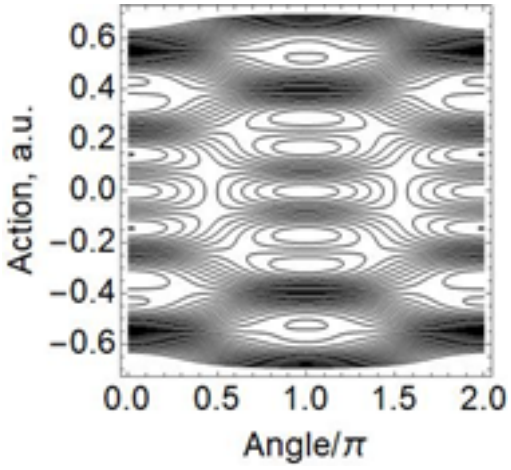

Figure 7:

Рис.1. Траєкторії резонансного руху на площині дія-кут у випадку, коли збурення діє на заряджену частинку поштовхами. (зліва) Фази хвилі в точках поштовхів слабко залежать від змінної дії; форма резонансного острова є "класичною". (справа) Фази хвилі в точках поштовхів сильно залежать від змінної дії; формується "резонансне павутиння".

Наші розрахунки виконувались для пролітних швидких йонів з малим ларморівським радіусом ($\rho \ll r$, де ρ - ларморівський радіус і r - малий радіус магнітної поверхні). Впливом обертання плазми на рух швидких йонів знехтувано. Отримано загальні вирази для характерної ширини "резонансного павутиння"і частоти руху частинки в островах, що його утворюють.

1. Kolesnichenko Ya.I., Yakovenko Yu.V. and Lutsenko V.V. 2010 Phys. Rev. Lett. 104 075001
2. Belova E.V., Gorelenkov N.N., Fredrickson E.D., Tritz K. and Crocker N.A. 2015 Phys. Rev. Lett. 115 015001
3. Kolesnichenko Ya.I., Lutsenko V.V., Tyshchenko M.H., Weisen H., Yakovenko Yu.V. and JET Contributors 2018 Nucl. Fusion 58 076012
4. Tyshchenko M.H. and Yakovenko Yu.V. 2015 Probl. Atom. Sci. Tech. 1 49
5. Gorelenkov N.N. et al. 2002 Nucl. Fusion 42 977
6. Heidbrink W.W., Fredrickson E.D., Gorelenkov N.N., Rhodes T.L. and Van Zeeland M.A. 2006 Nucl. Fusion 46 324
7. Appel L.C., Fülöp T., Hole M.J., Smith H.M., Pinches S.D., Vann R.G.L. and The MAST Team 2008 Plasma Phys. Control. Fusion 50 115011
8. Kolesnichenko Ya.I., White R.B. and Yakovenko Yu.V. 2002 Phys. Plasmas 9 2639
9. White R.B. 1998 Phys. Rev. E 58 1774

Author: Dr TYSHCHENKO, Marharyta (Institute for Nuclear Research, Kyiv)

Co-author: YAKOVENKO, Yurii (Institute for Nuclear Research, Kyiv, Ukraine)

Presenter: Dr TYSHCHENKO, Marharyta (Institute for Nuclear Research, Kyiv)

Session Classification: Фізика плазми та керований термоядерний синтез

Track Classification: Фізика плазми та керованого термоядерного синтезу

Contribution ID: **59** Type: **Секційна доповідь**

Тороїдальні альвенові власні моди, що розповсюджуються проти напрямку струму в токамаках

Monday, May 26, 2025 5:15 PM (20 minutes)

У роботі проаналізовано механізми дестабілізації тороїдальних альвенових власних мод (TAE) в токамаках з метою виділити ті з них, які можуть приводити до збудження мод, що розповсюджуються проти напрямку струму (контр-TAE). Розглянуто як плазми із джерелами швидких йонів (інжекція нейтральних атомів, нагрівання на йонно-циклотронному резонансі, термоядерні реакції) та без них (омічні розряди). Зокрема розглянуто розряд #205072 у сферичному токамаку NSTX-U з незбалансованою інжекцією нейтральних атомів 2, в якому спостерігалися контр-TAE. Числовим моделюванням було знайдено TAE-моди із модовими числами $n = 1$, $m = 2/3$, частоти яких відповідають спостереженням. Зроблено висновок, що моди збуджувалися завдяки анізотропії розподілу інжектованих йонів за швидкостями, бо їх радіальний розподіл був пласким в центральній області плазми, де локалізовані знайдені моди.

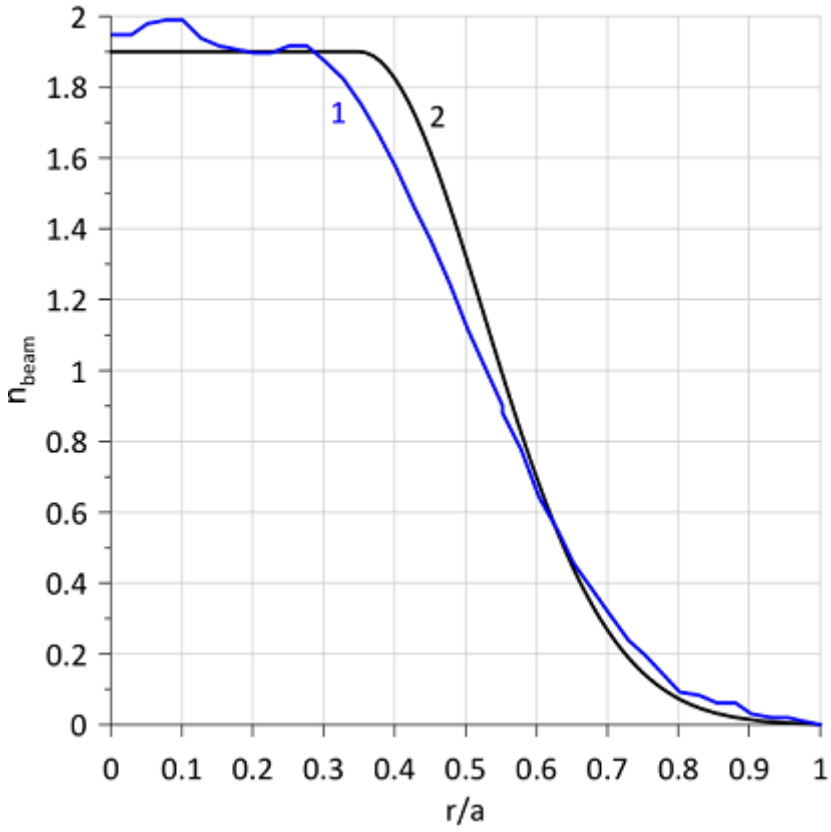

Figure 8:

Рис. 1. Радіальний профіль концентрації інжектованих швидких йонів у розряді #205072 на NSTX-U: експериментальні дані з роботи 2 (1) та згладжений профіль, що використовувався нами для моделювання (2).

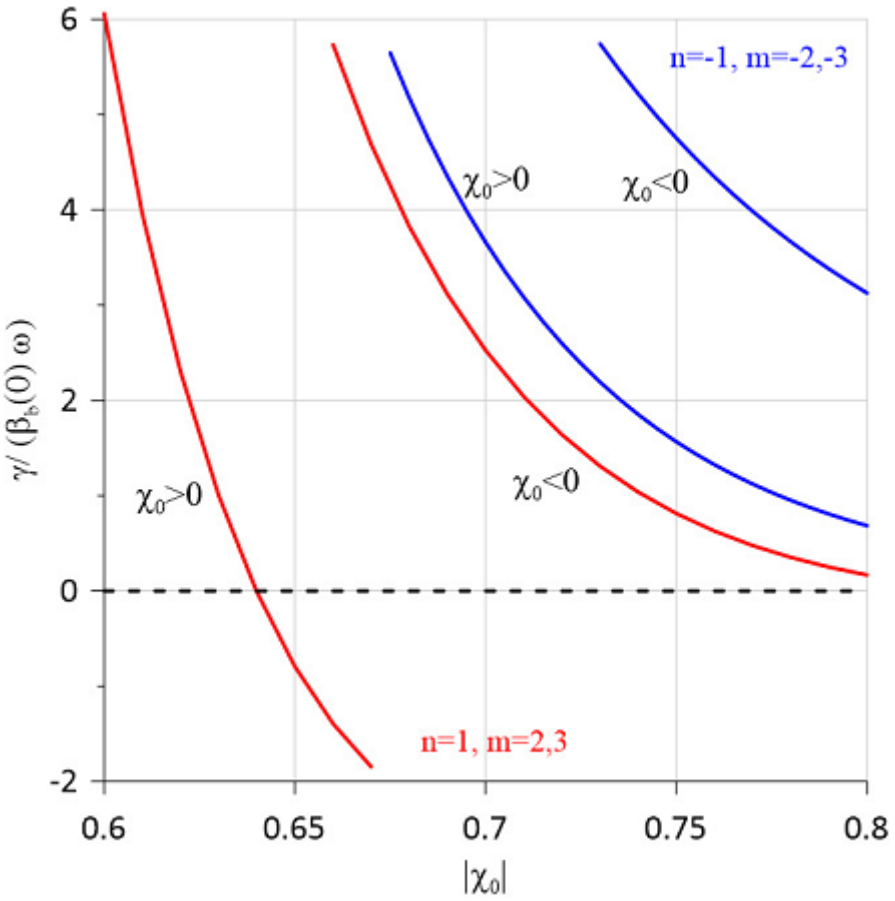

Figure 9:

Рис. 2. Інкременти нестійкості для знайдених альвенових мод із модовими числами $n = 1$, $m = 2/3$ в залежності від пітч-кута швидких йонів χ та напрямку розповсюдження моди (показано кольором).

Робота частково підтримана грантом U.S. Department of Energy № DE-FG02-06ER54867 через партнерський проект P786/UCI Subaward #2022-1701 Університету Каліфорнії (Ірвайн), Українського науково-технічного центру та Інституту ядерних досліджень.

1. W.W. Heidbrink, E.C. Hansen, M.E. Austin, G.J. Kramer, and M.A. Van Zeeland, Nucl. Fusion 62 (2022) 066020.
2. M. Podestá et al., Nucl. Fusion 58 (2018) 082023.
3. E. Fredrickson et al., Phys. Plasmas 7 (2000) 4121.
4. Y. Liu et al., Phys. Plasmas 23 (2016) 120706.
5. T. Wang, X. Zhu, L. Zeng, S. Briguglio, G. Vlad, F. Zonca, Zh. Qiu, Plasma Phys. Contr. Fusion 65 (2023) 055026.
6. X. Zhu et al., Phys. Plasmas 29 (2022) 062504.
7. H. Vernon Wong, H.L. Berk, Phys. Letters A 251 (1999) 126-131.
8. H.L. Berk, J. W. Van Dam, Z. Guo, and D. M. Lindberg, Phys. Fluids B 4(7) (1992) 1806.

Author: KOLESNICHENKO, Yaroslav (Institute for Nuclear Research, Kyiv)

Co-authors: LUTSENKO, Vadym (Institute for Nuclear Research, Kyiv); ТИХИЙ, Антон (ІЯД)

Presenter: ТИХИЙ, Антон (ІЯД)

Session Classification: Фізика плазми та керований термоядерний синтез

Track Classification: Фізика плазми та керованого термоядерного синтезу

Contribution ID: **60** Type: **Секційна доповідь**

Дрейфово-альвенові та дрейфово-звукові коливання у стелараторній плазмі

Monday, May 26, 2025 5:35 PM (20 minutes)

У роботі представлено рівняння для низькочастотних власних мод у стелараторах, в яких враховано стисливість та діамагнетизм плазми, а також внесок швидких йонів. За допомогою цих рівнянь можна вивчати коливання у діапазоні дрейфових частот. За допомогою розробленого числового коду, який розв'язує простий варіант цих рівнянь, показано, що глобальна геодезична акустична мода зникає, коли відношення тиску плазми до тиску магнітного поля стає достатньо малим. Використана у цій роботі модель приводить до аперіодичних нестійкостей на градієнті температури йонів, одна з яких дрейфово-альвенового, а інша –дрейфово-звукового типу. Альвенова нестійкість легше збуджується у плазмах із $T_i/T_e < 1$. На прикладі розрядів із стеларатора W-7X та токамака TFTR (рис. 1 та 2) показано, що знайдений у цій роботі поріг нестійкості був перевищений у W-7X, що супроводжувалося та імовірно призвело до турбулентності і як наслідок поганого утримання енергії, але не в розряді TFTR, де утримання в центральній області плазми було дуже добрим, завдяки чому була досягнута рекордна температура йонів 36 кеВ.

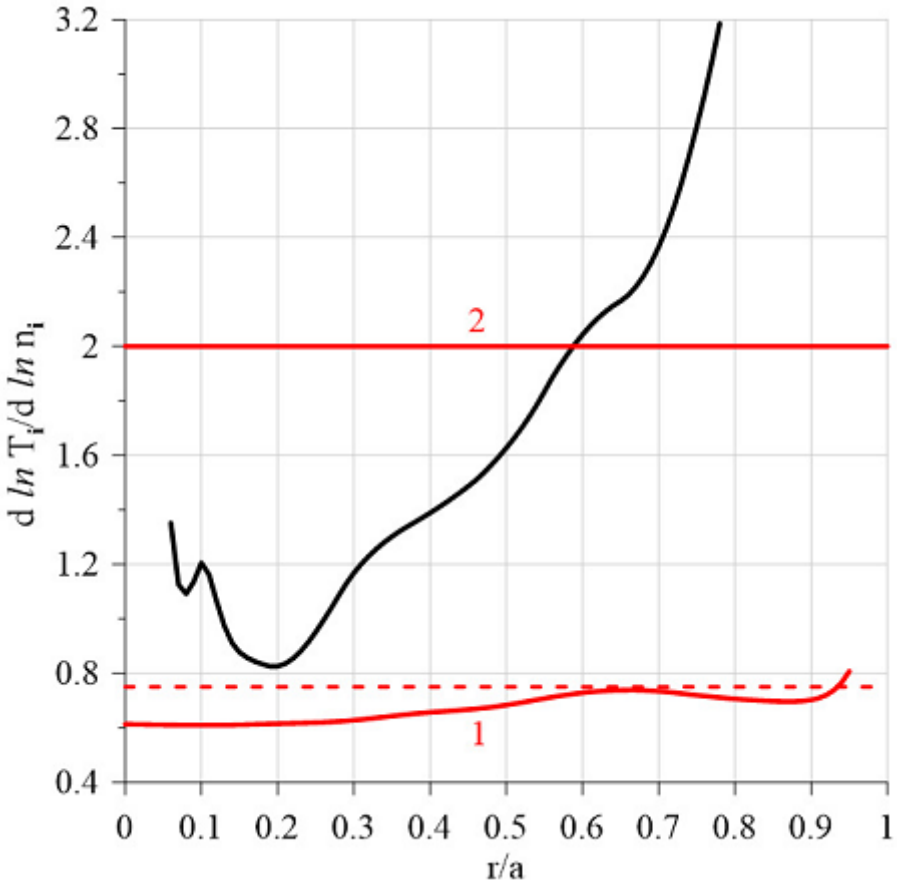

Figure 10:

Рис. 1. Радіальний профіль $\eta_i = d\ln T_i/d\ln n_i$ (чорна лінія) та пороги нестійкості (лінія 1: $\eta_i = 0.75 T_i/T_e$; лінія 2: $\eta_i = 2$; штрихована лінія: $\eta_i = 0.75$) у розряді на W-7X, показаному

на рис. 2 роботи [8]. Область дрейфової нестійкості займає весь об'єм плазми.

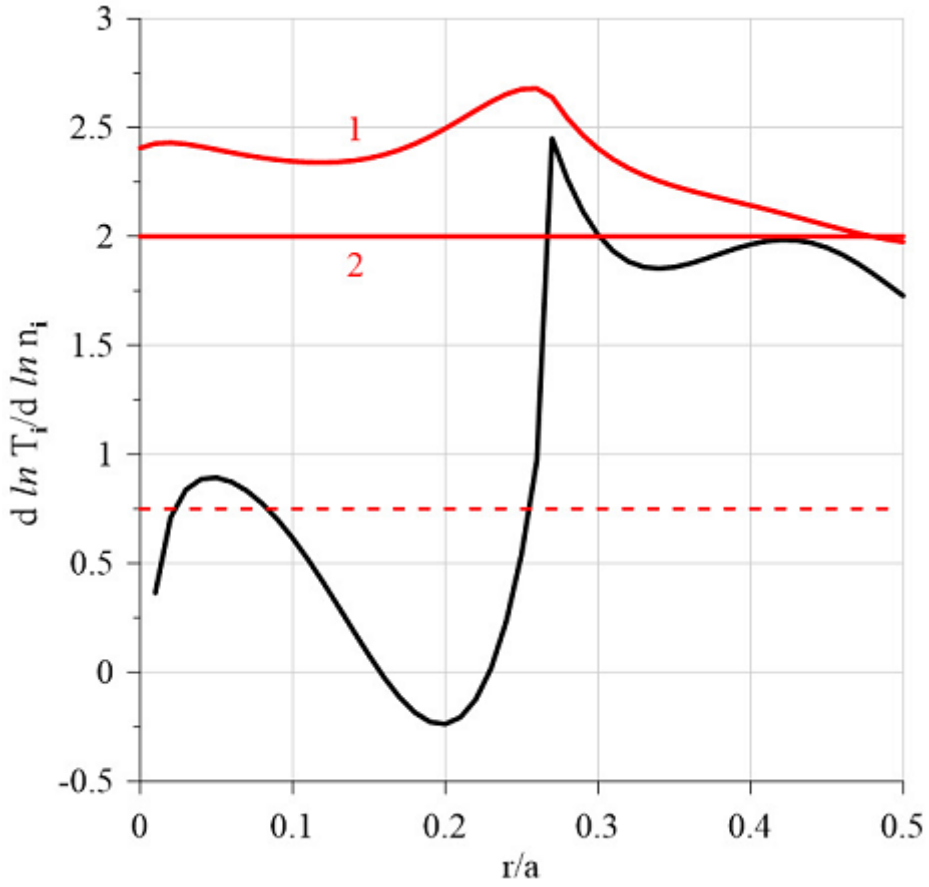

Figure 11:

Рис. 2. Те ж саме, що на Рис. 1, але для розряду "supershot"на TFTR (рис. 3 роботи [9]); параметри плазми у цьому розряді надійно відомі лише у центральній області ($r/a < 0.27$).

Робота виконана в рамках консорціуму EUROfusion.

1. S.B. Ballinger et al. Nuclear Materials and Energy 27 (2021) 100967.
2. T. Windish et al., Plasma Phys. Control. Fusion 59 (2017) 105002.
3. J. Ramos, Phys. Plasmas 12 (2005) 112301.
4. Zonca F, Chen L and Santoro R A Plasma Phys. Control. Fusion 38 (1996) 2011.
5. R.J.F. Sgalla et al., Physics Letters A 377 (2013) 303–306.
6. G.D. Conway, A.I. Smolyakov and T. Ido, Nucl. Fusion 62 (2022) 013001.
7. W. Horton, Reviews of Modern Physics 71(3) (1999) 735.
8. C.D. Beidler et al., Nature, Vol. 596 (2021) 221.
9. D.K. Mansfield et al., Physics of Plasmas 2 (1995) 4252.

Author: KOLESNICHENKO, Yaroslav (Institute for Nuclear Research, Kyiv)

Co-authors: LUTSENKO, Vadym (Institute for Nuclear Research, Kyiv); ТИХИЙ, Антон (ІЯД)

Presenter: ТИХИЙ, Антон (ІЯД)

Session Classification: Фізика плазми та керований термоядерний синтез

Track Classification: Фізика плазми та керованого термоядерного синтезу

Contribution ID: **61** Type: **Секційна доповідь**

Числовий аналіз біфуркацій в трьох хвильовій дисипативній системі зв'язаних мод

Monday, May 26, 2025 4:55 PM (20 minutes)

Розглянуто особливості динаміки резонансної взаємодії трьох хвиль, одна з яких лінійно нестійка, а дві інші хвилі лінійно стійкі. В наближенні слабкої взаємодії хвиль система диференціальних рівнянь для комплексних амплітуд має вигляд [1-8]

$$\frac{dC_1}{dt} = \gamma_1 C_1 + M_1 C_2 C_3 e^{-i\delta t},$$
$$\frac{dC_2}{dt} = -\gamma_2 C_2 - M_2 C_1 C_3^* e^{i\delta t},$$
$$\frac{dC_3}{dt} = -\gamma_3 C_3 - M_3 C_1 C_2^* e^{i\delta t}, (1)$$

де t - час, i - уявна одиниця, коефіцієнти γ_k, M_k, $k = 1, 2, 3$ додатні, $\delta = \omega_1 - \omega_2 - \omega_3 \neq 0$ - розлад частот хвиль, C_k^* - величини, комплексно спряжені до C_k. Шляхом лінійних перетворень [2-5] рівняння (1) зводяться до чотирьох автономних диференціальних рівнянь з дійсними коефіцієнтами для амплітуд хвиль a_1, a_2, a_3 та узагальненої фази $\Phi = \Phi_1 - \Phi_2 - \Phi_3$ [1-3, 6]

$$\frac{da_1}{d\tau} = a_1 + a_2 a_3 \cos\Phi, \frac{da_2}{d\tau} = -\nu_2 a_2 - a_1 a_3 \cos\Phi,$$
$$\frac{da_3}{d\tau} = -\nu_3 a_3 - a_1 a_2 \cos\Phi, \frac{d\Phi}{d\tau} = \Delta + \left(\frac{a_2 a_3}{a_1} - \frac{a_1 a_3}{a_2} - \frac{a_1 a_2}{a_3}\right)\sin\Phi, (2)$$

де введено наступні безрозмірні змінні $\tau = \gamma_1 t$,$\nu_2 = \gamma_2/\gamma_1$, $\nu_3 = \gamma_3/\gamma_1$, $\Delta = \delta/\gamma_1$.
Якщо ж загасання симетричне, $\nu_2 = \nu_3$, і початкові умови для a_2 та a_3 однакові, то поклавши $a_2(t) = a_3(t)$, систему (2) можна замінити на більш просту трьох автономних диференціальних рівнянь

$$\frac{da_1}{d\tau} = a_1 + a_2^2 \cos\Phi,$$
$$\frac{da_2}{d\tau} = -\nu_2 a_2 - a_1 a_2 \cos\Phi, \frac{d\Phi}{d\tau} = \Delta + \left(\frac{a_2^2}{a_1} - 2a_1\right)\sin\Phi, (3)$$

з двома параметрами ν_2 та Δ.

Властивості поведінки розв'язків рівнянь (3) детально вивчалися в роботах [1-8]. Як показано в [1, 2], якщо $\Delta < \Delta_{min} = 3.73$, то в діапазоні $0 < \nu_2 < \nu_{cr}(\Delta)$ амплітуди хвиль експоненційно зростають. Функція $\nu_{cr}(\Delta)$ монотонно зростає при зменшенні Δ [4]: $\nu_{cr}(\Delta_{min}) \approx 2.2$, $\nu_{cr}(2) \approx 3$, $\nu_{cr}(1) \approx 3.7$, $\nu_{cr}(0.5) \approx 4.4$. При $\nu_2 \geq \nu_{cr}(\Delta)$ спочатку виникають граничні цикли, далі існують квазіперіодичні та хаотичні траєкторії. Біфуркаційні діаграми для максимальних значень амплітуди $a_3(t)$ у випадку симетричного загасання при різних Δ показано на рис. 1. Розрахунки біфуркаційних діаграм виконані в пакеті Mathematica 11 [9] за допомогою програми, наведеної в роботі [10].

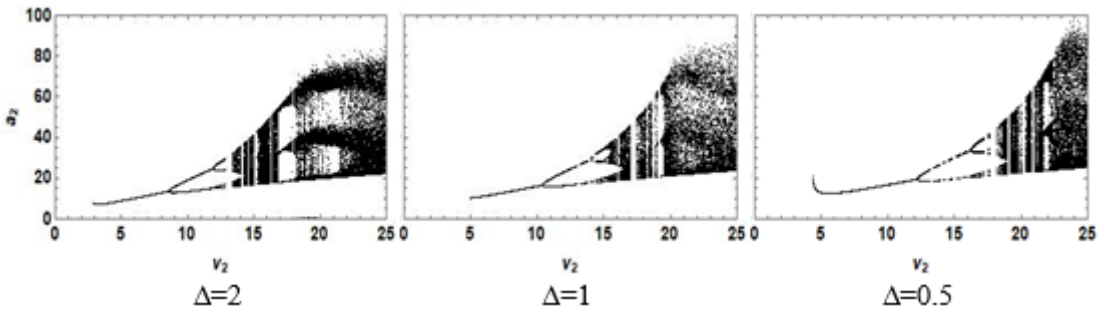

Figure 12:

Рис. 1. Біфуркаційні діаграми $\max a_3(\nu_2)$ для випадку симетричного загасання хвиль, $\nu_3 =$

ν_2, при різних значеннях розладу частот Δ.

Зовсім інший якісний характер біфуркаційних діаграм буде в випадку несиметричного загасання хвиль $\nu_3 \neq \nu_2$, якщо одне з загасань невелике. На рис. 2 наведені біфуркаційні діаграми для максимальних значень $\max a_3(\nu_2)$ при фіксованому $\nu_3 = 3$ для різних ν_2 для тих самих значень Δ , що й на рис. 1.

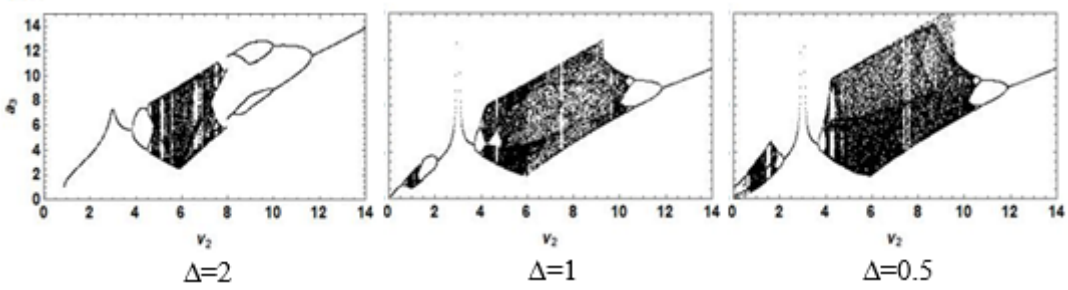

Figure 13:

Рис. 2. Біфуркаційні діаграми $\max a_3(\nu_2)$ для $\nu_3 = 3$ при різних значеннях розладу частот Δ.

З рис. 2 видно, що якщо $\Delta = 2$, то при $0 < \nu_2 < 0.895$ матимемо стійкі стаціонарні розв'язки $a_{3s} \sim \sqrt{\nu}_2$. В діапазоні $0.895 < \nu_2 < 3.84$ реалізуються граничні цикли. Квазіперіодичні та хаотичні траєкторії спостерігаються при $4.9 < \nu_2 < 7$, а при $8 < \nu_2 < 12$ виникають зворотні біфуркації граничних циклів $4 \to 2 \to 1$.
Якщо $\Delta = 1$, то при $0 < \nu_2 < 0.19$ матимемо стійкі стаціонарні розв'язки $a_{3s} \sim \sqrt{\nu}_2$, а в діапазоні $0.19 < \nu_2 < 0.8$ - граничні цикли. Квазіперіодичні та хаотичні траєкторії спостерігаються при $0.8 < \nu_2 < 1.25$, а при $1.25 < \nu_2 < 2.03$ - зворотні біфуркації. При $2.03 < \nu_2 < 3$ існує граничний цикл, амплітуда якого прямує до нескінченності, якщо $\nu_2 \to 3_{-0}$. При $3_{+0} < \nu_2 < 3.7$ існує граничний цикл, амплітуда якого при збільшенні ν_2 зменшується. В діапазоні $3.7 < \nu_2 < 4.1$ мають місце біфуркації подвоєння періоду, а при $4.1 < \nu_2 < 8$ спостерігаються квазіперіодичні та хаотичні траєкторії. При $10 < \nu_2 < 14$ спостерігаються зворотні біфуркації граничних циклів.
Приблизно така сама якісна картина буде і в випадку $\Delta = 0.5$, тільки не існує стійких стаціонарних розв'язків системи (2).
Отже, при несиметричному загасанні хвиль з достатньо невеликими декрементами γ_2, γ_3, якщо $\gamma_1 < \gamma_2 + \gamma_3$, $\max(\gamma_2, \gamma_3) < 4\gamma_1$ і $\delta \leq 2\gamma_1$, то існують розв'язки системи (2) у вигляді граничних циклів, квазіперіодичних та хаотичних траєкторій. Навпаки, в симетричному випадку $\gamma_2 = \gamma_3$ або близькому до нього, $\gamma_2 \approx \gamma_3$ і $\delta \leq 2\gamma_1$ при невеликих γ_2, γ_3 обмежених розв'язків системи (3) взагалі не існує.

1. S.Ya. Vyshkind and M.I. Rabinovich, Sov. Phys.-JETP 44 (1976) 292.
2. S.Ya. Vyshkind. Radiophysics and Quantum Electronics, 21 (1978) 600.
3. J.M. Wersinger, J. M. Finn, and E. Ott, Phys. Fluids 23 (1980) 1142.
4. M. N. Bussac, Phys. Scripta, T2/1 (1982) 110.
5. C. Meunier, M.N. Bussac, G. Laval, Physica D 4(2) (1982) 236.
6. P. Terry and W. Horton, Phys. Fluids 25(1982) 491.
7. A. C.-L. Chian, F. A. Borotto, T. Hada et al., Rev. Mod. Plasma Phys. 6 (2022) 34.
8. V. S. Marchenko, S. N. Reznik, Ya. I. Kolesnichenko, Phys. Plasmas 31 (2024) 022507.
9. https://reference.wolfram.com/language/tutorial/NDSolveOverview.html.

10. J. M. Ginoux„ B. Rosetto. Chaotic Dynamical Systems Tools. Bifurcation diagrams with Mathematica http://ginoux.univ-tln.fr/Recherche/International%20Mathematica%20Symposium.pdf.

Author: REZNIK, Svyatoslav (Institute for Nuclear Research, Kyiv)

Presenter: REZNIK, Svyatoslav (Institute for Nuclear Research, Kyiv)

Session Classification: Фізика плазми та керований термоядерний синтез

Track Classification: Фізика плазми та керованого термоядерного синтезу

Contribution ID: **62** Type: **Секційна доповідь**

Високочастотні поля у замагніченому плазмовому циліндрі, збуджуваному азимутальним ВЧ струмом

Monday, May 26, 2025 6:55 PM (20 minutes)

В багатьох наукових і технологічних застосуваннях для створення низькотемпературної плазми широко використовуються безелектродні індукційні розряди. Найбільш ефективними є розряди, які збуджуються у замагніченій плазмі циркулярно поляризованими плазмовими хвилями1. Розподіли хвильових електричних і магнітних полів у таких розрядах вивчались у багатьох роботах в циліндричній геометрії2. Розглядається замагнічений плазмовий циліндр, що збуджується азимутальним ВЧ струмом. Циліндр обмежений з торців двома провідними стінками. Структура хвильових полів у такій плазмі раніше не розглядалась. Попередні результати такого розгляду викладені в представленій доповіді.
Досліджувана система складається з двох частин: плазмового циліндру та вакуумної області зовні циліндру. Граничні умови утворюються двома поперечними провідними стінками , які обмежують плазмовий циліндр по довжині. Система вміщена в повздовжнє магнітне поле і збуджується кільцевою антеною(зовні циліндра) з азимутальним струмом, який надалі враховується в умовах зшивки.
З рівнянь Максвела (плазмова частина системи) у циліндричній системі координат після підстановки, що задовільняє граничні умови (та масштабуванню по радіусу), отримано систему з шести диференційних рівнянь на комплексні амплітуди полів. Розв'язком цієї системи є диференційне рівняння четвертого порядку з оператором Бесселя (та квадратом оператора) на комплексну амплітуду повздовжнього електричного поля у плазмі. У коефіцієнти при операторі та при повздовжній комплексній амплітуді електричного поля входять компоненти тензора діелектричної проникливості холодної плазми. У розглядуваному випадку однорідної плазми ці коефіцієнти є константами і не залежать від радіусу.
Розв'язком диференційного рівняння четвертого порядку з оператором та квадратом оператора на повздовжню комплексну амплітуду електричного поля є сума функцій Бесселя з множниками константами (1).

$$\mathrm{E}_{1z} = A_+ A_{PEZ}(r) + A_- A_{MEZ}(r) \qquad (1) A_{PEZ}(r) = J_m(N^+ r) A_{MEZ}(r) = J_m(N^- r)(N^{\pm})^2 = -_{\overline{2}} \pm \sqrt{\tfrac{2}{4} -} = \tfrac{{}_2 + (N_l^2 - {}_1)({}_1 + {}_3)}{{}_1} = \tfrac{{}_3}{{}_1}\left[({}_1 - N_l^2)^2 - \tfrac{2}{2}\right] N_l = \tfrac{ck_l}{}$$

Тут позначено : E_{1z} –комплексна амплітуда повздовжнього електричного поля; A_+, A_- - константи, які знаходяться з системи лінійних рівнянь, котра виникає з умов зшивки полів між плазмовою та вакуумною частинами системи ; J_m, Y_m – функції Бесселя m-ого порядку; ${}_1, {}_2$, ${}_3$- компоненти тензора діелектричної проникливості плазми. Індекс 1 відповідає плазмовій частині системи.

Далі послідовно, через підстановки, у зворотньому напрямку зведення системи з шести диференціальних рівнянь до диференціального рівняння із квадратом оператора Бесселя та оператором Бесселя, отримуємо вирази для полів. Зокрема, для комплексної амплітуди азимутального магнітного поля цей вираз має вигляд (2).

$$\mathrm{B} = A_+ A_{PBT}(r) + A_- A_{MBT}(r) (2) A_{PBT}(r) = \left[1 - \tfrac{({}_1 - N_l^2)N_l^2}{V}\right] N^+ J'_m(N^+ r) + \tfrac{{}_2 N_l^2}{V} \tfrac{m}{r} J_m(N^+ r) + + \tfrac{N_l}{V}(KN^+ {}_3)\left[({}_1 - N_l^2)\tfrac{m}{r} J_m(N^+ r) + {}_2 N^+ (J_m)(N^+ r)\right] A_{MBT}(r) = \left[1 - \tfrac{({}_1 - N_l^2)N_l^2}{V}\right] N^- J'_m(N^- r) + \tfrac{{}_2 N_l^2}{V} \tfrac{m}{r} J_m(N^- r) + + \tfrac{N_l}{V}(KN^{-2} + {}_3)\left[({}_1 - N_l^2)\tfrac{m}{r} J_m(N^- r) + {}_2 N^- J'_m(N^- r)\right] K = \tfrac{{}_2 N_l}{V} - {}_{\overline{V}}\left[V - N_l^2({}_1 - N_l^2)\right] = \tfrac{N_l^2 - {}_1}{N_{l2}} V = (N_l^2 - {}_1)^2 - \tfrac{2}{2}$$

Де позначено : J'_m, Y'_m –похідні функцій Бесселя. Система з шести диференціальних рівнянь розв'язується для вакуумної частини системи. Константи A_+, A_- знаходяться з системи лінійних рівнянь, яка випливає з умов зшивки полів на межах між плазмою та вакуумом.
Таким чином задача з замагніченим плазмовим циліндром, що збуджується азимутальним ВЧ струмом, має аналітичний розв'язок. Плазмовий циліндр обмежено з торців провідними стінками.

1. Liberman M.A., Lihtenberg A.I. Principles of Plasma Discharges and Materials Processing. New York : Wiley-1994.
2. F.F. Chen. Helicon discharges and sources: a review. Plasma Sources Sci. Technol. 24 (2015) 014001.

Author: Mr BELOSHENKO, Mykyta (Institute for Nuclear Research, Kyiv)

Presenter: Mr BELOSHENKO, Mykyta (Institute for Nuclear Research, Kyiv)

Session Classification: Фізика плазми та керований термоядерний синтез

Track Classification: Фізика плазми та керованого термоядерного синтезу

Contribution ID: **63** Type: **Секційна доповідь**

Ядерна енергетика в енергетичній стратегії України

Wednesday, May 28, 2025 12:15 PM (20 minutes)

Представлено результати аналізу виконання Енергетичних стратегій України. Розглянуто тенденції у виробництві електроенергії у ядерно-енергетичному секторі за останні роки і в планах ЕСУ-2050.

Author: Dr БОРИСЕНКО, Володимир (Інститут проблем безпеки АЕС НАН України)

Presenter: Dr БОРИСЕНКО, Володимир (Інститут проблем безпеки АЕС НАН України)

Session Classification: Атомна енергетика

Track Classification: Атомна енергетика

Contribution ID: **64** Type: **Секційна доповідь**

Радіобіологічні дослідження риб у водоймах Чорнобильської зони відчуження

Friday, May 30, 2025 1:35 PM (20 minutes)

Процеси природного самоочищення непроточних водойм Чорнобильської зони відчуження (ЧЗВ) відбуваються надзвичайно повільно, у зв'язку з чим екосистеми більшості заплавних озер, стариць і затонів і дотепер мають високі рівні радіонуклідного забруднення всіх компонентів. Забруднення радіоактивними речовинами водойм і, пов'язане з ним опромінення біоти, спричиняє ураження водних рослин і тварин на різних рівнях організації біологічних систем. Зазвичай верхні трофічні рівні в екосистемах прісних водойм займають риби, які за хімічною подібністю до біологічно значущих елементів активно концентрують більшість штучних і природних радіонуклідів у різних органах і тканинах. Риби є також чутливими індикаторами стресових явищ у водних екосистемах, виявляючи, з одного боку, підвищену вразливість до впливу іонізуючого випромінювання, а з іншого –певну резистентність до сублетальних доз радіації. Це дозволяє використовувати представників іхтіофауни для аналізу та прогнозування негативних змін у водному середовищі, пов'язаних з впливом радіаційного чинника, а також обумовлює важливість вивчення адаптаційних можливостей риб на популяційному, організменному та клітинному рівнях.

Упродовж останнього десятиріччя досліджували гематологічні, біохімічні, морфологічні, репродуктивні та деякі інші показники для найбільш поширених у водоймах північного Полісся і, зокрема, у ЧЗВ видах риб. Водними об'єктами досліджень у ЧЗВ були залишкові озера, які утворилися в межах колишньої акваторії водойми-охолоджувача (ВО) ЧАЕС після зниження рівня води (північно-східна, північно-західна, південно-східна та південно-західна частини), озера лівобережної заплави р. Прип'ять (Вершина, Глибоке, Далеке), а також оз. Азбучин і Янівський затон. В якості референтних були обрані Київське і Канівське водосховища, а також деякі озера, розташовані в околицях м. Києва.

Потужність поглиненої дози (ППД) для риб ЧЗВ реєстрували в межах 5,1–128,5 мкГр/год з найвищими значеннями для озер лівобережної заплави р. Прип'ять в межах одамбованної ділянки. Для референтних водойм з низьким фоновим рівнем радіонуклідного забруднення ППД для риб становила 0,05–0,07 мкГр/год. Максимальні дози опромінення отримували риби, які ведуть придонний спосіб життя –карась сріблястий та лин, а мінімальні –верховодка та верховка, які мешкають переважно у приповерхневих шарах водної товщі. Потужність дози внутрішнього опромінення «мирних» видів риб ЧЗВ була майже у 2 разів вища, ніж хижих, переважно, за рахунок більш інтенсивного накопичення 90Sr.

Здійснений морфо-метричний аналіз риб показав, що плітка з водойм ЧЗВ відрізнялася неоднорідним темпом росту та наявністю тугорослих особин у стаді: у ловах траплялися як 3-річні екземпляри з довжиною тіла до 15–19 см, так і 5-річні екземпляри довжиною 9–14 см. Вибірка риб з оз. Глибокого відзначалася значним переважанням самиць у нерестовому стаді (співвідношення самців до самиць –1:5,5) та скороченим терміном життя (4 і 6 років для самців і самиць, відповідно). Плітка з ВО ЧАЕС характеризувалися меншим діаметром ікринок в гонадах самиць (1,05±0,01 мм) у порівнянні з контрольними особинами (1,5±0,02 мм); низьким гонадосоматичним індексом (10,06±0,73) на відміну від риб двох контрольних вибірок (15,5±0,87 та 18,37±0,61); низькими показниками вгодованості за Фултоном (1,87±0,03) відносно контрольної групи (2,2±0,04); значним відсотком морфологічних аномалій розвитку плавців, а також виникненням різних типів деформацій та новоутворень у гонадах (11,0%

усіх виловлених особин) на відміну від риб у водоймах з низьким фоновим рівнем радіонуклідного забруднення (0,6%).

За результатами досліджень порушень осьового скелета у молоді різних видів риб ЧЗВ було виявлено 15 типів аномалій, локалізованих у двох основних частинах скелета. Серед спостережених аномалій у молоді риб зафіксовано переважання порушень будови елементів хвостового та черевного відділів. Найбільша частота аномалій зареєстрована у вигляді додаткових гілок невральних і гемальних відростків (18–68%) та їх розгалуження (6–15%), часткового або повного злиття хребців (до 10%), деформацій хребців хвостового відділу (до 25%), деформацій хребта (кіфоз, лордоз і сколіоз), а також деформацій ребер різного ступеня.

Дослідження кровотворної системи чотирьох видів риб (краснопірки, плітки, карася сріблястого та окуня), які мешкають у градієнті тривалого радіонуклідного забруднення, дозволили встановити пороговий рівень потужності існуючих доз радіаційного опромінення (близько 20–40 мкГр/год), до якого відбувається підвищення абсолютної кількості лейкоцитів у периферичній крові, що свідчить про активацію компенсаторних процесів у організмі риб. За дії більш високих доз опромінення кількість лейкоцитів у крові риб зменшувалась, і для деяких видів досягала значень на 12–18% нижчих за контрольні вибірки, що вказує на погіршення процесів кровотворення. Якісний аналіз еритроцитів крові риб у водоймах ЧЗВ виявив численні структурні порушення клітин, а також порушення, пов'язані з патологією мітотичного ділення. Показано, що середній загальний вміст морфологічних порушень краснопірки за максимальної поглиненої дози опромінення був в середньому на 12,1‰, у окуня –на 12,4‰, у карася сріблястого –на 14,2‰, у плітки –на 38,3‰ вище за контрольні показники. При цьому, у карася виявлена достовірна залежність від ППД для більшості морфологічних порушень еритроцитів, а саме –деформації ядра, клітин з вакуолізованою цитоплазмою, мікроцитів, хроматинолізу, амітозу і двоядерних клітин. У плітки –клітини з вакуолізованою цитоплазмою, пристінковими ядрами, деформацією ядра, хроматінолізом, мікроядрами, мікроцити. У краснопірки зростання кількості порушень зі збільшенням ППД було виявлено для клітин з деформацією ядра, вакуолізованою цитоплазмою, пікнозом, пристінковими ядрами, цитолізом та двоядерними еритроцитами. Серед досліджених видів риб у окуня була виявлена достовірна залежність від ППД для 5 типів морфологічних порушень еритроцитів, а саме –клітин з мікроядрами, пікнозом, цитолізом, деформацією ядра та вакуолізованою цитоплазмою. На основі досліджень кровотворної системи риб можна припустити, що їх імунна система реагує на тривале хронічне опромінення активацією компенсаторно-адаптаційних процесів, які виявляються у зміні кількості лейкоцитів завдяки перерозподілу агранулоцитарних та гранулоцитарних клітин у лейкограмі. Наряду з цим відмічено значне збільшенням патологічних змін структури ядер та цитоплазми еритроцитів. Радіаційне навантаження, вплив якого перевищує допустимі можливості організму, спричиняє значне скорочення абсолютної кількості лейкоцитів (переважно за рахунок лімфоцитів), що призводить до погіршення стану імунітету організму.

Попередні біохімічні дослідження риб, виконані у 2024 р. у водоймах з порівно невисокими рівнями радіонуклідного забруднення (градієнт ППД становив 5,1–18,7 мкГр/год), показали певне збільшення показника перекісного окислення ліпідів з посиленням активності антиоксидантної системи за підвищених рівнів ППД. Також був зареєстрований збільшений морфо-фізіологічний індекс печінки, що свідчить про її підвищену активність, яка спрямована на послаблення негативних впливів середовища. Це може вказувати на зниження активності метаболічних процесів, а саме на зменшення використання енергетичних субстратів. На користь цього припущення свідчить менший вміст РНК і зниження співвідношення РНК/ДНК в зябрових пелюстках риб з водойм ЧЗВ відповідно до контролю. Це відбувається через зниження рівня біосинтетичних процесів, особливо білків, в тканинах риб. Причиною таких порушень є зростання загального пулу в тканинах дієнових кон'югантів і малонового діальдегіду,

що, вірогідно, призводить до зниження каталітичної активності ферментів, в тому числі антиоксидантних ензимів. При цьому слід зазначити, що ці негативні наслідки радіонуклідного забруднення в межах зазначеного градієнту ППД не є критичними для перебігу загального метаболізму в цілому, оскільки риби протягом тривалого часу продовжують здійснювати свої основні життєві функції. Такі зміни у фізіолого-біохімічному стані риб можуть бути одним з наслідків адаптації до існуючих умов. Зниження каталітичної активності ферментів і, відповідно. метаболізму в цілому зменшує енергетичні витрати, унеможливлюючи виснаження і загибель риб.

Роботу виконано за підтримки Національного фонду досліджень України (проєкт № 2023.03/0156), Національної академії наук України, а також у співробітництві з Державним спеціалізованим підприємством «Екоцентр» ДАЗВ України.

Author: Prof. GUDKOV, Dmitri (Institute of Hydrobiology)

Co-authors: Dr GANZHA, Khristina (Institute of Hydrobiology); Dr POMORTSEVA, Nataliya (Institute of Hydrobiology); Dr GUPALO, Olena (Institute of Hydrobiology); Dr POTROKHOV, Olexander (Institute of Hydrobiology); Dr KAGLYAN, Olexandr (Institute of Hydrobiology); Mr KIREEV, Sergey (SSE "Ecocentre"); Dr KHUDIYASH, Yuriy (Institute of Hydrobiology); Dr BELYAEV, Volodymyr (Institute of Hydrobiology)

Presenter: Prof. GUDKOV, Dmitri (Institute of Hydrobiology)

Session Classification: Радіоекологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **65** Type: **Секційна доповідь**

Визначення енерговиділення у вигородці ВВЕР-1000

Wednesday, May 28, 2025 11:55 AM (20 minutes)

В Україні більшість діючих енергоблоків ВВЕР-1000 знаходиться у довгостроковій експлуатації або наближається до неї. У зв'язку з цим виникає необхідність оцінки технічного стану і прогнозування залишкового ресурсу обладнання, в тому числі внутрішньокорпусних пристроїв (ВКП) з урахуванням радіаційного навантаження, зокрема енерговиділення у вигородці реактора, протягом всього періоду експлуатації. Коректне визначення енерговиділення важливе для отримання вихідних даних для оцінки: температурних полів у ВКП, радіаційного розпухання матеріалу та формозміни ВКП. У даній роботі було виконане моделювання в коді MCNP процесу формування енерговиділення у вигородці реактора ВВЕР-1000.

Authors: ГОРАНЧУК, Вадим (ІПБ АЕС НАНУ); БОРИСЕНКО, Володимир (ІПБ АЕС НАНУ); ГАВРИЛЕНКО, Вікторія (ІПБ АЕС НАНУ); СТАДНІК, Владислав (Філія «ВП «НТЦ» АТ «НАЕК «Енергоатом»); ПАЛАМАРЧУК, Марина (Філія «ВП «НТЦ» АТ «НАЕК «Енергоатом»); ЧАЛИЙ, Едуард (Філія «ВП «НТЦ» АТ «НАЕК «Енергоатом»)

Presenter: ГОРАНЧУК, Вадим (ІПБ АЕС НАНУ)

Session Classification: Атомна енергетика

Track Classification: Атомна енергетика

Contribution ID: **66** Type: **Стендова доповідь**

Вплив енергії електронів на оптичні та люмінесцентні характеристики фториду літію

Tuesday, May 27, 2025 3:15 PM (20 minutes)

У роботі, для визначення впливу енергії електронів, порівнювалась зміна оптичного поглинання та люмінесцентних властивостей зразків нелегованого та легованого Mg, Ti фториду літію (ДТГ) у результаті опромінення електронами з енергією 6,5 та 18 МеВ. Опромінення досліджуваних зразків проводилося при кімнатній температурі на мікротроні М-30 відділу фотоядерних процесів Інституту електронної фізики НАН України. У зв'язку з тим, що розмір пучка на виході мікротрона М-30 складає 5мм×15мм, виведений пучок для формування необхідного поля опромінення розсіювався на тонкій танталовій мішені товщиною 50 мкм з використанням формуючого коліматора, який покращував однорідність електронного пучка на місці встановлення зразків. Величина та неоднорідність сформованого поля вимірювалась циліндром Фарадея з каліброваним вхідним отвором, та не перевищувала 0,5% на місці встановлення зразка. Циліндром Фарадея здійснювалось калібрування прохідного напівпрозорого монітора вторинної емісії, під'єднаного до інтегратора струму, яким визначався заданий флюенс електронів. Очевидно, що опромінення електронами супроводжувалось невід'ємним гальмівним гамма-випромінюванням за рахунок взаємодії прискорених електронів з конструктивними елементами прискорювача та із розсіюючою фольгою. У роботі [1, 2] показано, що внесок гальмівного гамма-випромінюванням на оптичне поглинання та люмінесцентні властивості не перевищує 10%.

Після закінчення опромінення і технологічного інтервалу (~80 s), у досліджуваних зразках вимірювалась фосфоресценція. Вимірювання кінетики спаду фосфоресценції здійснювалась фотоелектронним помножувачем ФЕУ-136 у режимі рахунку фотонів. Температура вимірювання кінетики фосфоресценції досліджуваних зразків підтримувалася стабільною за допомогою програмного забезпечення. Оптичне поглинання досліджуваних зразків вимірювалось спектрофотометром СФ-46, яке здійснювалось відразу після затухання фосфоресценції. Після затухання фосфоресценції та вимірів оптичного поглинання кристалів вимірювалась термолюмінесценція в інтервалі температур 25-300°С, з лінійною швидкістю нагрівання 1°С/сек.

Порівняння люмінесцентних властивостей при опроміненні енергіями електронів 6,5 та 18 МеВ приведено на рис. 1. На рис. 1а приведено кінетику спаду фосфоресценції та на 1б - отримані криві термолюмінесценції для нелегованого фториду літію, опромінених однаковим флюенсом, Ф = 1·1013 ел·см-2, інтенсивністю 7·109 ел·см-2·сек-1 для обох випадків.

На рис. 2 приведено результати зміни оптичного поглинання цих же зразків при енергіях опромінення 6,5 та 18 МеВ. Для отримання значимих змін в оптичних дослідження, зразки опромінювались більшим флюенсом, який складав 5·1012 ел·см-2, інтенсивністю 7·109 ел·см-2·сек-1 для обох випадків. Як видно з приведених даних у досліджуваних зразках проявляються відомі смуги поглинання при 250 нм, а також 310 нм для LiF: Mg, Ti.

Як видно з приведених даних, зміна оптичних та люмінесцентних властивостей узгоджується з висновками у роботі 3: основний механізм зміни оптичних та люмінесцентних властивостей при опромінені електронами є іонізація та захоплення існуючими технологічними дефектами електронів.

1. V.T. Maslyuk, I.G. Megela, B. Obryk, T.O. Vieru-Vasilitsa. Radiat. Eff. Defect Solid 172 (9–10) (2017) 782–789. https://doi.org/10.1080/ 10420150.2017.1393425.
2. M.I. Romanyuk, J.J. Hainysh, Y. Plakosh, V. Kovtun, O.M. Turhovsky, G. F. Pitchenko, I.G. Megela, M.V. Goshovsky, O.O. Parlag, V.T. Maslyuk, N.I. Svatiuk. Problems of atomic science and technology (PAST) 3 (139) (2022) 137–143. https://doi.org/10.46813/2022-139-137.
3. O.M. Pop, I.G. Megela, V.T. Maslyuk, J.J. Hainish, M.P. Vizenko, I. Yu Roman, V.I. Roman. Optical Materials V. 162 (2025) 116942. https://doi.org/10.1016/j.optmat.2025.116942.

Author: Ms ПОП, Оксана (Інститут електронної фізики НАН України)

Co-authors: Mr МЕГЕЛА, Іван (Інститут електронної фізики НАН України); Prof. МАСЛЮК, Володимир (Інститут електронної фізики НАН України); Mrs РОМАН, Вікторія (Інститут електронної фізики НАН України); Mr РОМАН, Іван (Інститут електронної фізики НАН України)

Presenter: Ms ПОП, Оксана (Інститут електронної фізики НАН України)

Session Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Track Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Contribution ID: **67** Type: **Секційна доповідь**

The neurophysiological basis of cerebral effects of low-dose radiation

Thursday, May 29, 2025 11:35 AM (20 minutes)

Based on the developed protocols, a cross-sectional clinical study with external and internal controls was conducted. The neurophysiological characteristics of individuals exposed to ionizing radiation in adulthood (57 Chornobyl accident clean-up workers (liquidators) with a documented external dose of 0.01-2.90 (0.49 ⊠ 0.67) Sv) are presented. To analyze the impact of ionizing radiation, taking into account the results of our previous studies on the possible threshold of radiation-associated neuropsychiatric effects of 0.30 Sv, Chornobyl clean-up workers were divided into those exposed to doses < 0.30 Sv (n = 34; (0.14 ⊠ 0.09) Sv) and ≥ 0.30 Sv (n = 23; (0.99 ⊠ 0.82) Sv). Chornobyl clean-up workers exposed to doses < 0.30 Sv and < 50 mSv were used as an internal control for adult exposure), as a normative control, prospectively restored examination data for 53 candidates for employment at the Object «Shelter» transformation into environmentally safe system.

The characteristic cerebral electrophysiological changes reflecting the neurophysiological basis of radiation-associated pathology in the long-term period after exposure were determined. In Chornobyl clean-up workers, especially those irradiated at doses ≥ 0.30 Sv, a slowing of cerebral bioelectrical activity is observed mainly in the frontotemporal-parietal areas of the left hemisphere, indicating a synergistic radiation-sensitive cerebral effect with dysfunction (irritation) of the cortico-lymphatic system, especially the hippocampus. Radiation-associated disorders of the central mechanisms of visual afferentation were found.

In Chornobyl clean-up workers irradiated at doses ≥ 0.30 Sv, the subcortical component of the P50 visual evoked potentials to the reversed checkerboard pattern (VEPs) is slowed and the cortical associative component of the P200 VEPs is accelerated. Synergistic radiation-age-related increases in the amplitude of the cortical component of the P100 VEPs in the occipital region and the slowing of the cortical associative component of the P200 VEPs in the parietal region were found. At the same time, the amplitude of the P300 cognitive visual evoked potentials (CVEP) in the occipital region decreases depending on the radiation dose, but increases in proportion to age. This may indicate an atypical aging of the central nervous system after irradiation.

It is possible to use modern diagnostic methods of the VEPs and CVEP to monitor and diagnose visual analyzer lesions in individuals exposed to the ionizing radiation under different exposure scenarios. Exposed persons require medical monitoring throughout their lives.

Authors: KREINIS, Heorhii (NRCRM); PERCHUK, Iryna (NRCRM); ANTYPCHUK, Kateryna (NRCRM); KUTS, Kostiantyn (NRCRM)

Presenter: PERCHUK, Iryna (NRCRM)

Session Classification: Радіобіологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **68** Type: **Секційна доповідь**

Гальмівне випромінювання в нуклон-ядерних реакціях у компактних зорях

Thursday, May 29, 2025 1:15 PM (20 minutes)

Гальмівне випромінювання в нуклон-ядерних реакціях у компактних зорях

К. А. Шаульський[1], С. П. Майданюк[1,2]

[1]Інститут ядерних досліджень, НАНУ, Київ, Україна
[2]Southern Center for Nuclear-Science Theory, Institute of Modern Physics, Huizhou, China

У доповіді буде представлено перше дослідження випромінювання гальмівних фотонів при нуклон-ядерних реакціях в середовищі компактних зір 1. Варто відзначити, що раніше таке фізичне явище у компактних зорях ще ніколи не вивчалося. У дослідженні аналізується переріз випромінювання гальмівних фотонів і його залежність від різних факторів середовища компактних зір.
В дослідженні було розглянуто розсіяння нуклонів на ядрах у компактній зорі, яке супроводжувалося випромінюванням гальмівних фотонів. Було вперше досліджено вплив густини середовища компактної зорі на переріз гальмівного випромінювання. Для цього було узагальнено модель гальмівного випромінювання [2, 3] де до взаємодії між нуклонами ядра включено новий доданок, який описує вплив зоряного середовища (в рамках моделі деформованих осциляторних оболонок). Для розрахунків використовувалися різні рівняння стану середовища компактної зорі.
Спочатку нова модель була перевірена на основі відомих експериментальних даних гальмівного випромінювання при розсіянні протонів на ядрах ^{197}Au при енергії пучка 190 МеВ [2, 3].
Для подальшого застосування моделі до умов зір було узагальнено існуючу квантово-механічну модель деформованих осциляторних оболонок ядра з дво-нуклонними силами та уведено новий доданок, що описує вплив зоряного середовища на ядро. Багато властивостей гальмівного випромінювання, що випромінюється при ядерних процесах у середовищі компактних зір, було досліджено вперше. А саме, було отримано спектри фотонів при розсіянні протонів та нуклонів на ядрах ^{4}He, ^{8}Be, ^{12}C, ^{16}O, ^{24}Mg, ^{40}Ca, ^{56}Fe в залежності від густини зоряного середовища.
При аналізі було виявлено, що середовище білих карликів мало впливає на характеристики гальмівного випромінювання. Також ця модель дозволяє описати випромінювання гальмівних фотонів в ядерних реакціях на Сонці з достатньо високою точністю. При цьому, аналіз показав, що є істотний вплив середовища нейтронних зір на характеристики гальмівного випромінювання. Так, гальмівне випромінювання при нуклон-ядерних реакціях істотно змінюється в залежності від густини матерії та структури зорі.

1. S. P. Maydanyuk, Ju-Jun Xie, K. A. Shaulskyi. Bremsstrahlung emission from nucleon-nucleus reactions in dense medium of compact stars. Chinese Phys. C 49 (2025) 044105. https://doi.org/10.1088/1674-1137/ada377 ; CSTR: 32044.14.ChinesePhysicsC.49044105 .
2. S. P. Maydanyuk. Enhancement of incoherent bremsstrahlung in proton-nucleus scattering in the Δ-resonance energy region 2022. arXiv: 2203.07146. Phys. Rev. C 107 (2023) 024618.
3. S. P. Maydanyuk, P.-M. Zhang. New approach to determine proton-nucleus interactions from experimental bremsstrahlung data 2013. arXiv: 1309.2784. Phys. Rev. C 91 (2015) 024605.

Authors: ШАУЛЬСЬКИЙ, Костянтин Андрійович (Інститут ядерних досліджень НАН України); МАЙДАНЮК, Сергій Петрович (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Presenter: ШАУЛЬСЬКИЙ, Костянтин Андрійович (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Теоретична ядерна фізика

Track Classification: Теоретична ядерна фізика

Contribution ID: **69** Type: **Секційна доповідь**

Закрут альвенівських власних мод при просторовому каналюванні

Monday, May 26, 2025 4:35 PM (20 minutes)

Просторове каналювання –перенесення енергії та імпульсу швидких йонів збудженими власними модами –впливає на параметри плазми, погіршуючи або покращуючи їх. Воно проявляє себе, зокрема, закручуванням радіальної структури моди, що спостерігалося в експериментах на токамаках. У цій роботі з'ясовано, що має місце кореляція між напрямом радіального потоку енергії хвилі, орієнтацією закруту моди та напрямом обертання моди. Вводиться параметр закруту моди, встановлюються його співвідношення з потоком енергії. Показано, що потік енергії перетворює нулі радіального профілю амплітуди моди на мінімуми (тобто, нулі зникають). Ці результати можна використати для діагностики потоків енергії, що створені нестійкостями, збудженими швидкими йонами. Виконано розрахунки для кількох типів альвенових власних мод (АВМ) –GAE-, RSAE- та TAE-мод. Проведено аналіз експерименту на DIII-D, в якому спостерігалися RSAE-моди.

Authors: ЯКОВЕНКО, Юрій (ІЯД); КОЛЕСНИЧЕНКО, Ярослав (ІЯД); Dr ЛУЦЕНКО, Вадим (ІЯД); ТИХИЙ, Антон (ІЯД); Prof. ГАЙДБРИНК, Вільям В. (Університет Каліфорнії - Ірвайн)

Presenter: ЯКОВЕНКО, Юрій (ІЯД)

Session Classification: Фізика плазми та керований термоядерний синтез

Track Classification: Фізика плазми та керованого термоядерного синтезу

Contribution ID: **70** Type: **Секційна доповідь**

Аналіз систематик енергій пігмі дипольного резонансу в атомних ядрах

Monday, May 26, 2025 5:25 PM (20 minutes)

Аналіз систематик енергій пігмі дипольного резонансу в атомних ядрах

В. А. Плюйко, О. М. Горбаченко , Н. О. Романовський
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

Одним з найбільш важливих процесів в ядерних реакціях є гамма випромінювання, яке супроводжує більшість ядерних реакцій. Процеси гамма випромінювання та фотопоглинання в атомних ядрах можна описати за допомогою фотонних силових функцій [1 - 2]. Наявність пігмі дипольного резонансу (ПДР) одночасно з гігантським дипольним резонансом може суттєво вплинути на поведінку таких функцій і тим самим на розрахунок спостережних характеристик ядерних реакцій [3, 4]. Особливо це важливо для аналізу розповсюдження хімічних елементів у Всесвіті [5]. Наразі існують мікроскопічні розрахунки для визначення параметрів ПДР, значення яких відрізняються до 30 відсотків, поруч з тим з'являються різні експериментальні дані. Мікроскопічні розрахунки дуже складні і займають багато часу. При складних розрахунках перерізів ядерних реакцій потрібно використання простих аналітичних виразів, що повинні узгоджуватись з наявним мікроскопічними розрахунками та експериментальними даними.

В даній роботі обчислені енергії ПДР на ізотопах Ni, Sn, Pb за допомогою аналітичних виразів, які були отримані з використанням двох моделей, а саме 1) аналогом гідродинамічної моделі Штейнведеля-Йенсена в якій рідина кору і надлишку нейтронів вібрують одна відносно іншої (SIS - модель) [6] та 2) аналогом моделі Гольдхабера- Теллера, коли нейтронно-надлишкова та протонна густини коливаються відносно їх загального центру мас [7].
Для порівняння цих розрахунків з макроскопічними обчисленнями нами були виконані розрахунки за підходом [7] з надлишком нейтронів з роботи [15] (модель INW) та за моделлю SIS[6].
Відмітимо, що на відміну від моделі SIS, обчислення за виразами точної(ф.(1)) і наближеної (ф.(2,3)) моделі INW досить добре узгоджуються з мікроскопічними розрахунками і демонструють зменшення енергії ПДР із зростанням надлишку нейтронів. Тому модель INW може бути використаний як систематика енергії ПДР в середніх і важких нейтронно-надлишкових ядрах.
ВАП та ОМГ дякують фонду НФДУ за часткову підтримку досліджень (грант НФДУ 2023.05/0024 «Вирішення сучасних проблем хімії, біомедицини, фізики та матеріалознавства з використанням центру високопродуктивних обчислень і машинного навчання»).

1. S. Goriely et al. Eur. J. Phys. A 55 (2019) 172.
2. S. Goriely, V. Plujko. Phys. Rev. C 99(1) (2019) 014303.
3. O. Gorbachenko et al. EPJ Web of Conferences 239 (2020) 03012.
4. О.М. Горбаченко et al. Ядерна фізика та енергетика 24(1) (2023) 17.
5. M. Arnould et al. Physics Reports 450(4-6) (2007) 97.
6. Y. Suzuki et al. Prog. Theor. Phys. 83 (1990) 180.
7. P. V. Isacker et al. Phys. Rev. C 45 (1992) R13.
8. N. Paar et al. Phys. Lett. B. 606(3-4) (2005) 288.
9. D. Vretenar et al. Nucl. Phys. A 692 (2001) 496.
10. J. Piekarewicz. Phys. Rev. C. 73 (2006) 044325.

11. N. Tsoneva, H. Lenske. Phys. Rev. C. 77 (2008) 024321.
12. E. Litvinova et al. Phys. Rev. C 79 (2009) 054312.
13. G.Co et al., Phys. Rev. C 87 (2013) 034305.
14. M Markova et al. Phys. Lett. B 860 (2025) 139216.
15. C.J. Pethick et al. Nucl. Phys. A 606(1-2) (1996) 173.
16. S.Goriely et al. At. Data Nucl. Data Tabl. 77 (2001) 311.

Authors: ПЛЮЙКО, Володимир Андрійович (Київський національний університет імені Тараса Шевченка); ГОРБАЧЕНКО, Олександр Миколайович (Київський національний університет імені Тараса Шевченка); РОМАНОВСЬКИЙ, Назарій Олегович (Київський національний університет імені Тараса Шевченка)

Presenter: ГОРБАЧЕНКО, Олександр Миколайович (Київський національний університет імені Тараса Шевченка)

Session Classification: Теоретична ядерна фізика

Track Classification: Теоретична ядерна фізика

Contribution ID: **71** Type: **Секційна доповідь**

Встановлення рівноваги в системі Фермі в рамках дифузійного наближення кінетичної теорії

Monday, May 26, 2025 4:05 PM (20 minutes)

Встановлення рівноваги в системі Фермі
в рамках дифузійного наближення кінетичної теорії

С. В. Лук'янов

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

У дифузійному наближенні кінетичне рівняння Ландау–Власова можна звести до рівняння дифузії для функції розподілу Вігнера в імпульсному просторі. Для наближення постійних кінетичних коефіцієнтів нелінійне рівняння дифузії може бути розв'язане як аналітично, так і числовими методами. Числовий розв'язок, очевидно, демонструє властивості, аналогічні аналітичному підходу: з часом початкова функція розподілу поступово розмивається, переходячи до рівноважного розподілу Фермі з температурою, що визначається відношенням кінетичних коефіцієнтів. У загальному випадку, коли кінетичні коефіцієнти залежать від імпульсу та часу, можливий лише числовий розв'язок. Ця робота присвячена повному числовому розв'язанню нелінійного дифузійного рівняння з кінетичними коефіцієнтами, залежними від імпульсу та часу, вирази для яких були отримані та досліджені нами раніше 1.

Показано, що зі зростанням часу температура системи підвищується, а відповідна енергія Фермі зменшується, поступово наближаючись до своїх рівноважних значень. Це відповідає очікуваному результату, зумовленому збереженням числа частинок у системі. Варто також зазначити, що у випадку повного розв'язання рівняння Ландау-Власова з інтегралом зіткнень у правій частині в дифузійному наближенні —з урахуванням залежних від імпульсу та часу кінетичних коефіцієнтів —рівноважне значення температури виявляється дещо вищим, а рівноважне значення енергії Фермі, навпаки, нижчим, ніж у випадку постійних кінетичних коефіцієнтів. Це також узгоджується із законом збереження числа частинок.

1. V.M. Kolomietz, S.V. Lukyanov. 2015. arxiv.org/abs/1504.00216. Int. Journ. Mod. Phys. E24 (2015) 1550023.

Author: ЛУК'ЯНОВ, Сергій (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Presenter: ЛУК'ЯНОВ, Сергій (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Теоретична ядерна фізика

Track Classification: Теоретична ядерна фізика

Contribution ID: **72** Type: **Секційна доповідь**

Бета-розпад ^{231}Th

Thursday, May 29, 2025 4:55 PM (20 minutes)

Бета-розпад ^{231}Th

Г. П. Куртєва
Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

Для розрахунків використано метод, в якому враховуються квазічастинкові й багатофононні (до десяти фононів) стани основної смуги парно-парного остова, а також вплив вакуумних флуктуацій квазічастинок на перенормування одночастинкових моментів і ефективних сил 1. Спочатку в рамках дінамічної колективної моделі (ДКМ) розраховуються енергії, магнітні дипольні й електричні квадрупольні моменти, спектроскопічні фактори основного й збудженого станів ^{231}Pa, а також зведені ймовірності електромагнітних переходів між ними. Розрахунок бета-розпаду проводиться після обчислення цих спектроскопічних характеристик без введення додаткових параметрів.
Процес бета-розпаду залежить головним чином від взаємного розташування заповнюваних протонної й нейтронної оболонок. У ^{231}Pa понад протонну оболонку Z=82 є 9 протонів, а понад нейтронну оболонку N=126 є 14 нейтронів. Цей ізотоп відрізняється від ядер з області A=100 більшою щільністю рівнів і сильною залежністю структури станів від трьох варіаційних параметрів моделі.
Наведено lg *ft* для переходів на збуджені стани ^{231}Pa: експериментальні 2 та розраховані в ДКМ.
Для цієї області мас ядер розраховані значення слабо залежать від кількості врахованих складових в матричному елементі гамільтоніана слабкої взаємодії, на відміну від ядер з області A=100. Використовується таке ж перенормування констант слабкої взаємодії, що і для ядер з області A= 100.

1. И.Н. Вишневский, Г.Б. Крыгин, А.А. Куртева и др. ЯФ. 57 (1) (1994) 17.
2. www.nndc.bnl.gov Evaluated Nuclear Structure Data File.

Author: КУРТЄВА, Ганна Панасівна (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Presenter: КУРТЄВА, Ганна Панасівна (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Теоретична ядерна фізика

Track Classification: Теоретична ядерна фізика

Contribution ID: **73** Type: **Стендова доповідь**

Моделювання електронної структури політипів нітриду бору

Tuesday, May 27, 2025 1:55 PM (20 minutes)

Першопринципним методом досліджено електронну структуру ряду гіпотетичних фаз на основі нітриду бору.
Матеріали на основі нітриду бору є важливими технологічними матеріалами сучасності [1, 2].
Параметри досліджених кристалічних структур були отримані шляхом аналізу результатів моделювання методом молекулярної динаміки з використанням пакету програм «Quantum ESPRESSO» [4]. На рис. 1 та в таблиці 1 приведено схеми елементарних комірок та параметри структур. Перший елемент в позначеннях структур —символ Пірсона, а другий —номер просторової групи.

Рис. 1. Схеми примітивних елементарних комірок C2-C4 досліджуваних кристалічних структур
BC1-xNx, x = 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0.

Таблиця 1. Симетрія та параметри елементарних комірок досліджуваних кристалічних структур.
Для моноклінних та триклінних структур приведено також кути між базисними векторами ґраток.
Фаза Позначення Симетрія a (Å) b (Å) c (Å)
BC1/4N3/4 (C1) mC16-8 Cm 7.819 5.119 4.421
123.59°
cP8-215 P-43m 3.659 3.659 3.659
oP8-25 Pmm2 2.591 2.482 7.651
BC1/2N1/2 (C2) tP8-111 P-42m 3.544 3.544 3.893
oP8-25 Pmm2 2.549 2.497 7.905
85.00° 89.96° 75.86°
aP8-1 P1 2.465 3.270 9.315
BC3/4N1/4 (C3) mP8-6 Pm 4.539 2.552 5.386
113.10°
oP8-25 Pmm2 2.605 2.462 8.100
hR8-160 R3m 2.558 2.558 27.226
BC (C4) tP8-136 P42/mnm 4.362 4.362 2.752
97.91°
mP8-10 P2/m 4.393 2.726 4.819
Зонна електронна структура та локальні парціальні щільності електронних станів (ЩЕС) ряду політипів BN ретельно досліджувались в роботах [4, 5]. Розрахунки виконані для ряду політипів з цих робіт підтвердили надійність використовуваної нами методики вивчення електронної структури. На рис. 2 представлено розраховані загальні ЩЕС в гіпотетичних сполуках C2- C4.

Рис. 2 Щільності електронних станів (ЩЕС) в сполуках C2-C4.

У випадку BN концентрація валентних електронів становить 8 електронів на елементарну комірку, а зонна структура утворюється зв'язуючими та антизв'язуючими станами, які розділені напівпровідниковою забороненою зоною. Коли азот заміщується вуглецем, концентрація валентних електронів зменшується, а рівень Фермі зміщується в напрямку зони зв'язуючих станів. В результаті ЩЕС на рівні Фермі буде зростати, а відповідна сполука буде дестабілізуватися. Однак це правило виконується не для всіх сполук C2-C4. Як можна бачити з рис. 2 воно виконується для C4-tP8-136 і структур C2 та C3. Ці сполуки є металічними завдяки скінченній

величині ЩЕС на рівні Фермі. Псевдощілина навколо рівня Фермі в C4-tP8-136 вказує на те, що ця сполука має виявляти напівпровідникові властивості. Нарешті, C4-mP8-10 є напівпровідником з дуже вузькою забороненою зоною порядка 0,2 еВ.
Показано, що структури C2-C4 є металічними, за винятком двох сполук: C4-TP8-136 - напівметал, а C4-MP8-10 - напівпровідник з дуже вузькою забороненою зоною шириною 0,2 еВ.

1. L.E. Toth. Transition Metal Carbides and Nitrides (New York, Academic, 1971).
2. P. Luo, Y. Zhao. Molecules 28 (2023) 6200.
3. P. Giannozzi et al. J. Phys. Condens. Matter 21 (2009) 395502.
4. J. Furthmuller et al. Phys. Rev. B 50 (1994) 606.
5. M. Topsakal et al. Phys. Rev. B 79 (2009) 115442.

Author: Mrs ПАВЛОВА, Наталія (Український державний університет імені Михайла Драгоманова)

Co-authors: Dr ІВАЩЕНКО, Володимир (Інститут проблем матеріалознавства НАН України, Київ); ШЕВЧЕНКО, Володимир (Інститут проблем матеріалознавства НАН України, Київ)

Presenter: Mrs ПАВЛОВА, Наталія (Український державний університет імені Михайла Драгоманова)

Session Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Track Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Contribution ID: **74** Type: **Секційна доповідь**

Розрахунок залишкового енерговиділення опроміненого ядерного палива: методи ISO 10645/ANS 5.1, SCALE

Wednesday, May 28, 2025 11:15 AM (20 minutes)

РОЗРАХУНОК ЗАЛИШКОВОГО ЕНЕРГОВИДІЛЕННЯ ОПРОМІНЕНОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА: МЕТОДИ ISO 10645/ANS 5.1, SCALE

С.П. Ладан[1,2], В. І. Борисенко[1,2]

[1] Київський Академічний Університет, Київ, Україна
[2] Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, Київ, Україна

Залишкове енерговиділення (ЗЕ) опроміненого/відпрацьованого ядерного палива (ОЯП, ВЯП) визначається радіоактивним розпадом продуктів поділу і трансуранових ізотопів. Основна частина ЗЕ (в перші ~10 років з моменту припинення опромінення ВЯП) визначається енергією β- і γ-випромінювання продуктів поділу.
В роботі проведено порівняння значень ЗЕ ОЯП/ВЯП, з параметрами запропонованими в стандарті 1, на основі моделювання у коді SCALE 2 та за моделями в [3, 4]. Розглянуто можливість використання [3, 4] для оперативного визначення ЗЕ ОЯП/ВЯП.
Відповідно до визначення [3, 4] потужність залишкового енерговиділення ядерного палива - це теплова потужність, що утворюється в результаті радіоактивного розпаду продуктів поділу і активації ядерного палива після зупинки ядерного реактора.
Після зупинки ядерного реактора (припинення самопідтримувальної ланцюгової реакції поділу) в опроміненому ядерному паливі наявні певні компоненти та продовжують відбуватись ядерні процеси, які є джерелом виділення теплової енергії.
Відповідно до ядерних процесів, які відбуваються в ядерному паливі і конструкційних елементах ТВЗ після опромінення, джерела генерації тепла будуть наступні:
- Продукти поділу;
- Важкі елементи –актиноїди;
- Поділи викликані нейтронами, що запізнюються;
- Спонтанний поділ;
- Конструктивні матеріали та елементи корпусу реактора.

В процесі опромінення уранового палива, трансуранові елементи синтезуються внаслідок реакцій захоплення (n, γ) на уранових ядрах палива та їх похідних, а також реакцій (n, 2n) та (n, p), ймовірність яких значно нижча та часто не враховується при розрахунках ЗЕ ядерного палива.
В даній роботі розглянуто два стандарти по розрахунку ЗЕ ОЯП - ANS 5.1, ISO 10645 в редакціях 2022 та 2014 років. Саме вони на думку авторів найбільш актуальні та релевантні для можливого застосування в Україні.
За ISO 10645 Розрахунок залишкового енерговиділення опроміненого палива LWR реакторів на UOX паливі протягом часу до 109 с проводиться за наступною формулою:

$$P_N(t,T) = P_S(t,T) + P_B(t,T) + P_A(t,T) + P_{Cs}(t,T) + P_E(t,T) \quad (1)$$

де, P_S: потужність ЗЕ продуктів поділу (^{235}U,^{238}U,^{239}Pu,^{241}Pu)

$$P_S(t,T) = \sum_{i=1}^{4}\sum_{k=1}^{m}\frac{P_{ik}}{Q_i}\sum_{j=1}^{23}[\frac{\alpha_{ij}}{\lambda_{ij}}(1-e^{-\lambda_{ij}T_k})e^{-\lambda_{ij}t_k}] \quad (2)$$

P_B: внесок ^{239}U, ^{239}Np; P_A: внесок інших нуклідів (актиноїдів); P_{Cs}: внесок ^{134}Cs;

P_E: потужність ЗЕ захоплення нейтронів іншими продуктами поділу;

T, T_k: час опромінення повний та час опромінення протягом інтервалу k, відповідно;

t: час після зупинки опромінення; t_k –час від моменту закінчення часу роботи на потужності T_k;

P_{ik}: сумарна теплова потужність палива протягом поділу;

Q_i: сумарна теплова потужність одного поділу нукліду i;

α_{ji},λ_{ji}: частка та стала -ої групи ядер ЗЕ, утворених при поділі ізотопу j, відповідно.

В якості об'єкта для розрахунків було використано параметри реальної ТВЗ з початковим збагаченням 4,4%, вигоранням 6 МВт·д/кг U та питомою потужність 40 МВт/т U.
Розрахунки залишкового енерговиділення відповідно до [4] проводились:
- З урахуванням лише доданку P_S –вклад в ЗЕ продуктів поділу ^{235}U,^{238}U,^{239}Pu,^{241}Pu, відповідно до (2)
- Моделювання проводилось за допомогою Python з відповідними бібліотеками: SciPy, NumPy, MatPlotLib
- Початкові дані щодо часток вкладу нуклідів розраховувались за допомогою функцій інтерполяції відповідно до [7]
- Зміна графіку навантаження в даній роботі не розглядалась
Розрахунки залишкового енерговиділення в SCALE проводились для реальних параметрів ТВЗ в програмному коді SCALE за допомого модулів TRITON, ORIGEN-S та OPUS.
На Рис. 1 відображено графіки ЗЕ розраховані в коді SCALE та відповідно до [4].

Indico rendering error

```
Could not include image: Cannot read image data. Maybe not an image file?
```

Рис. 1. Залишкове енерговиділення, розраховане відповідно до ISO 10645/ANS 5.1 та SCALE.
В роботі показано, що розрахунок залишкового енерговиділення опроміненого ядерного палива відповідно до [3, 4] з високою точністю (різниця менше 5% в інтервалах часу 10-1200 діб від зупинки реактора) корелює з розрахунком залишкового енерговиділення за допомогою коду SCALE. Що дає припущення щодо можливості використання розрахунків ЗЕ базуючись на основі моделей ISO 10645/ANS 5.1 в системі внутрішньореакторного контролю, за рахунок використання меншого часу на підготовку розрахунків та меншого часу самих розрахунків, а також відсутності необхідності деталізованих даних технічних параметрів конкретної ТВЗ та умов її експлуатації (спрощення, які прийняті в стандартах [3, 4]).
Для часу менше ніж 10 діб різниця в розрахунку ЗЕ більше ніж 5% може бути пояснена вкладом не врахованих в розрахунку по ISO 10645 від нуклідів ^{239}U та ^{239}Np –доданок P_B в (1).
В періоди часу більше 1200 діб різниця може бути пояснена - не врахуванням вкладу ^{134}Cs та інших актиноїдів (крім ^{239}U та ^{239}Np), які мають вагомий вклад в ці періоди часу – доданки P_A та P_{Cs} в (1).

1. СОУ НАЕК 099:2023 Поводження з ядерним паливом. Радіаційні характеристики і залишкове енерговиділення відпрацьованих тепловидільних збірок ВВЕР-1000.
2. SCALE Code System. Oak Ridge National Laboratory: official website.
3. ANSI/ANS-5.1, 2014. Decay Heat Power in Light Water Reactors.
4. ISO 10645:2022. Nuclear energy - Light water reactors - Decay heat power in non-recycled nuclear fuels.
5. Борисенко В. І., Горанчук В. В., Юров М. С. Ядерна енергетика та довкілля 2(26) (2023) 3
6. Юров М. С., Борисенко В. І. Ядерна енергетика та довкілля 3(29) (2024) 8.
7. R.W. Mills at al. Nuclear Engineering and Technology 52 (2020) 2130

Authors: БОРИСЕНКО, Володимир (Київський Академічний Університет, Інститут проблем безпеки АЕС НАН України); Mr ЛАДАН, Сергій (Київський Академічний Університет, Інститут проблем безпеки АЕС НАН України)

Presenter: Mr ЛАДАН, Сергій (Київський Академічний Університет, Інститут проблем безпеки АЕС НАН України)

Session Classification: Атомна енергетика

Track Classification: Атомна енергетика

Contribution ID: **75** Type: **Секційна доповідь**

Оцінка потужності дози в технічних приміщеннях термоядерного реактора DEMO з використанням Monte Carlo коду Serpent

Tuesday, May 27, 2025 12:15 PM (20 minutes)

В нашій роботі представлено результати моделювання рівнів радіаційної небезпеки в технічних приміщеннях термоядерного реактора DEMO, зокрема в залах UPCh та PHTS, які містять елементи первинного контуру охолодження. Основними джерелами випромінювання розглядалися активована вода (ізотопи N-16 і N-17) та активовані продукти корозії (ACP). За допомогою Serpent Monte Carlo коду було побудовано 3D модель з використанням геометрії CAD та розраховано розподіли потоку нейтронів і фотонів, а також потужності еквівалентної дози в повітрі (для персоналу) та в кремнії (для електронного обладнання). У межах роботи побудовано спрощену тривимірну модель сегмента будівлі DEMO з використанням Monte Carlo коду Serpent (версія 2.1.32) та бібліотеки ядерних даних JEFF-3.3. Одним із ключових завдань дослідження є підготовка рекомендацій для інженерів, відповідальних за інтеграцію систем установки DEMO, щоб вони могли оцінити рівень активації під час роботи реактора та після його зупинки в допоміжних зонах.
Отримані результати мають важливе значення для ранніх стадій інженерного проєктування DEMO з метою забезпечення ефективного радіаційного захисту персоналу та довговічності електроніки в умовах дії іонізуючого випромінювання. Подальші дослідження будуть зосереджені на більш детальному картуванні просторового розподілу потужності дози у всіх допоміжних приміщеннях.

Author: Mr СЕРЕДА, Сергій (Інститут проблем безпеки атомних електростанцій НАН України)

Co-author: Ms СЕРЕДА, Світлана (Інститут проблем безпеки атомних електростанцій НАН України)

Presenter: Mr СЕРЕДА, Сергій (Інститут проблем безпеки атомних електростанцій НАН України)

Session Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Track Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Contribution ID: **76** Type: **Секційна доповідь**

Temperature dependence of structure formation of islands of electron-hole liquid in dichalcohenides

Tuesday, May 27, 2025 3:35 PM (20 minutes)

.

Author: CHERNYUK, Andriy

Co-author: SUGAKOV, Volodymyr

Presenter: CHERNYUK, Andriy

Session Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Track Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Contribution ID: **77** Type: **Секційна доповідь**

Зміни потужності поглиненої дози внутрішнього опромінення риб у водоймі-охолоджувачі ЧАЕС та озері Азбучин упродовж 2021–2024 рр.

Friday, May 30, 2025 12:55 PM (20 minutes)

Надходження радіонуклідів у довкілля і подальші процеси їх розподілу, міграції та фізичного розпаду визначають динаміку вмісту радіонуклідів в основних компонентах водних і наземних екосистем та обумовлене ними опромінення біоти. При проведенні радіоекологічних досліджень водойм особливий інтерес викликають риби, які займають верхні трофічні рівні у прісноводних біоценозах і є об'єктами харчування людини. Радіонукліди, які накопичуються в органах і тканинах риб, формують внутрішню поглинену дозу, яка разом із зовнішньою (від води, донних відкладів, рослин тощо) складає загальну поглинену дозу іонізуючого випромінювання. Дослідження виконували на найбільш забруднених радіонуклідами водоймах у межах Чорнобильської зони відчуження (ЧЗВ).

Роботу виконано за підтримки Національного фонду досліджень України (проєкт № 2023.03/0156), Національної академії наук України, а також у співробітництві з Державним спеціалізованим підприємством «Екоцентр» Державного агентства України з управління зоною відчуження та Чорнобильським радіаційно-екологічним біосферним заповідником.

Author: КАГЛЯН, Олександр (Інститут гідробіології НАН Украинї)

Co-authors: BELYAEV, Vladimir (Institute of Hydrobiology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine of the); ГУДКОВ, Дмитро (ІГБ НАНУ); ЮРЧУК, Людмила (Інститут гідробіології НАН України); МЕНЬКОВСЬКА, Марія (Інститут гідробілогії НАН України); КІРЄЄВ, Сергій (ДСП "Екоцентр)

Presenter: КАГЛЯН, Олександр (Інститут гідробіології НАН Украинї)

Session Classification: Радіоекологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **79** Type: **Секційна доповідь**

Вологість та розподіл активності радіонуклідів у лісовій підстилці як фактори, що визначають емісію радіонуклідів в атмосферу під час лісових пожеж

Friday, May 30, 2025 1:55 PM (20 minutes)

Представлені результати дослідження динаміки вологості впродовж року та розподілу запасу активності радіонуклідів у шарах лісової підстилки на експериментальній ділянці лісу у Зоні відчуження в районі н.п. Копачі. Дані результати є важливими для оцінки значень коефіцієнта емісії радіонуклідів в атмосферу внаслідок лісових пожеж. Аналіз отриманих результатів показує, що співвідношення вологість шарів лісової підстилки мають значні коливання впродовж року. Для верхнього опадового шару (L0) зафіксовані значення вологості знаходилися в інтервалі 10-130 %, для середнього ферментативного (L1) 10-175%, для нижнього гуміфікованого (L2) 20-90%. Для 137Cs розподіл запасу активності у шарах підстилки склав: L0 –1.3%, L1 –28.1%, L2 –70.5%. Для 90Sr: L0 –11.7%, L1 –29.5%, L2 –58.8%. Для 241Am: L0 –0.1%, L1 –2.4%, L2 –97.5.5%. Відповідно емісія радіонуклідів і їх співвідношення в аерозолі під час лісових пожеж в значній мірі буде визначатися ступенем вигорання саме нижніх шарів підстилки. Методом радіографії виявлено значну кількість паливних часток розміром 1 – 5 мкм у гуміфікованому горизонті підстилки, що потребує оцінки їх можливого виносу в атмосферу у разі лісових пожеж.

Author: ПРОЦАК, Валентин (Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України і НАН України)

Co-authors: МАЛОШТАН, Ігор (Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України); ЛАПТЄВ, Геннадій (Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України); ДЕРКАЧ, Григорій (Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України); ПРОКОПЧУК, Надія (Національний університет біоресурсів і природокористування України); ГІНЧУК, Тарас (Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України)

Presenter: ПРОЦАК, Валентин (Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України і НАН України)

Session Classification: Радіоекологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **80** Type: **Секційна доповідь**

Subcritical states of asymmetric nuclear matter

Monday, May 26, 2025 3:45 PM (20 minutes)

Subcritical states of asymmetric nuclear matter

A.I. Sanzhur[1], S. Shlomo[2]
[1]Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
[2]Cyclotron Institute, Texas A&M University, College Station, TX 77840, USA

Caloric curves measurements 1 provide important information on equation of state and liquid-vapor phase transition in nuclear matter. The plateau region of the caloric curve, that is, the dependence of temperature, T, on excitation energy per particle $\varepsilon_{\rm ex}$, gives the signal of phase transition 2. This flat region of the caloric curve is accompanied by an increase of energy fluctuations and demonstrates departure from the Fermi-gas-like equation of state. On the base of statistical mechanics it is possible to find signatures of liquid-vapor phase transition also for finite nuclear systems composed of a limited number of neutrons N and protons Z (small systems). Below we consider caloric curves for small nuclear systems and energy fluctuations for thermodynamic states along these curves. Calculations were performed at subcritical (i.e. below critical) values of temperature T and pressure P using formalism of Isothermal-Isobaric Ensemble.
The partition sum and the thermodynamic potential G (Gibbs free energy) for the system driven by the corresponding environmental variables are written as,
$\Delta(N,Z,P,T) = \sum_V \exp[(-PV - F(N,Z,V,T))/T],\ G = -T\ln(\ )$
$tag1 Here, summation (integration) is carried out over volume$ V, F=F(N,Z,V,T) $stands for the free energy of small nuclea$
$Fermi free energy per particle \phi_{\rm TF}(\rho_n,\rho_p,T)$ [2] as $F = A\phi_{\rm TF}(\rho_n,\rho_p,T)$, where $\rho_n = N/V$ and $\rho_p = Z/V$ are, respectively, the neutron and proton densities. In order to account for situation that system can be found in two-phase thermodynamic state (liquid + vapor) the partition sum yields $\Delta(N,Z,P,T) == \sum_{N^{\rm liq}+N^{\rm vap}=N,\ Z^{\rm liq}+Z^{\rm vap}=Z,\ V^{\rm liq},\ V^{\rm vap}} \exp[(-P(V^{\rm liq}+V^{\rm vap}) - F^{\rm liq} - F^{\rm vap})/T]$
$tag2 where$ F$^{\rm liq} = F(N^{\rm liq}, Z^{\rm liq}, V^{\rm liq}, T)$, $F^{\rm vap} = F(N^{\rm vap}, Z^{\rm vap}, V^{\rm vap}, T)$, and superscripts "liq" and "vap" denote the liquid and vapor phases, respectively. The partition sum takes the account of particles redistributed between liquid and vapor phases provided the total number of neutrons and protons are fixed. The average value of energy, $\langle E\rangle$, and its dispersion (the energy fluctuation σ_E squared), $\sigma_E^2 = \langle E^2\rangle - \langle E\rangle^2$, are obtained from Gibbs free energy $G = -T\ln(\ )$ as
$\langle E\rangle = G - T\frac{\partial G}{\partial T} - P\frac{\partial G}{\partial P}$, $\langle E^2\rangle - \langle E\rangle^2 = -T^3\frac{\partial^2 G}{\partial T^2} - 2PT^2\frac{\partial^2 G}{\partial P \partial T} - P^2T\frac{\partial^2 G}{\partial P^2}$
$tag3 The excitation energy per particle \varepsilon_{\rm ex}$, needed for the determination of the caloric curve, $T(\varepsilon_{\rm ex})$, is obtained as $\varepsilon_{\rm ex} = (\langle E\rangle - E_{gs})/A$
$tag4 where$ E$_{gs}$ is the ground state energy at $T = 0$ and fixed value of P. We have calculated the isobaric caloric curves, using $P = 0.05$ MeV/fm^3, for several small nuclear systems having different particle numbers $A = 48,\ 120$, and 216 at the same asymmetry parameter $X = (N-Z)/A = 1/6$. By the neutron-proton composition these systems correspond to ^{48}Ca, ^{120}Sn, and ^{216}Th nuclei. Calculation was carried out for the temperature interval $T = 5 \div 12$ MeV using KDE0v1 Skyrme nucleon-nucleon interaction [3]. The results for $A = 48,\ 120$, and 216 are shown in Fig. 1 by the dash-dotted, dashed, and dotted lines, respectively. With the aim of comparison, the calculation at the same pressure and asymmetry parameter was carried out for infinite asymmetric nuclear matter (solid line in Fig. 1). Comparing the dot-dashed, dashed and dotted lines with the solid one in Fig. 1 it is seen that the temperature in the middle of plateau region for the small systems is lower than that for infinite matter. Also, the results obtained for small systems are smooth and do not demonstrate fracture (derivative discontinuity) which is seen for infinite matter at bubble and dew points shown in Fig. 1 by arrows. We also obtained the energy dispersion $\sigma_E^2 = \langle E^2\rangle - \langle E\rangle^2$ by means of Eq. (3). The calculation of the dispersion and, consequently, the fluctuation of energy requires the values of second derivatives of the Gibbs thermodynamic potential G with respect to the temperature and pressure. Figure 2 presents the energy dispersions for small nuclear systems with $A = 48,\ 120$, and 216 as functions of excitation energy per particle along the correspond-

ing caloric curves shown in Fig. 1. Figure 2 demonstrates the increase of energy dispersions in the two-phase region of excitation energies between bubble and dew points. Such an increase, together with the plateau region in caloric curve $T(\varepsilon_{\rm ex})$, gives the signature of the occurring phase transition. The presented results for small nuclear systems could be valuable to give an idea on the excitation energy range where to expect the observation of liquid-vapor phase transition (see Fig. 1 and Fig. 2 in the attached materials).
 Fig. 1. Isobaric caloric curves $T(\varepsilon_{\rm ex})$ obtained at pressure $P = 0.05$ MeV/fm^3 and neutron-proton asymmetry parameter $X = 1/6$. Dot-dashed, dashed, and dotted lines present the results for small nuclear systems with $A = 48,\ 120$, and 216, respectively. Solid line gives the result in the case of infinite matter. The positions of bubble and dew points of infinite matter are shown by arrows. Calculations were carried out using KDE0v1 Skyrme nucleon-nucleon interaction [3].
 Fig. 2. The energy dispersion per particle over square of temperature versus the excitation energy per nucleon $\varepsilon_{\rm ex}$, see Eqs. (3), and (4). Results are obtained for small nuclear systems with $A = 48$ (dot-dashed line), 120 (dashed line), and 216 (dotted line) along the corresponding caloric curves, see Fig. 1. The range of $\varepsilon_{\rm ex}$ between bubble and dew points (vertical dashed lines) corresponds to coexistence of liquid and vapour phases for the case of infinite nuclear matter.

1 J. B. Natowitz et al. Phys. Rev. C 65 (2002) 034618.
2 V. M. Kolomietz, S. Shlomo. Mean field theory (Singapore: World Scientific, 2020) 565 p.
3 B. K. Agrawal, S. Shlomo, V. Kim Au. Phys. Rev. C 72 (2005) 014310.

Authors: САНЖУР, Андрій Ігорович (Інститут ядерних досліджень НАН України); ШЛОМО, Ш. (Циклотронний інститут, Техаський університет A&M, Коледж Стейшн, США)

Presenter: САНЖУР, Андрій Ігорович (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Теоретична ядерна фізика

Track Classification: Теоретична ядерна фізика

Contribution ID: **81** Type: **Секційна доповідь**

Дослідження персистенції ефекту свідка в лімфоцитах периферичної крові людини

Thursday, May 29, 2025 11:55 AM (20 minutes)

У лімфоцитах периферичної крові людини встановлено персистенцію геномної нестабільності протягом чотирьох мітотичних поділів внаслідок розвитку пухлинно-індукованого ефекту свідка, зумовленого впливом кондиційного середовища клітин недрібноклітинного раку легень людини А-549.

Author: Ms ТАЛАН, Оксана (Державна установа "Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології НАМН України")

Co-author: Ms ШЕМЕТУН, Олена (Державна установа "Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології НАМН України")

Presenter: Ms ТАЛАН, Оксана (Державна установа "Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології НАМН України")

Session Classification: Радіобіологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **82** Contribution code: **ЕЯФ** Type: **Секційна доповідь**

Дослідження швидких ланцюжків розпаду в уран-торієвих рядах за допомогою сцинтиляційного кристалу ортосилікату гадолінію

Tuesday, May 27, 2025 12:35 PM (20 minutes)

Виконано оцінку періодів напіврозпаду швидких ланцюжків розпаду нуклідів уран-торієвих рядів за допомогою кристалу ортосилікату гадолінію Gd_2SiO_5, активованого церієм (0,8%). Для вимірювань використовувався кристал діаметром 47 мм і висотою 54 мм та масою 635 г. Був застосований часово-амплітудний аналіз, у якому пари або трійки послідовних сигналів, що відповідають швидким ланцюжкам розпадів, відбиралися за енергією з наступною побудовою для відповідних пар сигналів розпадних кривих відповідно до часового інтервалу між сигналами. Отримано попередні значення періодів напіврозпаду для нуклідів ^{214}Po, ^{215}Po, ^{216}Po, ^{219}Rn і ^{220}Rn. Зокрема, для ^{216}Po отримано період напіврозпаду $0,1426(14)$ с (наведена статистична невизначеність), що за точністю перевищує рекомендоване значення.

Author: Dr КАСПЕРОВИЧ, Дмитро (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна)

Co-authors: Prof. ДАНЕВИЧ, Федір (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна); Dr КОБИЧЕВ, Владислав (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна); Dr ПОЛІЩУК, Оксана (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна); Dr ТРЕТЯК, Володимир (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна)

Presenter: Dr КАСПЕРОВИЧ, Дмитро (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **83** Type: **Секційна доповідь**

Генерація кільватерного поля в діелектричному хвилеводі з порожнистим плазмовим каналом

Monday, May 26, 2025 6:35 PM (20 minutes)

Generation of wakefield by a single relativistic electron bunch in a plasma-dielectric accelerating structure has been studied both analytically and numerically. The structure represents a dielectric-loaded cylindrical metal waveguide, which has partially plasma-filled channel (hollow plasma channel) to transport charged particles. Assuming the linear regime of excitation, analytical expressions have been derived for the longitudinal and radial wakefields generated by a finite-size electron bunch. Axial profiles of wakefield component amplitudes have been studied, and their mode and spectrum analyses have been performed. An analysis of a dispersion of the dielectric waveguide with hollow plasma channel demonstrated the presence of two surface eigenwaves, which are absent in corresponding dielectric-loaded waveguide without plasma filling. Numerical studies showed the possibility of acceleration of both electron and positron test bunches with their simultaneous radial focusing. Fourier analysis of a transverse wakefield demonstrated that a main contribution to its amplitude belongs to a backward plasma surface eigenwave. Furthermore, the electron bunch-driven wakefield excitation has been PIC-simulated numerically for the quasi-linear regime. The comparative analysis of the data resulting from analytical studies and the ones obtained by numerical simulation has demonstrated qualitative agreement between the results.

Author: GALAYDYCH, Kostyantyn (NSC Kharkiv Institute of Physics and Technology, Kharkiv, Ukraine)

Co-authors: Prof. SOTNIKOV, Gennadiy (NSC Kharkiv Institute of Physics and Technology, Kharkiv, Ukraine); Dr MARKOV, Peter (NSC Kharkiv Institute of Physics and Technology, Kharkiv, Ukraine)

Presenter: GALAYDYCH, Kostyantyn (NSC Kharkiv Institute of Physics and Technology, Kharkiv, Ukraine)

Session Classification: Фізика плазми та керований термоядерний синтез

Track Classification: Фізика плазми та керованого термоядерного синтезу

Contribution ID: **84** Type: **Секційна доповідь**

Пошук холодного поділу нуклідів плутонію і америцію за допомогою гамма-спектрометрії

Wednesday, May 28, 2025 4:15 PM (20 minutes)

ПОШУК ХОЛОДНОГО ПОДІЛУ НУКЛІДІВ ПЛУТОНІЮ І АМЕРИЦІЮ ЗА ДОПОМОГОЮ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРІЇ

І.С. Клюєв, Д.В. Касперович, В.В. Кобичев

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

Існує уніфікована теоретична модель радіоактивного розпаду з вильотом нуклонів та ядер, розроблена Дуарте та ін. 1, яка охоплює різноманітні ядерні перетворення від протонного і альфа-розпаду до кластерного розпаду та холодного поділу, у якій наведено теоретичні передбачення парціальних періодів напіврозпаду для ряду каналів холодного поділу важких елементів, включно з ізотопами плутонію та америцію. Ми виконали експериментальну перевірку цієї моделі шляхом пошуку характерного гамма-випромінювання, яким супроводжуються відповідні канали розпаду.
Ми використали гамма-спектрометричні дані із бази даних спектрів гамма-випромінення зразків урану і плутонію IDB 2, створеного в МАГАТЕ, зокрема спектр з ідентифікатором id-1463 3, виміряний у підрозділі Об'єднаного дослідницького центру Єврокомісії в Карлсруе (Німеччина) у 2015 році зі зразком діоксиду плутонію (PuO_2) вагою 6,630 г [4] та HPGe-детектором з відносною ефективністю реєстрації 54%. На момент вимірювання зразок містив 93,58% ^{239}Pu та 6,31% ^{240}Pu із домішками інших нуклідів плутонію та ^{241}Am (див. Таблицю 1).

Нуклід	Масовий вміст, %
^{238}Pu	0,0094
^{239}Pu	93,5839
^{240}Pu	6,3108
^{241}Pu	0,0563
^{242}Pu	0,0396
^{241}Am	0,2634

Таблиця 1. Ізотопний склад зразка оксиду плутонію (на момент проведення вимірювань)

Аналіз передбачав виявлення бета-активних вторинних нуклідів, які могли утворитися внаслідок холодного поділу та розпадаються з випроміненням гамма-квантів. В ході обробки даних було здійснено ретельне калібрування енергетичної шкали та оцінку роздільної здатності детектора.
Для моделювання ймовірності реєстрації гамма-квантів у піках повного поглинання застосовано метод Монте-Карло. Ці обчислення було проведено в середовищі Simourg 1.5.0 [5], яке функціонує як оболонка для симуляційного пакету GEANT4 [6,7]. Актуальність обраної моделі підтверджувалася шляхом порівняння з гамма-піками від розпадів нуклідів плутонію і америцію у зразку у діапазоні 59–1057 кеВ. У високоенергетичній частині спектру (1057–2930 кеВ) було проведено пошук сигналів, які могли б відповідати розпаду дочірніх продуктів, утворених у процесах холодного поділу.
На основі отриманих результатів було встановлено нижні експериментальні обмеження на парціальні періоди напіврозпаду для ряду можливих каналів холодного поділу нуклідів $^{238–242}Pu$ та ^{241}Am.

1. S.B. Duarte et al. At. Data Nucl. Data Tables 80 (2002) 235.
2. An International Database of Reference Gamma Spectra (IDB-v2024-01) (IAEA, 2024) https://nds.iaea.org/idb

3. Spectrum 1463 https://nds.iaea.org/idb/spectra/1463
4. PuO2 Pilot Reference Samples for Isotopic Composition Measurements by Gamma Spectrometry: CBNM –NRM 271 (12.01.1987) https://nds.iaea.org/media-idb/certificates/Pu_CBNM271.pdf
5. В.В. Кобичев. Ядерна фізика та енергетика 12(3) (2011) 301.
6. J. Allison et al. IEEE Trans. Nucl. Sci. 53 (2006) 270.
7. S. Agostinelli et al. Nucl. Instrum. Meth. A 506 (2003) 250.

Author: Mr КЛЮЄВ, Ілля (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Co-authors: Mr КОБИЧЕВ, Владислав (Інститут ядерних досліджень НАН України); Mr КАСПЕРОВИЧ, Дмитро (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Presenter: Mr КЛЮЄВ, Ілля (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **85** Type: **Секційна доповідь**

Дослідження паладієвих гідрофобних каталізаторів-сорбентів у пасивних системах детритізації газоподібних викидів

Friday, May 30, 2025 2:15 PM (20 minutes)

Ефективна детритізація газових викидів є критично важливою для захисту довкілля та здоров'я населення. Проте надійність таких систем може знижуватись через різні аварійні фактори: пошкодження обладнання (зношення труб, несправність фільтрів, вихід компресорів з ладу), відхилення технологічних параметрів (температура, тиск, вологість) або зовнішні фактори (землетруси, пожежі, диверсії). Це може спричинити витоки тритію, що загрожують забрудненням повітря, води, природи та здоров'ю людей.
Для розв'язання проблеми тритієвих викидів потрібно розробляти спеціальні підходи, які враховують специфіку міграції та дифузії тритію. Одним із можливих перспективних варіантів є використання каталітичного окислення в системах детритізації (DS) газових викидів.

Author: КОВАЛЕНКО, Олександр (ІЯД)

Co-author: КРЯЖИЧ, О. (Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України)

Presenter: КОВАЛЕНКО, Олександр (ІЯД)

Session Classification: Радіоекологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **86** Type: **Секційна доповідь**

Альфа-розпад природних ізотопів європію, що супроводжується вильотом гамма-квантів

Tuesday, May 27, 2025 4:05 PM (20 minutes)

У дослідженні проводили пошук теоретично дозволених розпадів ^{151}Eu на перший збуджений рівень ^{147}Pm та ^{153}Eu на ^{149}Pm з подальшим розпадом на ^{149}Sm. У даних вимірюваннях було використано HPGe-детектор зі свинцевим і мідним пасивним захистом та зразок глибоко очищеного Eu_2O_3 масою 313.8 г, поміщений у пластиковий контейнер. тримано нижні обмеження на періоди напіврозпаду ^{151}Eu і ^{153}Eu, які становлять 7.8×10^{18} р. і 2.3×10^{18} р. відповідно (довірча ймовірність 68%).

Authors: Ms ІНЧІКІТТІ, Антонела (INFN, sezione di Roma, Rome, Italy і Dipartimento di Fisica, Università di Roma “La Sapienza”, Rome, Italy); ТРЕТЯК, Володимир (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна); Mr КАРАЧІОЛО, Вінченсо (INFN, sezione di Roma “Tor Vergata”, Rome, Italy і Dipartimento di Fisica, Università di Roma “Tor Vergata”, Rome, Italy); Mr КАСПЕРОВИЧ, Дмитро (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна); Mr ЛАУБЕНШТАЙН, Матіяс (Національна лабораторія Гран-Сассо, Ассерджі, Італія); СОКУР, Назар (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна); Mr БЕЛЛІ, П’єрлуїджі (INFN, sezione di Roma “Tor Vergata”, Rome, Italy і Dipartimento di Fisica, Università di Roma “Tor Vergata”, Rome, Italy); Mr БОЙКО, Роман (Інститут ядерних досліджень НАН України); Mr ЧЕРУЛЛІ, Рікардо (INFN, sezione di Roma “Tor Vergata”, Rome, Italy); Ms БЕРНАБЕЙ, Ріта (INFN, sezione di Roma “Tor Vergata”, Rome, Italy і Dipartimento di Fisica, Università di Roma “Tor Vergata”, Rome, Italy); Mr КАПЕЛЛА, Фабіо (INFN, sezione di Roma, Rome, Italy і Dipartimento di Fisica, Università di Roma “La Sapienza”, Rome, Italy); ДАНЕВИЧ, Федір (Institute for Nuclear Research of NASU, Kyiv, Ukraine)

Presenter: СОКУР, Назар (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **87** Type: **Секційна доповідь**

Аналіз кутових розподілів пружного розсіяння α-частинок на мішені тритію при енергії 84.2 МеВ

Wednesday, May 28, 2025 5:15 PM (20 minutes)

Представлено нові експериментальні дані пружного розсіяння α-частинок на мішені тритію при енергії Elab(α) = 84.2 МеВ (Ес.ц.м. = 36.09 МеВ). Вимірювання експериментальних даних для кутових розподілів проводились на Київському циклотроні U-200P НАН України. Мішень була виготовлена шляхом насичення атомами тритію титанової фольги, товщина тритію становила 0.15 мг/см2, титану 2.6 мг/см2. Продукти реакції реєструвались за допомогою ΔE–E телескопів, які забезпечували розділення локусів зареєстрованих частинок за зарядами та масами.

Отримано кутові розподіли пружного розсіяння α + t при енергії Ес.ц.м. = 36.09 МеВ в повному кутовому діапазоні. Аналіз проведено за оптичною моделлю (ОМ) та методом зв'язаних каналів реакцій (МЗКР). В МЗКР-розрахунках схема зв'язку каналів включала пружне розсіяння α + t та передачу протона між цими ядрами, як основні процеси. Як початковий набір параметрів ОМ потенціалу для опису взаємодії ядер α + t, використано потенціали у формі Вудса-Саксона (WS) для взаємодії d + α 1 та α + α 2 при близьких енергіях Ес.ц.м. ~ 36 МеВ, але узгодження МЗКР-перерізів з експериментальними даними пружного розсіяння α + t виявилось незадовільним. Тому, з одночасної найкращої підгонки МЗКР-перерізів до експериментальних даних (Рис.1) було визначено параметри WS-потенціалу з об'ємною дійсною та уявною частинами для взаємодії α + t та значення спектроскопічного фактору C2S = 1.33 ± 0.05 для системи α ⟶ t + p, яке добре узгоджується із значенням C2S = 1.32 для дзеркальної системи ядер α ⟶ 3He + n, отриманим авторами роботи 3 з МЗКР-аналізу кутових розподілів пружного розсіяння α + 3He. Оскільки отримані значення SF залежать від геометричних параметрів потенціалу зв'язку t + p, було побудовано залежність отриманих значень SF з найкращої підгонки МЗКР-перерізів до експериментальних даних від різних значень радіусів Rb потенціалу зв'язку t + p. Виявилось, що залежність SF від Rb є лінійною та плавною, натомість значення квадратів асимптотичного множника нормування (ANC2) швидко зростають по експоненті при збільшенні Rb, що, можливо, пов'язано з неповерхневим характером взаємодії ядер α + t.

Author: Mr МЕЖЕВИЧ, Сергій (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Co-authors: Dr ПОНКРАТЕНКО, Олег (Інститут ядерних досліджень НАН України); Dr КІЛІ, Николас (Національний центр ядерних досліджень, Отвок, Польща); Mr РОЗНЮК, Юрій (Інститут ядерних досліджень НАН України); Dr ПОВОРОЗНИК, Орест (Інститут ядерних досліджень НАН України); Dr СТРУЖКО, Борис (Інститут ядерних досліджень НАН України); Mr РУДЕНКО, Борис (Інститут ядерних досліджень НАН України); Mr ГРАНЦЕВ, Вородимир (Інститут ядерних досліджень НАН України); Mr КІСУРІН, Константин (Інститут ядерних досліджень НАН України); Dr СЛЮСАРЕНКО, Лариса (Інститут ядерних досліджень НАН України); Mr ЯЧМЕНЬОВ, Олексій (Інститут ядерних досліджень НАН України); Ms ГОРПИНИЧ, Ольга (Інститут ядерних досліджень НАН України); Mr ОМЕЛЬЧУК, Сергій (Інститут ядерних досліджень НАН України); Mr ВЕРТЕГЕЛ, Іван (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Presenter: Mr МЕЖЕВИЧ, Сергій (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **88** Type: **Секційна доповідь**

Дослідження внутрішнього фону GAGG(Ce) для пошуку рідкісних ядерних розпадів

Wednesday, May 28, 2025 12:55 PM (20 minutes)

Сцинтиляційний кристал гадоліній-алюміній-галієвого гранату, легованого церієм (GAGG(Ce), хімічна формула $Gd_3Al_2Ga_3O_{12}$(Ce), масою 285.7 г був досліджений у підземній лабораторії Гран-Сассо (LNGS, Італія). Даний кристал буде використаний для пошуку рідкісних ядерних розпадів ізотопів гадолінію, зокрема нового виду ядерного розпаду - подвійного альфа-розпаду нуклідів ^{152,154,155}Gd. Подвійний альфа-розпад був теоретично передбачений у 2021 р (незалежно від робіт 1980'х рр.), після чого почалися активні пошуки даного рідкісного типу радіоактивності. Зокрема сьогодні діють два проекти з пошуку подвійного альфа-розпаду ^{224}Ra у Центрі дослідження важких іонів ім. Гельмгольца (GSI) та в ЦЕРНі. Досить оптимістичні теоретичні розрахунки симетричного подвійного альфа-розпаду ^{152}Gd дають значення періоду напіврозпаду $1{,}1\times10^{19}$ р, що є досяжним для сучасних методів. Окрім цього даний кристал буде використаний для дослідження рідкісних альфа-розпадів 152,154,155Gd, а також подвійного бета-розпаду ^{152,160}Gd. Найточніше значення періоду напіврозпаду альфа-розпаду ^{152}Gd T1/2=(1,08± 0,08)×10^{14} р було отримано ще у 1961 році, хоча сучасні методи низькофоної спектрометрії могли б забезпечити більш точний результат. Найсильніше обмеження на період напіврозпаду безнейтринного подвійного електронного поглинання ^{152}Gd $4{,}2\times10^{12}$ р встановлене у експерименті з використанням HPGe детекторів, де ефективність реєстрації характеристичного випромінення дочірнього нукліду була дуже низькою, на рівні ~10^{-9} [6]. У експерименті з використанням кристалу Gd3Al2Ga3O12(Ce) ефективність реєстрації даного ефекту буде близькою до 1, що дозволить покращити чутливість до процесу безнейтринного подвійного електронного поглинання у 152Gd на кілька порядків величини. Визначено спектрометричні характеристики кристалу $Gd_3Al_2Ga_3O_{12}$(Ce), відділено сигнали від бета/гамма- та альфа-подій у кристалі. Виконано попередні оцінки забрудненості кристалу нуклідами ^{238,235}U, ^{232}Th та їх дочірніми за допомогою апроксимації альфа спектру та часово-амплітудного аналізу. Аналіз даних триває.

Author: Dr КЛАВДІЄНКО, Володимир (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Co-authors: ЧЕРУЛЛІ, Ріккардо (Університет Риму «Тор Вергата» та INFN, Рим); ДАНЕВИЧ, Федір (Інститут ядерних досліджень НАН України); КАПЕЛЛА, Фабіо (Університет Риму «Ла Сапієнца» та INFN, Рим); БЕРНАБЕЙ, Ріта (Університет Риму «Тор Вергата» та INFN, Рим); БЕЛЛІ, П'єрлуїджі (Університет Риму «Тор Вергата» та INFN, Рим); ТРЕТЯК, Володимир (Інститут ядерних досліджень НАН України); КАРАЧІОЛО, Вінченцо (Університет Риму «Тор Вергата» та INFN, Рим); ІНЧІКІТТІ, Антоніно (Університет Риму «Ла Сапієнца» та INFN, Рим); ЛЕОНЧІНІ, Аліче (Університет Риму «Ла Сапієнца» та INFN, Рим)

Presenter: Dr КЛАВДІЄНКО, Володимир (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **89** Type: **Секційна доповідь**

Моніторингова система експерименту LHCb (CERN) для умов високої світності великого адронного колайдера

Wednesday, May 28, 2025 3:35 PM (20 minutes)

Система радіаційного моніторингу (RMS-R3), яка є оригінальною інструментальною розробкою команди дослідників з ІЯД НАН України, вже зарекомендувала себе як система, що забезпечує безпечну та ефективну роботу найсучаснішого детектора LHCb (CERN, Швейцарія). Однак для подальшої роботи в умовах підвищеної світності (L = 2 ×1034 см -2 с -1) дана система потребує вдосконалення, і цим вдосконаленням має стати нова система RMS-R4. Дана робота присвячена опису створення та тестування прототипу моніторингової системи (RMS-R4) експерименту LHCb (ЦЕРН), призначеної для майбутніх фізичних досліджень в серії Run 3 з 2029р., при підвищеній в п'ять разів миттєвої світності. В рамках цієї роботи описано принцип роботи попередньої версії системи, технічні характеристики нової, які безпосередньо забезпечують перехід до нової серії вимірів в експерименті LHCb, процес створення прототипу такої системи, а також вирішення різного роду нюансів пов'язаних зі створенням і тестуванням даної системи. Наведено результати тестування прототипу, а саме показано стабільність його роботи, відмінну точність реєстрації, та відповідну правильну реакцію на джерело.

Author: ВОРОНЕЦЬКИЙ, Іван (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Co-authors: Prof. ПУГАЧ, Валерій (Інститут ядерних досліджень НАН України); КИВА, Володимир (Інститут ядерних досліджень НАН України); Dr ЧЕРНИШЕНКО, Сергій (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Presenter: ВОРОНЕЦЬКИЙ, Іван (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **90** Type: **Секційна доповідь**

Врахування повздовжньої компоненти переданого імпульсу та інших кінематичних факторів у C(d,p)X

Thursday, May 29, 2025 4:15 PM (20 minutes)

Врахування повздовжньої компоненти переданого імпульсу та інших кінематичних факторів у C(d,p)X

Я. Д. Кривенко-Еметов[1,2], Б. І. Сидоренко

[1]Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ
[2]Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

Являючись найпростішою зв'язаною системою, дейтрон протягом багатьох років викликає особливий інтерес у дослідників. За майже сто років із моменту його відкриття у 1931 році було виявлено багато важливих рис ядерно-ядерної взаємодії, що випливають із його опису —зокрема, нецентральний характер ядерних сил, нерелятивістське та релятивістське імпульсне наближення, обмінні струми та ізобарні конфігурації дейтрона, які проявляються при взаємодії дейтрона з частинками та ядрами.
Водночас такі важливі аспекти опису дейтрона, як релятивістський опис та його структура на малих відстанях, усе ще залишаються недостатньо вивченими. Ці проблеми взаємопов' язані й стосуються таких важливих і досі нерозв'язаних питань, як релятивістська теорія сильних взаємодій у випадку задачі багатьох тіл, масштаб і інтенсивність проявів кварк-глюонних ступенів свободи в ядрах, проблема конфайнменту, тощо.
Одним із засобів дослідження цих та подібних питань є вивчення взаємодії дейтрона з частинками та ядрами при високих енергіях. Одній з таких реакцій, а саме розпаду високоенергетичних дейтронів (з енергією 9.1 ГеВ/с) на ядрах при реєстрації кінцевого протона під малими кутами, і присвячена ця робота. Як показано в 1, при дослідженні таких процесів зручно переходити до так званої «антилабораторної» системи координат, пов'язаної з дейтроном, і описувати залежності інваріантних диференційних перерізів як функцію від повздовжньої компоненти відносного імпульсу між протоном і нейтроном. Зрозуміло, що при великих відносних імпульсах нуклонної пари слід очікувати яскраві прояви кварк-глюонних ступенів свободи в дейтроні.
Справді, як показано в низці робіт (див., наприклад, 1, 2 і відповідні посилання в цих публікаціях), наявні дані щодо диференційного перерізу, тензорної аналізуючої здатності та передачі поляризації демонструють значні відхилення спостережуваних величин від теоретичних розрахунків. Ці відхилення не можуть бути пояснені лише врахуванням ефектів багаторазового розсіювання без суттєвого перегляду хвильової функції дейтрона в області малих відстаней. Натомість у межах підходу, що враховує кваркову структуру дейтрона, було отримано гарну відповідність наявним експериментальним даним. Подальше урахування кулонівської взаємодії в межах підходу Глаубера–Ситенка лише поліпшило це узгодження з експериментом - зняло невелике розходження з експериментом у максимуму перерізу, в околі нульової повздовжньої компоненти k_z 2.
Втім, залишився ряд не з'ясованих питань, зокрема щодо врахування повздовжніх компонент переданого імпульсу (див., наприклад, 3 і відповідні посилання), а також поперечних компонент пари протон–нейтрон в антилабораторній системі координат (див., наприклад, [4] і посилання там).
У представленій роботі в наближенні Глаубера–Ситенка було проведено порівняння з експериментальними даними щодо диференційного перерізу розпаду дейтрона на ядрі вуглецю в реакції C(d,p)X з урахуванням невеликих повздовжніх компонент переданого імпульсу та поперечних компонент пари протон–нейтрон в антилабораторній системі координат. Попередні оцінки показали зменшення перерізу зі збільшенням поперечного імпульсу та відносно невелике

збільшення перерізу починаючи з 150 МеВ/с при врахуванні повздовжньої компоненти Q_z.
Розрахунки проводились у одногаусовій апроксимації [5], багатогаусовій апроксимації потенціалу К2 [6] та для AV18 потенціалу.
Результати розрахунків для диференціальних інваріантних перерізів C(d,p)X та одногаусова апроксимація показані на Рис.1 та Рис.2, а результати розрахунків для диференціальних інваріантних перерізів C(d,p)X та багатогаусова апроксимація потенціалів К2 та AV18 показані на Рис.3 та Рис.4, відповідно (див. Рис.1,2,3,4 в доданих матеріалах).

1. A. P. Kobushkin. Polarization observables in A(d,p) breakup and quark degrees of freedom in the deuteron. Phys. Lett. 421 (1999) 53. Phys. Atom. Nucl., 62 (1999) 1400.
2. A. P. Kobushkin, Ya. D. Krivenko-Emetov. Effect of the Coulomb interaction in A(d,p) fragmentation. Ukr. J. Phys. 53 (8) (2008) 751.
3. V. V. Davydovskyy, A. D. Foursat Energy spectra of protons in diffraction break-up of deuterons on 12C and 40Ca at intermediate energies. Nucl. Phys. At. Energy 17 (2) (2016) 111.
4. Я. Д. Кривенко-Еметов. Внесок кулонівської взаємодії у процеси непружного розсіяння дейтрона на ядрах і структура дейтрона. Управління розвитком складних систем. Київ. 48 (2021) 75. DOI: 10.32347/2412-9933.2021.48.75-84. ISSN 2219-5300; Sitnik I. Deuteron breakup at zero angle in the Coulomb nuclear field. (ISHEPP 2019, pp. 17-22).
5. V. K. Tartakovsky, A.V. Fursaev, B. I. Sidorenko. Diffraction splitting of a triton by an incident proton Phys. Atom. Nucl. 68 (2005) 35.
6. Л. А. Булавін, В. І. Ковальчук, А. В. Носовський Розсіяння та зв'язані стани в системі декількох частинок. Монографія. (Київ, 2022 рік) 76 с.

Authors: КРИВЕНКО-ЕМЕТОВ, Ярослав Дмитрович (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна та Інститут ядерних досліджень НАН України); СИДОРЕНКО, Борис Іванович

Presenter: КРИВЕНКО-ЕМЕТОВ, Ярослав Дмитрович (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна та Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Теоретична ядерна фізика

Track Classification: Теоретична ядерна фізика

Contribution ID: **91** Type: **Секційна доповідь**

A new innovative research system can overcome the problem of unknown life history of animals inhabiting in the radioisotope-contaminated territory of the Exclusion Zone

Friday, May 30, 2025 2:55 PM (20 minutes)

Широке використання атомної енергії, навіть за умов суворого дотримання регламентних правил, завжди супроводжується ризиком опромінення персоналу, населення та біоти внаслідок аварійних інцидентів на реакторах атомних електростанцій, за використання джерел іонізуючого випромінювання у медицині та промисловості, внаслідок військових конфліктів або терористичної діяльності, а також під час довгострокових космічних польотів. Особливо яскраво це проявилося під час аварій на чорнобильській та фукусимській АЕС (найсерйозніші радіаційні аварії, згідно міжнародної шкали ядерних подій). Ці аварії відродили громадський та науковий інтерес до впливу радіонуклідів навколишнього середовища на здоров'я людей та природні екосистеми. Після аварії на Чорнобильській АЕС було створено зона відчуження та зону безумовного (обов'язкового) відселення (ЗВЗБ(о)В) у радіусі 30 км навколо проммайданчика АЕС, щоб обмежити вплив радіоактивного забруднення на людей. Однак з того часу біота продовжує зазнавати впливу підвищених рівнів радіоізотопів з тривалим періодом напіврозпаду, зокрема цезію-137, стронцію-90 та плутонію-239 (близько 30, 29 та 24100 років відповідно). Забруднене навколишнє середовище створює складні стресові фактори, які впливають на місцеву дику природу, а зона відчуження є найбільш вивченою моделлю біологічного впливу опромінення радіонуклідами. Ранній суттєвий вплив радіаційного опромінення у надзвичайно високих дозах був описаний для найближчої лісової екосистеми - так званого «Рудого лісу». Очевидні драматичні наслідки включали загибель хвойних дерев, популяцій дрібних ссавців і безхребетних гео- та герпетобіонтів. З іншого боку, на сьогодні не існує наукового консенсусу щодо інтерпретації пізніших численних досліджень впливу хронічного низькодозового радіаційного опромінення на біоту. Наприклад, відсутність генетичних змін у дрібних гризунів, а також їх різноманітності та чисельності на високозабруднених територіях, про які повідомляють [Rogers et al., 2000], суперечить дослідженню [Goncharova and al.„ 2002; Ryabokon et al., 2000, 2005], де було виявлено, що для рудих нориць, які мешкають на ділянках, забруднених чорнобильськими викидами, існує сильна залежність між частотою хромосомних аберацій, рівнем ембріональної смертності та кількістю мікроядерних поліхромних еритроцитів. Результати досліджень інших дослідників свідчать про численні негативні наслідки мешкання в зоні відчуження безхребетних, великих ссавців і птахів на популяційному [Møller et al., 2009, 2012, 2013; Bezrukov et al., 2015], та організменому рівнях [Møller et al., 2011, 2013; Laskemoen et al., 2013; Lehmann et al., 2016], у тому числі й підвищений рівень мутагенезу [Møller et al., 2013]. Таким чином, незважаючи на десятиліття досліджень дикої природи в ЗВЗБ(о)В, наслідки впливу радіонуклідів навколишнього середовища на дику природу залишаються джерелом суперечок. Таке становище є обумовленим багатьма факторами, зокрема великою кількістю видів тварин, що досліджувалися, дуже широкому діапазону доз (також важливо пам'ятати що рівень дозових навантажень стабільно зменшувався внаслідок фізичного розпаду радіонуклідів), строкатістю вивчення радіаційних ефектів на різних рівнях організації природи (від молекул, наприклад, пошкодження ДНК, до популяційних параметрів), які часто важко поєднувати та розглядати разом. Також, уявляється важливим вплив істотних змін природного середовища внаслідок аварії та контраварійних заходів,

повторюваних затоплень і лісових пожеж. Все це, як і обмеження антропогенного навантаження додає багато невизначеності до отриманих результатів.

У біології, та радіобіології зокрема, дуже важливим є вибір виду модельної тварини для досліджень. Так, наприклад, дослідження великих ссавців ЗВЗБ(о)В навряд чи має сенс з огляду на їх великий домашній ареал та відповідно істотну проблему точності оцінки дозового навантаження, відносно невелику кількість тварин, що можуть бути досліджені тощо. Найкращою моделлю ссавців для кількісної оцінки біологічних наслідків впливу радіації на довкілля та впливу радіації на організм є руда нориця (Myodes glareolus), яка мешкає в листяних і хвойних лісах та є ключовим видом для лісових екосистем, що робить її привабливим видом-індикатором оцінки антропогенного впливу. Перевагами використання цьогу муроїдного гризуна є і) широке розповсюдження у ЗВЗБ(о)В і за її межами, іі) високу здатність до повторного відлову, ііі) невеликий домашній ареал, iv) суттєве радіаційне навантаження внаслідок стилю життя та залучення у трофічні ланцюги. З іншого боку, якщо ми розглянемо припущення про Рудий ліс, - найбільш забруднену територію в зоні відчуження, - як про «чорну диру популяції» (population sink) через радіаційне опромінення та/або екологічні фактори, такі як повені або лісові пожежі, та будемо враховувати здатність полівки до розселення (до 1 км за сезон розмноження, за даними [Kozakevich et al., 2009]), то дійдемо думки про безперервний міграційний потік до цієї території де відтворення популяції є меншим за рівень смертності. Так чи інакше, нориця була одним з перших ссавців, які заселили найбільш забруднену територію (Рудий ліс) після випадіння радіонуклідів. Після аварії було показано, що у чорнобильських полівок спостерігається збільшення кількості хромосомних аберацій, мутацій мітохондріальної ДНК і катаракти у самок [Goncharova and al.„ 2002; Ryabokon et al., 2000, 2005; Lehmann et al., 2016], проте інші дослідження [Rogers et al., 2000] не виявили ознак генотоксичного стресу.

Великої уваги заслуговують нещодавні дослідження команди Університету Юваскюля із використанням рудої нориці як модельної тварини. Так, за допомогою ампліконного секвенування генів бактеріальної 16S рРНК було показано, що опромінення радіонуклідами навколишнього середовища суттєво змінює кишковий мікробіом [Lavrinienko et al., 2018], але не бактеріальну спільноту шкіри, яка більше залежить від географічного чинника, ніж від рівня ґрунтових радіонуклідів [Lavrinienko et al., 2018]. Радіаційно-асоційовані кишкові бактерії мають чіткі функціональні профілі, включаючи шляхи, що беруть участь у деградації, асиміляції та транспортуванні вуглеводів, біодеградації ксенобіотиків та репарації ДНК. В іншому дослідженні [Jernfors et al., 2018] було кількісно оцінено експресію п’яти основних генів відповіді на пошкодження ДНК у печінці рудої нориці, яка мешкала у ЗВЗБ(о)В, а також на контрольних територіях. Виявлено майже дворазове підвищення рівня регуляції генів-ініціаторів відповіді на пошкодження ДНК у тварин, які мешкали на ззабруднених територіях. Ці дані свідчать про те, що антиоксидантна активність може бути ключовим компонентом захисту від опромінення, спричиненого забрудненням довкілля, що в свою чергу, узгоджується з результатами, отриманими на ізольованих фібробластах шкіри рудих нориць [Mustonen et al.,2018], де було показано, що фібробласти тварин з зони відчуження мають підвищений рівень антиоксидантів, нижчу чутливість до апоптозу та підвищену стійкість до окислювального та ДНК-стресів. Також було показано, що іонізуюче випромінювання змінює гомеостаз теломер у популяціях диких тварин тканинно-специфічними шляхами [Kesäniemi et al., 2019] та висловлено гіпотезу про зв’язок впливу радіонуклідів зі змінами мітохондріальної динаміки (рівні мтДНК, пошкодження мтДНК, рівні активності мітохондріального синтезу) [Kesäniemi et al., 2020]. У іншому дослідженні на популяційному рівні було показано лінійне зниження успішності розмноження та чисельності рудих нориць з підвищенням рівня дозового навантаження, яке можна модифікувати за рахунок екологічних механізмів [Mappes et al., 2019]. Також нещодавні статті опусують вплив радіації на функціонування шлунково-кишкового тракту та зміни біоенергетичного балансу у опроміненних рудих нориць. Усі ці знахідки, безперечно є

вагомими з огляду на повнофакторний дизайн досліджень та реплікативному підходу, який застосовувався.
З іншого боку, важливо пам'ятати про екстремальну динаміку популяцій більшості дрібних гризунів. Їх регулярні періодичні коливання, відомі як багаторічні популяційні цикли, можуть бути ще одним джерелом невизначеності результатів досліджень, проведених у зоні відчуження з використанням рудих нориць. Це може бути однією з причин, що пояснюють суперечливі результати, отримані різними дослідницькими групами. Відбір зразків одного і того ж виду тварин в одному і тому ж місці (наприклад, у Рудому лісі), але в різний час, не означає, що ці полівки дійсно однакові. Теоретично, вони можуть бути як місцевими мешканцями, так і мігрантами з чистих або менш забруднених територій, а також нащадками тих і інших. Залежність «доза-ефект» є наріжним каменем радіобіології, проте невизначеність історії життя тварин (що особливо важливо за постійного міграційного потоку) може значно зсувати оцінку дозових навантажень та зв'язок їх з ефектами на онто- та філогенетичному рівнях.
Для створення природних, але більш контрольованих умов експерименту ми створили чотири вольєри для рудих нориць площею 0,8 га (кожен з яких включає чотири підвольєри площею 0,2 га) у Рудому лісі та на контрольованих незабруднених територіях. Ця інноваційна дослідницька інфраструктура відкриває можливості революційних змін методології досліджень, за яких традиційні здебільшого описові дослідження замінюються на експериментальний підход у природніх умовах середовища.

Author: Dr TUKALENKO, Yevhen (Institute for Nuclear Research of the National Academy of Sciences of Ukraine)

Presenter: Dr TUKALENKO, Yevhen (Institute for Nuclear Research of the National Academy of Sciences of Ukraine)

Session Classification: Радіоекологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **92** Type: **Секційна доповідь**

Особливості прояву пухлинно-індукованого ефекту свідку в осіб, хворих на гліобластому

Thursday, May 29, 2025 12:35 PM (20 minutes)

Вступ. Гліобластоми є найпоширенішими і найагресивнішими первинними пухлинами головного мозку у дорослих 1. Одним із основних методів лікування гліобластом є променева терапія, успішність і безпечність якої, не в останній мірі, залежить від особливостей прояву в немалігнізованих клітин хворих мішеневих та немішеневих ефектів іонізуючого опромінення [2-3]. При оцінці даних ефектів не враховується факт впливу самих пухлинних клітин на здорові, які можуть знаходитися навіть на великій відстані від пухлини. Такий феномен отримав назву пухлинно-індукованого ефекту свідка (tumor-induced bystander effect —TIBE) за аналогією з радіаційно-індукованим ефектом свідка (radiation-induced bystander effect — RIBE). TIBE (як і RIBE) може спричинювати додаткові пошкодження ДНК в немалігнізованих клітиних та змінювати їх радіочутливість [4-5].
Мета. Дослідити вплив гліобластоми на зміни частоти і спектру аберацій хромосом, показників пошкодження ДНК і рівня апоптозу в інтактних та опромінених лімфоцитах периферичної крові пацієнтів.
Методи дослідження: Культивували зразки венозної крові 15 умовно здорових волонтерів (далі група порівняння) та 23 хворих на гліобластому. Приготування хромосомних препаратів та їх аналіз проводили стандартними методами. Перед початком культивування частину зразків піддавали дії гамма-випромінювання в дозі 1,0 Гр (випромінювач IBL-237C з потужністю 2,34 Гр/хв). За допомогою методу нейтрального Commet assay оцінювали відносний рівень пошкодження ДНК (показник tail moment - TM) та частоту клітин у стані апоптозу (атипові «комети» - АС).
Результати. Порівняння цитогенетичних даних при культивуванні неопроміненних ЛПК умовно здорових волонтерів та хворих на гліобластому показало, що середні частоти аберацій хромосом на 100 клітин дорівнювали 1,65±0,35 та 7,88±1,57 відповідно ($p<0,01$), що свідчить про чіткий прояв TIBE у пацієнтів. Після опромінення рівень аберацій хромосом виріс і склав у групі порівняння 20,97±0,89, а в групі хворих 24,46 ± 2,53 на 100 клітин. Ця різниця не досягала статистичної значущості ($p>0,05$).
Результати Comet assay показали, що в неопромінених ЛПК хворих на гліобластому середні значення TM пацієнтів складали 6,99±0,98, що істотно відрізняється від TM групи порівняння 4,26±0,30, ($p<0,05$). Після опромінення ЛПК умовно здорових волонтерів значення TM зросло до 12,86±0,74, а у хворих на гліобластому було статистично значуще нижче (7,47±0,86, $p<0,05$). При аналізі апоптичної активності культур було відмічено статистично значуще переважання частоти АС (клітин в стані апоптозу) в культурах ЛПК хворих на гліобластому (13,32±2,38 у хворих, 1,50±0,52 в групі порівняння, ($p<0,05$). Після опромінення частота атипових «комет» в культурах хворих зросла до 20,67±3,20 і була вищою за частоту АС в культурах групи порівняння 3,56±0,71, ($p<0,05$).
Таким чином, виявлено особливості модифікуючого впливу TIBE на рівні пошкодження геному немалігнізованих клітин хворих та радіочутливості у пацієнтів. Отримані результати вказують, що найбільш чітко TIBE детектується при аналізі неопромінених лімфоцитів хворих. Опромінення зменшує або маскує вплив TIBE на рівень аберацій хромосом та показник пошкодженності ДНК (TM), але TIBE яскраво проявляється у вигляді збільшення клітин на стадії апоптозу в культурах ЛПК хворих на гліобластоми.

1.Lauren R. Schaff M.D, Ingo K., Mellinghoff M.D. Affiliations Glioblastoma and Other Primary Brain Malignancies in Adults. A Review JAMA. 2023; 329(7):574-587. doi:10.1001/jama.2023.002
2.Erik P. Sulman Radiation Therapy for Glioblastoma: American Society of Clinical Oncology Clinical Practice Guideline Endorsement of the American Society for Radiation Oncology.//ErikP. Sulman, Nofisat Ismaila, TerriS. Armstrong, Christina Tsien, Tracy T. Batchelor, Tim Cloughesy, Evan-

thia Galanis, Mark Gilbert, Vinai G Chang Guideline Journal of Clinical Oncology 35 (3): 361-371. doi.org/10.1200/JCO.2016.70.7562.
3.Alvin R. John. Radiation therapy for glioblastoma: Executive summary of an American Society for Radiation Oncology Evidence-Based Clinical Practice Guideline. // Alvin R. John P. Kirkpatrick, John B. Fiveash, Helen A. Shih, Eugene J. Koay, Stephen Lutz, Joshua Petit, Samuel T. Chao, Paul D. Brown, Michael Vogelbaum, David A. Reardon, Arnab Chakravarti, PatrickY. Wen, Eric Chang Practical Radiation Oncology, 2016; (6) 4: 217-225. doi.org/10.1016/j.prro.2016.03.007
4. Mothersill C., Seymour C. Radiation induced bystander effects: past his tory and future directions. Radiat. Res. 2001; 155. (6): 757-765. doi: 10.1667/0033 7587(2001)155[0759:ribeph] 2.0.co;2
5. Widel M. Radiation induced bystander effect: from in vitro studies to clinical application. International Journal of Medical Physics, Clinical Engineering and Radiation Oncology. 2016; 5: 1-17. doi: 10.4236/ijmpcero.2016.51001.

Authors: КУРІННИЙ, Денис; ЗЕМСКОВА, Оксана; РУШКОВСЬКИЙ, Станіслав

Co-author: OLENA, DEMCHENKO

Presenters: OLENA, DEMCHENKO; РУШКОВСЬКИЙ, Станіслав

Session Classification: Радіобіологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **93** Type: **Секційна доповідь**

Дослідження дії іонізуючої радіації у сублетальній дозі на кровотворення мишей Balb/C та щурів Wistar

Thursday, May 29, 2025 4:35 PM (20 minutes)

Внаслідок впливу іонізуючої радіації у високих дозах спостерігається загибель клітин, що інтенсивно діляться, –у першу чергу кістковомозкових, а також епітеліальних клітин кишківника. Дія іонізуючого випромінювання на гемопоез спричиняє індукцію апоптозу стовбурових клітин, прискорює диференціювання клітин-попередників, викликає клітинне старіння та ушкоджує ніші, в яких знаходяться ці клітини. Проте опромінення у сублетальній дозі зазвичай не призводить до загибелі лабораторних тварин, а пул збережених стовбурових клітин здатен поступово відновити кровотворення. Тому доцільною є оцінка стану гемопоетичної системи при опроміненні як на рівні стовбурових клітин та клітин-попередників кісткового мозку, так і на рівні клітин, які циркулюють у кровоносному руслі.
Метою роботи є дослідження впливу іонізуючої радіації у сублетальній дозі на кровотворення мишей Balb/C та щурів Wistar, а також оцінка процесу відновлення гемопоезу після опромінення. Проводили оцінку гематологічних показників, а також визначали ефективність колонієутворення гемопоетичних стовбурових клітин і клітин-попередників кісткового мозку в культурі дифузійних камер *in vivo*. Досліджували також наявність гемопоетичних клітин-попередників, що циркулюють у периферійній крові опромінених тварин.
Клоногенний аналіз, проведений за допомогою культивування гемопоетичних клітин *in vivo*, дозволив оцінити ступінь ушкодження кісткового мозку на рівні стовбурових клітин та клітин-попередників опромінених тварин.
Було також виявлено підвищений рівень виходу незрілих форм клітин у периферійну кров тварин внаслідок опромінення. У нормі кількість таких клітин незначна, проте вплив іонізуючої радіації порушив процеси дозрівання та надходження зрілих клітин у кровоносне русло.
Отже, дія іонізуючої радіації у сублетальній дозі зумовлювала суттєве зниження функціональної активності гемопоетичних стовбурових клітин та клітин-попередників, зокрема, ефективності їх колонієутворення у культурі, проте до 30-ї доби після опромінення ці показники поступово відновлювалися. Більш вираженими такі зміни були у щурів Wistar, у порівнянні із мишами Balb/C. Також спостерігався підвищений вміст незрілих форм кістковомозкових клітин у периферійній крові тварин внаслідок дії іонізуючого випромінювання.

Author: Ms RUSSU, Iryna (National University of Kyiv-Mohyla Academy)

Co-author: Prof. BILKO, Nadiia (National University of Kyiv-Mohyla Academy)

Presenter: Ms RUSSU, Iryna (National University of Kyiv-Mohyla Academy)

Session Classification: Радіобіологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **94** Type: **Секційна доповідь**

Combined Effects of Ionizing Radiation and Primary Succession on Populations of Mouselike Rodents Inhabiting Former CNPP Cooling Pond

Thursday, May 29, 2025 1:55 PM (20 minutes)

The investigation was initiated in 2018, four years after the decommissioning of the CNPP Cooling Pond commenced and is ongoing till now. Following the initiation of the CNPP cooling pond (CP) decommissioning, the water level in the cooling pond gradually declined, exposing the pond bottom sediments with radioactive materials and creating new areas for primary succession and habitat formation for wildlife. Direct precedent for the planned decommissioning of a cooling pond affected by significant radioactive contamination is absent, highlighting the need for dedicated research and monitoring.

This study aims to investigate the combined effects of ionizing radiation and ecological succession processes.

Three test sites were selected: No 1 - on the former bank, representing a stable and mature ecosystem, No2 and No3 - on the contaminated former bottom of the CP at different stages of ecological succession.

The results of radioecological studies at the test sites are referenced in 1.

Small rodents were captured using Sherman live traps arranged in line transects. For each animal, the level of incorporated 137Cs was measured in the whole body and 90Sr was measured in femur.

To calculate the internal dose of Cs-137, the dose coefficient, we used the BiotaDC program (http://biotadc.icrp.org/).

The internal dose of Sr-90 was calculated using the dose coefficient for the “Rat” model organism as provided in ICRP Publication 136.

The effect of radiation exposure on bone marrow was evaluated by measuring the frequency of micronucleated polychromatic erythrocytes (MNPCEs) and the ratio of polychromatic erythrocytes (PCEs) to normochromatic erythrocytes (NCEs).

In Myodes glareolus, the key species in this study, individuals collected from the control site (No 1) exhibited total absorbed doses ranging from 1.74 to 46.2 μGy/day, with 90Sr contributing 49–96% of the dose. In contrast, at sites No2 and No3, 137Cs was the predominant contributor, accounting for 76–93% of the total dose.

In Apodemus flavicollis, another major species in our study, individuals collected from sites No2 and No3 during 2018 and 2019 showed total absorbed doses ranging from 3.7 to 219.2 μGy/day. At these sites, 137Cs was the dominant contributor, accounting for 63–97% of the total dose, while 90Sr contributed the remainder.

Most of the total absorbed dose is attributed to incorporated radionuclides. Data from the 2019 capture show that the level of incorporated strontium may be influenced by the age of the animal. The observed increase in the frequency of PCE-MN and the substantial rise in the cytotoxicity index during 2018-2019 suggest that ionizing radiation has a detrimental effect on the bone marrow cells, impairing the maturation and differentiation of erythroid cells.

Authors: Ms БУРДО, Олена (ІЯД); Ms ISHINIWA, H (School of Environment and Sustainability,); Mr ВИШНЕВСЬКИЙ, Д (Chornobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve, Ukraine); Ms ЛИПСЬКА, А (ІЯД); Ms РЯБЧЕНКО, Н (ІЯД НАНУ)

Presenter: Ms БУРДО, Олена (ІЯД)

Session Classification: Радіобіологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **95** Type: **Секційна доповідь**

Simourg 2.0 –програмне забезпечення на основі Geant4 для Монте-Карло моделювання ядерних детекторів з простою геометрією

Tuesday, May 27, 2025 1:35 PM (20 minutes)

Багато галузей —зокрема дослідження ядерних розпадів, радіаційна безпека та ядерна медицина —значною мірою покладаються на гамма-спектрометрію. Завдяки розвитку обчислювальної техніки метод Монте-Карло став стандартом для прогнозування спектрів та оцінки відгуку детекторів. Simourg —це застосунок із текстовим інтерфейсом на базі Geant4, який дозволяє простими командами задавати геометрію, матеріали й джерела випромінювання для типових детекторних установок. Версія Simourg 2.0 розширює можливості з обробки даних, налаштування геометрії, налагодження та візуалізації.

Authors: Dr КОБИЧЕВ, Владислав; Mr КОВАЛЕНКО, Данило; Mrs КОБИЧЕВА, Лариса; Mrs ЗУЄВА, Олена

Presenter: Mr КОВАЛЕНКО, Данило

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **96** Type: **Секційна доповідь**

Гамма-спектрометрія зі сцинтиляційними кристалами CsI(Tl), NaI(Tl) та CdWO4 за допомогою кремнієвого фотопомножувача

Wednesday, May 28, 2025 3:15 PM (20 minutes)

В цій роботі представлені результати дослідження сигналів від сцинтиляційних кристалів $CdWO_4$, CsI(Tl) та NaI(Tl), зареєстрованих сучасним SiPM MICROFC-30035-SMT-TR виробництва OnSemi (USA). В даній роботі показано, як за допомогою відносно простої та дешевої системи реєстрації (SiPM, джерела живлення та осцилографічної приставки) можливо отримувати енергетичні спектри зі сцинтиляційними кристалами. В подальшому буде розроблено ланцюжок цифрових алгоритмів для побудови гамма-спектрів, ідентифікації радіонуклідного складу зразків і компактну електроніку для радіаційного моніторингу в реальному часі з БПЛА.

Author: Dr ЧАПЛИНСЬКИЙ, Роман (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна)

Co-authors: Prof. ДАНЕВИЧ, Федір (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна); Dr КЛАВДІЄНКО, Володимир (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна); Dr КАСПЕРОВИЧ, Дмитро (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна); Dr КОБИЧЕВ, Владислав (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна); Mr ПЕТРОСЯН, Едуард (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна); Dr ПОДВІЯНЮК, Руслан (Університет Південної Дакоти, Вермільйон, США); Dr ПОЛІЩУК, Оксана (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна)

Presenter: Dr ЧАПЛИНСЬКИЙ, Роман (Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **97** Type: **Секційна доповідь**

Порівняльне дослідження безпосереднього та відтермінованого низько інтенсивного хронічного опромінення на реалізацію радіоапартації *Cladosporium cladosporioides*

Friday, May 30, 2025 2:35 PM (20 minutes)

Після аварії на ЧАЕС багатомільйонне населення територій, які зазнали радіоактивного забруднення з аварійного реактору, та всі представники біоти, які мешкають на цих територіях, перебувають під впливом хронічного опромінення. Через майже 40 років після Чорнобильської катастрофи особливої актуальності набуло дослідження ефектів хронічного опромінення за низьких потужностей дози та формування радіоадаптації у всіх представників біоценозу.
У такий ситуації особливої уваги потребує вивчення біологічної ефективності хронічного опромінення, особливо його стохастичних ефектів, яке може призводити до мікроеволюційних процесів в популяціях мікобіоти, як відомо, вона є первинною ланкою багатьох трофічних ланцюгів та постійною і активною компонентою біогеоценозу та відіграє значну роль у переміщуванні різного роду поживних речовин та деяких мікроелементів у ґрунті, включаючи радіонукліди. Коли розглядати поняття малих доз з точки зору без порогової теорії, при стохастичних ефектах, від дози залежить не інтенсивність ефекту, а лише його вірогідна частота. Найбільш складним є дослідження гормезисних ефектів.
Внаслідок Чорнобильської катастрофи у ґрунтах Зони відчуження ЧАЕС досі дозоутворюючими залишаються такі радіонукліди як 137Cs, 90Sr, 238-240Pu та 241Am, що перетворило її на один із найбільших у світі полігонів для дослідження наслідків дії хронічного опромінення на біоту 1. Незважаючи на значний обсяг цих досліджень, ще не з'ясовано багато питань щодо механізмів формування адаптаційних процесів у мікроміцетів за дії низько інтенсивного хронічного опромінення.
Для мікроміцетів характерна швидка зміна генерацій, що робить їх зручною моделлю для вивчення ефектів хронічного опромінення у низці генерацій, встановлення прямих та віддалених ефектів хронічного іонізуючого опромінення.
Метою роботи було вивчення адаптаційнійних процесів що сформувались у пост-радіаційних генерацій Cladosporium cladosporioides з ознакою позитивного радіотропізму завдяки особливостям функціонування ферментативної складової їхньої антиоксидантної системи.

Рисунок 1 Вміст малонового діальдегіду за оптимальних умов росту

Рисунок 2 Супероксиддисмутазна активність за оптимальних умов росту

Встановлено, що у низці пост-радіаційних генерацій штаму C. cladosporioides з позитивним радіотропізмом певним чином відбувається наслідування взаємопов'язаного характеру змін прооксидантної та антиоксидантної систем, які направлені на підтримання окисно-відновного гомеостазу. 2 На противагу цьому, у пост-радіаційних генерацій контрольного штаму спостерігається збільшення ПОЛ, переважно триєнових коньюгат та малонового діальдегіду (Рис. 1) та зменшення активності супероксиддисмутази (Рис. 2) та каталази, тобто підвищення активності прооксидантних процесів не супроводжується збільшенням активності антиоксидантних процесів.
Отримані дані свідчать, що одним з механізмів, який забезпечує адаптацію до умов хронічного опромінення як у батьківського штаму C. cladosporioides з позитивним радіотропізмом так і у пост-радіаційних генерацій штаму, що не мав такої властивості є певний алгоритм швидкого підтримання окисно-відновного балансу, можливо, це прояв епігенетичного механізму адаптації 3.

1. Гайченко В. А. Радіаційна адаптація як один із факторів мікроеволюційного процесу в популяціях тварин / В. А. Гайченко // Ядерна фізика та енергетика. – 2013. – Т. 14,

№ 1. – С. 51 – 54.

2. Тугай А.В., Тугай Т.І., Желтоножський В.О., Желтоножська М.В., Садовников Л.В. , Пономаренко Г.В. , Поліщук О.Б. Швидкість радіального росту та активність ферментів антиоксидантного захисту у трьох пострадіаційних генерацій Cladosporium cladosporioides //Ядерна фізика та енергетика 2017 Т. 18 , № 1. – С. 68-75.
3. Zhu, J.; Sun, X.; Zhang, Z.-D.; Tang, Q.-Y.; Gu, M.-Y.; Zhang, L.-J.; Hou, M.; Sharon, A.; Yuan, H.-L. Effect of Ionizing Radiation on the Bacterial and Fungal Endophytes of the Halophytic Plant Kalidium schrenkianum. Microorganisms 2021, 9, 1050. https://doi.org/10.3390 microorganisms9051050

Author: ТУГАЙ, Тетяна (Відкритий міжнародний університет розвитку людини ”Україна”)

Co-author: Мг ТУГАЙ, Андрій (Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України)

Presenter: ТУГАЙ, Тетяна (Відкритий міжнародний університет розвитку людини ”Україна”)

Session Classification: Радіоекологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **98** Type: **Секційна доповідь**

Дозові розподіли у великих та малих радіаційних полях, виміряні різними детекторами

Tuesday, May 27, 2025 11:15 AM (20 minutes)

Ця робота присвячена дослідженню особливостей дозиметрії для великих (10 см × 10 см) та малих (1 см × 1 см) радіаційних полів, що є актуальними для сучасної клінічної радіотерапії. Визначення точності дозиметричних вимірювань має ключове значення для забезпечення ефективності та безпеки променевої терапії, особливо для малих полів, які використовуються для лікування дрібних пухлин чи складних зон.
Метою дослідження було порівняння розрахованих дозових розподілів, отриманих у системі планування лікування (TPS Eclipse), з експериментальними даними, виміряними за допомогою плівки GafChromic EBT3 та детектора MatriXX Evolution. Особливу увагу було приділено впливу півтіней, розсіювання та інших дозиметричних ефектів, які суттєво впливають на точність вимірювань у малих полях 1.
Отримані результати підтверджують, що сучасні методи дозиметрії дозволяють досягти високої точності у вимірюваннях для великих полів (10 см × 10 см), проте малим полям (1 см × 1 см) притаманні значні розбіжності, що вимагають додаткових досліджень. Основні проблеми пов'язані з недостатньою деталізацією моделювання багатопелюсткових коліматорів та ефектами розсіювання. Для покращення клінічної ефективності необхідне вдосконалення алгоритмів планування лікування, а також розробка нових підходів до верифікації дозових розподілів для малих полів.

Author: Ms ВІЛЬЧИНСЬКА, Катерина (Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Універсальна клініка «Оберіг»)

Co-authors: Dr БЕЗШИЙКО, Олег (Київський національний університет імені Тараса Шевченка); Dr ГОЛІНКА-БЕЗШИЙКО, Лариса (Київський національний університет імені Тараса Шевченка); Mr ЗЕЛІНСЬКИЙ, Руслан (Медичний центр імені академіка Юрія Прокоповича Спіженка)

Presenter: Ms ВІЛЬЧИНСЬКА, Катерина (Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Універсальна клініка «Оберіг»)

Session Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Track Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Contribution ID: **99** Type: **Секційна доповідь**

Вплив дисперсійних співвідношень на профіль енергетично залежного глобального ^{6}Li-потенціалу

Wednesday, May 28, 2025 12:15 PM (20 minutes)

В даній роботі детально аналізується вплив дисперсійних співвідношень на побудову глобального енергетично залежного ^{6}Li-потенціалу. В результаті аналізу показано, що включення дисперсійних співвідношень до процесу побудови глобального енергетично залежного потенціалу ядро-ядерної взаємодії, є можливим вже на етапі під-гонки параметрів, а не тільки шляхом перевірки отриманого потенціалу на виконання ДС. Така процедура вимагає дво-компонентної радіальної залежності як дійсної так і уявної частин потенціалу. Отриманий потенціал забезпечує систематично кращий опис експериментальних даних ніж потенціали, побудовані без врахування дисперсійних співвідношень.

Authors: КОЩІЙ, Є.І.; ВЕРТЕГЕЛ, І.І.; РУДЧИК, А.А.; КИР'ЯНЧУК, В.М.; Dr УЛЕЩЕНКО, Володимир (Інститут ядерних досліджень НАН України); КЕМПЕР, К.; РУСЕК, К.; КІЛІ, Н.; Dr ПОНКРАТЕНКО, Олег (Інститут ядерних досліджень НАН України); МЕЖЕВИЧ, С.Ю.; СТЕПАНЕНКО, Ю.М.; ШИРМА, Ю.О.

Presenter: Dr УЛЕЩЕНКО, Володимир (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **100** Type: **Секційна доповідь**

First Estimation of Effect of Curved Foil Geometry on the Detection Efficiency of SuperNEMO Demonstrator

Tuesday, May 27, 2025 6:05 PM (20 minutes)

The presentation is dedicated to the impact of source foil deformation on the detection efficiency of the SuperNEMO experiment, which is designed to search for neutrinoless double beta decay ($0\nu\beta\beta$) in ^{82}Se. While the foils should be ideally flat, gravitational effects cause them to bend, potentially affecting the efficiency of event reconstruction. Using results of precise laser measurements of the real foil shape, detailed Monte Carlo simulations were performed for both flat and curved geometries across four processes: $0\nu\beta\beta$, $2\nu\beta\beta$ from ^{82}Se and single beta decays from ^{214}Bi and ^{208}Tl. The analysis compares efficiencies under standard and additional selection criteria, including vertex separation and internal/external event probabilities. Results demonstrate how source geometry influences signal sensitivity and background rejection, providing important input for the optimization of the SuperNEMO analysis strategy.

Authors: FILONENKO, Kyrylo (Faculty of Physics, Taras Shevchenko National University of Kyiv); MACKO, Miroslav (IEAP, Czech Technical University in Prague); BEZSHYYKO, Oleg (Faculty of Physics, Taras Shevchenko National University of Kyiv); GOLINKA-BEZSHYYKO, Larisa (Faculty of Physics, Taras Shevchenko National University of Kyiv)

Presenter: FILONENKO, Kyrylo (Faculty of Physics, Taras Shevchenko National University of Kyiv)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **101** Type: **Секційна доповідь**

Інноваційний фібробетон з покращеними захисними властивостями від радіоактивного випромінення для атомної енергетики

Wednesday, May 28, 2025 12:55 PM (20 minutes)

У рамках проекту EURIZON «Дистанційні дослідницькі гранти» дослідницька група Інституту проблем безпеки атомних електростанцій НАН України спільно з Інститутом проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича дослідила нейтронозахисні властивості бетону з додаванням модифікованої базальтової фібри (виготовленої в межах цього проекту) для потреб ядерної енергетики, використовуючи розрахунки методом Монте-Карло. Результати показали значне зниження теплового потоку нейтронів при застосуванні модифікованої фібри, що підтверджує її ефективність як функціональної добавки до бетону для захисту від іонізуючого випромінювання.

Author: ГОЛЮК, Марина (Інститут проблем безпеки АЕС)

Co-authors: СЕРЕДА, Сергій (Інститут проблем безпеки АЕС); ДІДУК, Ірина (Інститут проблем матеріалознавства); ЧУВАШОВ, Юрій (Інститут проблем матеріалознавства); ЯЩЕНКО, Ольга (Інститут проблем матеріалознавства); НОСОВСЬКИЙ, Анатолій (Інститут проблем безпеки АЕС); ГУЛІК, Володимир (Інститут проблем безпеки АЕС)

Presenter: ГОЛЮК, Марина (Інститут проблем безпеки АЕС)

Session Classification: Атомна енергетика

Track Classification: Атомна енергетика

Contribution ID: **102** Type: **Секційна доповідь**

Демонстрація концепції використання аналітичних методів машинного навчання для аналізу даних у фізиці високих енергій

Tuesday, May 27, 2025 12:55 PM (20 minutes)

У доповіді представлено новий підхід до аналізу даних у фізиці високих енергій, заснований на використанні символьної регресії —методу машинного навчання, який автоматично виводить аналітичні вирази для класифікації фізичних подій. Основною перевагою такого підходу є прозорість та інтерпретованість отриманих результатів, що особливо важливо у контексті аналізу експериментальних даних, пов'язаних із пошуком рідкісних процесів, таких як розпад бозона Хіггса. Порівняння з поширеними моделями, зокрема посиленими деревами рішень, демонструє конкурентну якість класифікації та кращу узагальненість при значно кращій зрозумілості моделі.
На основі відкритого набору даних колаборації ATLAS, було побудовано та порівняно дві моделі: символьної регресії та посилених дерев рішень. Для обох підходів використовували однакові фізичні змінні та метрики якості, зокрема бінарну перехресну ентропію. Символьна регресія показала на 9,2 % кращу ефективність за даною метрикою, водночас забезпечуючи фізично осмислену формулу для розмежування сигнальних і фонових подій. Результати демонструють перспективність використання аналітичних методів машинного навчання для інтерпретованої обробки даних у фундаментальних дослідженнях.

Author: KLEKOTS, Denys (Taras Shevchenko National University of Kyiv)

Co-authors: ГОЛІНКА-БЕЗШИЙКО, Лариса (Taras Shevchenko National University of Kyiv); БЕЗШИЙКО, Олег (Київський національний університет імені Тараса Шевченка)

Presenter: KLEKOTS, Denys (Taras Shevchenko National University of Kyiv)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **103** Type: **Секційна доповідь**

Correlations effect on driven dynamics of complex quantum systems

Thursday, May 29, 2025 11:55 AM (20 minutes)

Correlations effect on driven dynamics of complex quantum systems

S. V. Radionov
Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

I study the perturbative response of a complex quantum system on time variations of a classical external variable Q. Such a study is important to clarify the nature of dissipative and fluctuative properties of large-amplitude collective motion in highly-excited heavy nuclei.

The driven quantum dynamics is considered in adiabatic basis of the system's Hamilton operator $\hat{H}[Q(t)]$. Within a random matrix approach, I derived non-Markovian master equation for the occupancies, $|a_{nn}|^2(t)$, of the adiabatic states:

$$\mathrm{d}|\mathrm{a}_{nn}|^2(t)\frac{}{dt=-\dot{Q}(t)\int_0^t \dot{Q}(t')dt'\sum_{m\neq n}K(t-t')[|a_{nn}|^2(t')-|a_{mm}|^2(t')].}$$

Here, the memory kernel, $K(t-t')$, is proportional to the distribution of the coupling matrix elements $\left(\partial\hat{H}(Q)/\partial Q\right)_{nm}$, which are treated as independent normally distributed random numbers with zero mean value and autocorrelation function:
$\left\langle \left(\frac{\partial\hat{H}}{\partial Q}\right)_{nm}(Q)\left(\frac{\partial\hat{H}}{\partial Q}\right)_{n'm'}(Q')\right\rangle \propto \frac{1}{1+([E_n-E_m]/\Gamma)^2}\times\exp\left(-\frac{|Q-Q'|}{\xi}\right).$

The spreading width Γ measures the overlap between the complex eigen-states of the system's Hamilton operator and the correlation width ξ is introduced to include into consideration possible correlations between the coupling matrix elements, caused by their dependence on the macroscopic variable $Q(t)$.

By requiring the constancy of an expectation value of the $\hat{H}[Q(t)]$, I obtained an equation of motion for the classical macroscopic variable $Q(t)$. This equation was then applied to schematic description of the fission width and time of descent from the fission barrier of highly-excited heavy nuclei. I measured the impact of the parameters of the coupling matrix elements' distribution on the nuclear fission's observables.

Author: РАДІОНОВ, Сергій Вікторович (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Presenter: РАДІОНОВ, Сергій Вікторович (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Теоретична ядерна фізика

Track Classification: Теоретична ядерна фізика

Contribution ID: **104** Type: **Секційна доповідь**

Оцінка змін метилування ДНК в лімфоцитах периферичної крові людини в умовах впливу іонізуючого випромінювання *in vitro*

Thursday, May 29, 2025 12:15 PM (20 minutes)

Вступ. Широке використання рентгенодіагностичних і радіотерапевтичних процедур може призводити до негативних генетичних наслідків. До груп ризику таких наслідків належать як пацієнти, так і медичний персонал, який безпосередньо стикається із джерелами іонізуючого випромінювання (ІВ) [1 – 3]. Віддалені генетичні (а відповідно й медичні) наслідки опромінення обумовлені як мішеними, так і не мішеними ефектами ІВ. Одним з немішенних ефектів ІВ є затримана нестабільність геному (delayed genome instability) —феномен катастрофічне збільшення геномної нестабільності серед нащадків клітин, що вижили після опромінення і протягом декількох клітинних поколінь нормальний рівень стабільності геному. Вважається, що розвиток затриманої геномної нестабільності обумовлений саме епігенетичними, а не генетичними змінами геному.

Процес метилювання ДНК є одним з основних механізмів, що контролюють експресію генів. Цей процес може пригнічувати або виключати роботу нормальних генів, що загалом призводить до зміненого фенотипу. Патерни метилювання, характерні для нормальних клітин, змінюються залежно від дії чинників як внутрішнього, так і зовнішнього середовища. Зрозуміло, що зміна характерного для відповідного типу клітин рівня метилювання ДНК може призвести до активації онкогенів, пригнічення генів-супресорів, а в результаті до збільшення геномної нестабільності та втрати функції певних генів, які можуть бути пов'язані з різними захворюваннями, включно з онкологічними та нейродегенеративними. Визначення індивідуальних особливостей змін метилювання ДНК сприяє кращому розумінню відповіді на пошкоджувальну дію радіаційного випромінювання, що може використовуватися в персоналізованій медицині.

Метою нашої роботи було дослідити зміни ступеня метилювання ДНК в лімфоцитах периферичної крові (ЛПК), які опромінювали in vitro гамма-квантами в дозі 1,0 Гр.

Об'єктом дослідження були культури ЛПК умовно здорових 15 волонтерів, які на момент дослідження не мали контакту з ІВ. Експозицію ІВ проводили на стадії G0: одна частина культури ЛПК піддавалася гамма-випромінюванню в дозі 1,0 Гр (випромінювач IBL-237C з потужністю 2,34 Гр/хв), інша –слугувала контролем. Особливістю експерименту було культивування зразків ЛПК упродовж 48 годин.

Метод дослідження Comet assay –електрофорез окремих клітин в буфері з нейтральним pH [4]. Обробка метилчутливою рестриктазою HpaII (5'–CCGG–3'). Візуалізацію та аналіз препаратів проводили з використанням люмінесцентного мікроскопа з під'єднаною фотокамерою Canon D1000 і комп'ютерної програми Image J.

Результати. Було визначено статус метилювання ДНК в опроміненій культурі ЛПК умовно здорових осіб. Характерне подовження хвостової частини комети (рис. 1) свідчить про збільшення фрагментації ДНК.

Рис 1. Типове зображення «комет».

Рівень метилювання ДНК у лімфоцитах оцінювався за показниками міграції ДНК в агарозний гель, що свідчить про відносний рівень одно- та дволанцюгових розривів ДНК: відсотка ДНК у хвості комети, довжини хвоста комети (у мкм) та моменту хвоста (ТМ), що одночасно враховує як кількість ДНК у хвостовій частині комети, так і довжину хвоста.

Аналіз індивідуальних параметрів метилювання ДНК показав, що після дії ферменту рестрикції HpaII у неопроміненому контролі відсоток ДНК у хвостовій частині комет у середньому у групі складає 64,15 ± 1,56 %, а середня довжина хвостової частини комети TL дорівнює 66,64 ± 2,03 мкм. Середній показник ТМ становить 47,06 ± 2,30 мкм.

Після дії ІВ на культуру ЛПК спостерігається достовірне зниження середніх значень довжини комет TL ($p < 0,001$) та моменту хвоста TM ($p < 0,001$) відповідно контролю, що свідчить про зменшення кількості сайтів рестрикції метил-чутливої рестриктази HpaII та, як наслідок, збільшення рівня метилювання ДНК у відповідь на дію ІВ. У групі опромінених клітин середнє значення відсотку ДНК у хвості становить в середньому у групі 62,78 ± 1,03 %. Довжина хвостової частини (TL) в середньому показала 57,03 ± 1,17 мкм, TM –37,77 ± 1,22 мкм.
Таким чином, нами було встановлено збільшення рівня глобального метилювання ДНК. Це може бути пов'язано з пригніченням експресії генів, що відповідають за репарацію ДНК та контроль клітинного циклу і, порушення функцій яких, спричиняють зростання нестабільності геному. Подальше оцінювання рівня метилювання ДНК із кореляцією його з хромосомними аберраціями буде аспектом для майбутнього дослідження.

1. R.J. Klose, A.P. Bird. Genomic DNA methylation: the mark and its mediators. Trends Biochem.
2. Meng H. et al. DNA methylation, its mediators and genome integrity. Int. J. Biol. Sci. 8;11(
3. P.A. Jones Functions of DNA methylation: islands, start sites, gene bodies and beyond. Nat.
4. Y.J. Kim et al. Genome-wide methylation profiling of the bronchial mucosa of asthmatics: rel

Authors: Dr КУРІННИЙ, Денис (Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології Національної академії медичних наук України», Київ, Україна); Dr НЕУМЕРЖИЦЬКА, Любов (Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології Національної академії медичних наук України», Київ, Україна); РУШКОВСЬКИЙ, Станіслав (Кафедра загальної та медичної генетики, ННЦ "Інститут біології та медицини" КНУ імені Тараса Шевченка)

Presenter: РУШКОВСЬКИЙ, Станіслав (Кафедра загальної та медичної генетики, ННЦ "Інститут біології та медицини" КНУ імені Тараса Шевченка)

Session Classification: Радіобіологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **105** Type: **Секційна доповідь**

Macroscopic approach to rotating neutron stars

Thursday, May 29, 2025 12:55 PM (20 minutes)

Macroscopic approach to rotating neutron stars

A.G. Magner[1], S.P. Maydanyuk[1,2], A. Bonasera[3], H. Zheng[4] , S.N. Fedotkin[1],
A.I. Levon[1], U.V. Grygoriev[1], T. Depastas[3], A.A. Uleiev[1]

[1]Institute for Nuclear Research, Kyiv, Ukraine
[2]Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, China
[3]Cyclotron Institute, Texas A&M University, College Station, Texas, USA
[4]School of Physics and Information Technology, Shaanxi Normal University, Xi'an, China

In this report we present the macroscopic model for a neutron star (NS), as a perfect liquid drop in equilibrium, in line of Tolman–Oppenheimer–Volkoff (TOV) equations derivations 1, for slow azimuthal rotation frequency ω around the symmetry axis. Within the Friedman–Ipser–Stergioulas 2 formalism for the Kerr metric in Boyer–Lindquist coordinates in the external region 3 and the Hogan metric inside of the star [4] we apply the effective-surface approximation [5] assuming a small crust thicknes a with respect to the radius R NS, $a/R \ll 1$. The surface gradient terms are taken into account in the energy density $E(\rho)$ for the macroscopic equation of state (EoS) within the Extended Thomas Fermi (ETF) approach but with a strong gravitational field. The angular momentum I and the moment of inertia (MI), $=dI/d\omega$, are macroscopically calculated in the adiabatic approach. The adiabatic MI can be expressed as $= {}_{av}/(1+G_{t\varphi})$, where ${}_{av}$ is the statistically averaged MI, and $G_{t\varphi}$ is a correlation term due to the time–azimuthal coupling,

$${}_{av} = \int dV E(\rho)\, e^{-\nu} r^2 \sin^2\theta \ , \ G_{t\varphi} = \tfrac{1}{M} \int dV E(\rho)\, e^{-\nu} \tau \sin^2\theta \ .\# (1)$$

Here, the Schwarzschild metric length element modified by a small rotation frequency $\approx I/M \approx \omega\ /M$, asymtotically far from the NS, is given by ($c = G = 1$):

$$ds^2 = -e^{\nu} dt^2 + 2\tau\ \sin^2\theta\ dt d\varphi + e^{\lambda} dr^2 + r^2 d\theta^2 + r^2 \sin^2\theta\ d\varphi^2, \# (2)$$

where ν and λ are its well-known parameters, $\tau = 1 - \left(\sqrt{1 - r^2/R_S^2} - 3\sqrt{1 - R^2/R_S^2}\right)^2/4$, $R_S = \sqrt{3/(8\pi E_0)}$ is the Schwarzschild radius [3], R is the NS radius, and E_0 is an internal value of the NS energy density.
 (Fig.1 and Fig.2 can be seen in the attachment)

Fig. 1 shows the moment of inertia Θ as a function of the radius R. As seen from Fig. 1, the correlation term $G_{t\varphi}$ [see Eq. (1)] in a strong gravitational NS field leads to a significant shift of the Schwarzschild R_S to the Kerr R_K asymptote. The moment of inertia contributions Θ_{av} and $G_{t\varphi}$ are the sums of the volume and surface components in terms of the ETF energy density $E(\rho)$, $\Theta_i = \Theta_{iV} + \Theta_{iS}$ ($i = av, t\varphi$), and $E = E_S + E_V$ is the total NS ETF energy. The subscript V denotes the NS volume V, and S represents the NS surface (proportional to the surface tension coefficient) terms. The leptodermic and incompressibility parameters are given by a small a/R and a large $\kappa = 10$ for strong gravitation, respectively.

We also verify the adiabatic condition, $(1/2)\Theta\omega^2 \ll E$, for applications to several NS rotation periods, $P \gg P_0 = 2\pi\sqrt{\Theta/(2E)}$, where E is the total ETF energy, and P_0 is the asymptotic boundary period limit; see Fig. 2. For a range of well-known pulsars with spin periods between about 5 and 3000 ms, the adiabatic approach is applicable to the description of these rotating NS systems, in good agreement with their observational data. The internal densities used in these calculations are typically two to three times larger than that of nuclear matter. For all these calculations, the NS radii R are on the order of 10 km, and masses are 1.2–2.1 $M_\odot$ in NS stable equilibrium.

Fig. 2. Periods P (in units of ms) as functions of R/R_S, where R_S is the Schwarzschild radius. Black (blue) circles and red (green) squares represent the minimal and maximal values of R/R_S

for the first and second sets of experimental data for the J0030+0451 (J0740+6620) neutron star, respectively. Solid black (dotted magenta) and dashed red lines are the characteristic periods P_0 with (volume evaluations) and without accounting for the $t - \varphi$ correlations. Other parameters are the same as in Fig. 1.

With increasing incompressibility κ, the boundary periods P_0 become greater. To improve accuracy, we should account for non-adiabatic effects, especially for the J0740+6620 star with larger mass. As a perspective, one can apply our analytical macroscopic approach for calculations of NS rotation frequency corrections to the TOV equations.

1. R. C. Tolman. Relativity, Thermodynamics, and Cosmology. (N.Y.: Dover Publications, 1987) 528 p.
2. J. L. Friedman, J. R. Ipser, L. Parker, AJ 304 (1986) 115.
3. R. H. Boyer, R. W. Lindquist. J. Math. Phys. 8 (1967) 265.
4. P. A. Hogan, Lettere Al Nuovo Cimento 16 (1976) 33.
5. A. G. Magner, S. P. Maydanyuk, A. Bonasera, H. Zheng, T. Depastas, A. I. Levon, U. V. Grygoriev. 2024. arXiv:2409.04745 [nucl-th, astro-ph.HE, astro-ph.SR]. Int. J. Mod. Phys. E 33 (2024) 2450043.

Authors: МАГНЕР, Олександр Григорович (Інститут ядерних досліджень НАН України); МАЙДАНЮК, Сергій Петрович (Інститут ядерних досліджень НАН України); БОНАСЕРА, А. (Циклотронний Інститут, Техасський Університет, Техас, Коледж Стейшн, США); ЖЕНГ, Х. (Школа фізики та інформаційної технології, Нормальний університет Шанксі, Ксіан, Китай); ФЕДОТКІН, Сергій Миколайович (Інститут ядерних досліджень НАН України); ЛЕВОН, Олександр Іванович (Інститут ядерних досліджень НАН України); ГРИГОРЬЕВ, Устим Вікторович (Інститут ядерних досліджень НАН України); ДЕПАСТАС, Т. (Циклотронний Інститут, Техасський Університет, Техас, Коледж Стейшн, США); УЛЕЄВ, Андрій Андрійович (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Presenter: УЛЕЄВ, Андрій Андрійович (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Теоретична ядерна фізика

Track Classification: Теоретична ядерна фізика

Contribution ID: **106** Type: **Секційна доповідь**

Розробка алгоритму пошуку зміщених вершин з Вело треків для тригеру HLT1 на LHCb

Tuesday, May 27, 2025 4:25 PM (20 minutes)

Багато сценаріїв Нової Фізики припускають існування нових довгоживучих частинок (Long-Lived Particles), які можуть допомогти пояснити давні проблеми фізики, такі як існування темної матерії. Такі частинки можуть утворюватись у високоенергетичних протон-протонних зіткненнях на Великому Адронному Колайдері (ВАК) і можуть бути зареєстровані детектором LHCb 1, що має унікальну чутливість до частинок з масою порядку ГеВ. Детектор LHCb –це одноплечовий спектрометр, який дуже добре оснащений у передній частині, що дозволяє йому виявляти сигнал від розпаду LLP на частинки Стандартної Моделі з високою точністю. Однак, щоб робити це ефективно, потрібен спеціальний алгоритм, який може швидко ідентифікувати вершини розпаду –точки в просторі, в яких відбулась взаємодія частинок або розпад частинки з утворенням нових.

Проект має на меті розробити новий алгоритм GVFinder, що шукає GDV в експерименті LHCb. Після того, як алгоритм буде готовий, він потребуватиме швидкої реалізації на CUDA для запуску в режимі онлайн на LHCb GPU фермі. Чутливість пошуків LLP буде значно підвищено за рахунок спеціального тригеру.

Author: YANKOVSKYI, Vladyslav (Taras Shevchenko National University of Kyiv (UA))

Co-authors: ГОЛІНКА-БЕЗШИЙКО, Лариса (Taras Shevchenko National University of Kyiv); БЕЗШИЙКО, Олег (Київський національний університет імені Тараса Шевченка)

Presenter: YANKOVSKYI, Vladyslav (Taras Shevchenko National University of Kyiv (UA))

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **107** Type: **Секційна доповідь**

Редокс-регуляція функційності протеасоми за дії іонізуючої радіації

Thursday, May 29, 2025 4:15 PM (20 minutes)

Мета роботи: оцінити ступінь окисної модифікації білків та визначити рівень протеасомної активності за умов оксидативного стресу, індукованого дією іонізуючої радіації.
Аналіз отриманих результатів засвідчив, що, починаючи з 30 хв після дії променевого чинника, спостерігається дозозалежне підвищення ступеня окисної модифікації білків в лімфоцитах тимусу щурів за опромінення в дозах 1,0 та 7,78 Гр. Водночас в параметрах нашого експерименту відмічено, що протеасомна активність у лімфоцитах тимусу щурів через 30 хв після дії іонізуючої радіації знижується за обох досліджуваних доз. Одержані дані корелюють з виявленими нами ранніми змінами рівня АКМ в популяції лімфоцитів тимусу щурів за дії променевого чинника. Отже, в умовах активізації оксидативного стресу, спричиненого дією іонізуючої радіації, уможливлюється зниження протеасомної активності як власне за рахунок модифікацій субодиниць комплексу за участі АКМ, так і вірогідного накопичення окисно-модифікованих білків, які зменшують деградаційний потенціал протеасомо-опосередкованого процесу.

Author: Ms АНДРІЙЧУК, Тетяна (КНУ імені Тараса Шевченка)

Co-authors: РАКША, Н. Г.; КОСТЮК, О. С.; КОВАЛЬ, Т. В.

Presenter: Ms АНДРІЙЧУК, Тетяна (КНУ імені Тараса Шевченка)

Session Classification: Радіобіологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **108** Type: **Секційна доповідь**

Вплив температури на самодифузію молекул розчину вода-етанол малої концентрації

Tuesday, May 27, 2025 11:35 AM (20 minutes)

Раніше нами були проведені методом квазіпружного розсіяння повільних нейтронів дослідження динаміки молекул системи вода-етанол залежно від концентрації при температурі 281 К. Були визначені загальний коефіцієнт самодифузії молекул D, його одночастинкова DF і колективна DL складові та час осілого життя молекули у коливному стані t. Детально вивчена область малих концентрацій, де в околі концентрацій X=0,04 мольн.часток і X=0,2 мольн.част. у коефіцієнтах D та DF виявлено два мінімуми. Час t при цих концентраціях істотно зростає. Це вказує на значне зменшення при даних концентраціях інтенсивності активаційного механізму дифузії молекул.

Проте, аномальна поведінка характеристик дифузії залежить не тільки від концентрації, але і від температури розчину. У зв'зку з цим були проведені дослідження нейтронним методом динаміки молекул системи вода-етанол залежно від температури при постійній концентрації 0.04 мольн.част. в інтервалі 1.5 °C - 8 °C. Саме при цій концентрації, як відзначалось вище, у даному розчині максимально сповільнені дифузійні рухи молекул. Як і в попередніх експериментах були визначені загальний коефіцієнт самодифузії молекул D, його одночастинкова DF і колективна DL складові та час осілого життя молекули у коливному стані t. Їх температурна залежність представлена, відповідно, на рисунках 1 і 2.

В околі температури 4 оС у коефіцієнтах D та DF виявлено глибокий мінімум. Час t при цій температурі істотно зростає (рис. 2). Отже, при при даній температурі має місце суттєве сповільнення дифузійних процесів і саме активаційного механізму дифузії молекул розчину, що, цілком можливо, зумовлено зв'язуванням молекул води та етанолу у комплекси (кластери). Тобто в околі температури 4 *С і концентрації 0,04 мольн.част. існує особлива точка, де відбу¬вається інтен¬сивне утворення кластерів, які складаються з 1 або 2 молекул етанолу та 6÷10 молекул води. Конфігурація водневих зв'язків у середині елементарного кластера відрізняється від та¬ких в об'ємі води. Час життя таких кластерів значно більший як часу зіткнень молекул, так і часу життя водних кластерів. Таким чином, даний елементарний кластер може розглядатися як псевдо частинка. Відхилення температури від 4*С різко понижує інтенсив¬ність утворення кластерів та руйнацію існуючих комплексів молекул води і етанолу. Необхідно відзначити, що у нашому випадку положення особливої точки не збігається з даними з розсіяння світла, згідно яким особлива точка знаходиться при 0,09 мольн. част.

Authors: Dr СЛІСЕНКО, Василь (ІЯД); Mr ВАСИЛЬКЕВИЧ, Олександр (ІЯД)

Presenter: Mr ВАСИЛЬКЕВИЧ, Олександр (ІЯД)

Session Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Track Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Contribution ID: **109** Type: **Секційна доповідь**

Muon Pair Production in Proton Collisions at the LHC

Thursday, May 29, 2025 3:55 PM (20 minutes)

Muon Pair Production in Proton Collisions at the LHC
V. V. Kotlyar [1,2]
[1]National Science Center "Kharkiv Institute of Physics and Technology",
National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
[2]Department of Physics, Lund University, Lund, Sweden

Integral and differential cross sections for muon pair production in pp scattering are computed at energy s^{1/2}=13 TeV. The hard parton processes with NpNLO and NpNLO+1 outgoing gluons or quarks for NpNLO = 0,..,3 are simulated with MadGraph5_aMC@NLO. The generated events are showered with Pythia 8. For matching the matrix elements with the parton showers and merging the matrix elements with different multiplicities the MLM and FxFx approaches are employed as implemented in MadGraph and Pythia. Dependence of the cross sections on the scale parameter Qcut and number of matched jets is discussed. The calculated cross sections are compared with results of the recent ATLAS, CMS and LHCb measurements at the LHC.

Author: Dr KOTLYAR, Volodymyr

Presenter: Dr KOTLYAR, Volodymyr

Session Classification: Теоретична ядерна фізика

Track Classification: Теоретична ядерна фізика

Contribution ID: **110** Type: **Секційна доповідь**

Alpha-Cluster Structure of Light Nuclei ^{14}C, ^{14}N, and ^{14}O

Thursday, May 29, 2025 5:15 PM (20 minutes)

Alpha-Cluster Structure of Light Nuclei ^{14}C, ^{14}N, and ^{14}O

B. E. Grinyuk, D. V. Piatnytskyi, V. S. Vasilevsky
Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

A method is developed to solve the quantum few-body problem for the bound states. In the framework of the variational method in the Gaussian representation, the structure characteristics of light nuclei ^{14}C, ^{14}N, and ^{14}O are studied within the five-cluster model (three α-clusters plus two extra nucleons). Specific properties of the charge density distributions, formfactors, pair correlation functions, and the momentum distributions of these nuclei are analyzed. Within the similar approach, formfactors and density distributions of ^{12}C, ^{16}O, and ^{20}Ne nuclei are calculated in the framework of the α-cluster model.

1. B. E. Grinyuk, D. V. Piatnytskyi. Ukr. J. Phys. 61 (8) (2016) 674. doi: 10.15407/ujpe61.08.0674
2. B. E. Grinyuk, D. V. Piatnytskyi. Ukr. J. Phys. 62 (10) (2017) 835. doi: 10.15407/ujpe62.10.0835
3. B. E. Grinyuk, D. V. Piatnytskyi, V. S. Vasilevsky. Nucl. Phys. A 1030 (2023) 122588. doi: 10.1016/j.nuclphysa.2022.122588

Authors: ГРИНЮК, Борис Євгенович (Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України); П'ЯТНИЦЬКИЙ, Дмитро Валерійович (Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України); ВАСИЛЕВСЬКИЙ, Віктор Семенович (Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України)

Presenter: ГРИНЮК, Борис Євгенович (Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України)

Session Classification: Теоретична ядерна фізика

Track Classification: Теоретична ядерна фізика

Contribution ID: **111** Type: **Секційна доповідь**

Роботи на реакторі ВВР-М у передвоєнний та військовий періоди

Wednesday, May 28, 2025 4:55 PM (20 minutes)

Війна малої інтенсивності (2014 –2022) мало вплинула на планові та роботи на замовлення, які проводяться на Київському дослідному реакторі ВВР-М, з урахуванням, звичайно, загального економічного стану країни. Зокрема, протягом 2020–2022 рр. автори брали участь у підготовці опромінення зразків-свідків у вертикальних каналах реактора ВВР-М на замовлення Національної Атомної Енергогенеруючої Компанії (НАЕК) «Енергоатом». Для проведення опромінення всередині активної зони було спроектовано та виготовлено вертикальний канал для встановлення на місце стандартної одиночної паливної збірки, та проведено розрахункові дослідження оптимального паливного завантаження та розташування такого каналу 1.
Розрахункові дослідження проводилися з використанням коду MCNP-4C, за допомогою якого розраховувалися запас реактивності різних паливних завантажень, нейтронні спектри і потоки нейтронів в передбачуваних місцях розташування вертикальних каналів для опромінення [2-4]. Крім того, були розраховані потоки та спектри нейтронів безпосередньо на зразках-свідках, контейнери з якими локалізовані в каналі, розташованому в найбільш оптимальних для опромінення місця активної зони. У цій роботі наведено картограму завантаження активної зони реактора ВВР-М з урахуванням актуального на момент зупинки реактора вигоряння палива та оптимального розташування каналу для опромінення та інших пристроїв в активній зоні із зазначенням усереднених потоків нейтронів для паливних збірок у кожному секторі активної зони.
На жаль, у зв'язку з початком активних військових дій в Україні ці роботи не були завершені, сам реактор було законсервовано, паливо було вивантажено з активної зони та поміщене у сховище відпрацьованого ядерного палива.
В останні роки на реакторі були проведені роботи з покращення умов зберігання відпрацьованого ядерного палива –збудовано додаткове сховище відпрацьованого палива та модернізовано основне сховище. У зв'язку з цими обставинами виникли завдання щодо переоцінки ядерної безпеки сховищ відпрацьованого ядерного палива. Для цього вирішувалися такі задачі:
1. Проведення розрахунків ефективного коефіцієнта розмноження нейтронів для різних умов зберігання, включаючи варіації густини води, збагачення палива та геометрії розміщення збірок;
2. Оцінка безпеки системи зберігання на основі отриманих значень keff, з урахуванням консервативного підходу, що передбачає найгірші сценарії, такі як мінімальні відстані між складаннями та максимальний вміст матеріалів, що діляться;
3. Обґрунтування надійності та відповідності сховища вимогам ядерної безпеки, включаючи недопущення перевищення критичного рівня keff=0,95 за нормальних та аварійних умов експлуатації.
Завдання, що поставленні дають можливість комплексно оцінити безпеку системи зберігання, а також підтвердити її здатність ефективно запобігати ризику виникнення ланцюгової ядерної реакції поділу.
Проведені розрахунки підтверджують відповідність сховища всім вимогам ядерної безпеки, включаючи стійкість до можливих змін зовнішніх умов і є переконливим доказом того, що запропоновані конструктивні рішення та обрані матеріали забезпечують високий рівень надійності системи зберігання ядерного палива. Це дає підстави подальшого використання сховища у його поточної конфігурації без необхідності додаткових модифікацій.

1. В.І. Слісенко, В.М. Буканов, А.П. Войтер, В.І. Гаврилюк. Інститут ядерних досліджень НАН України. 50 років наукових досліджень і звершень (Київ: ІЯД НАН України, 2020) 239 с.
2. П.М. Ворона, В.Ф. Разбудей. Ядерна фізика та енергетика 11(1) (2010) 57.

3. В.Ф. Разбудей. Ядерна фізика та енергетика 12(2) (2011) 198.
4. В.Ф. Разбудей. Ядерна фізика та енергетика 13(3) (2012) 316.

Author: ХОМИЧ, Ігор (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Co-authors: СЛІСЕНКО, Василь (Інститут ядерних досліджень НАН України); БАБЕНКО, Володимер (Інститут ядерних досліджень НАН України); ПАВЛОВИЧ, Володимир (Інститут ядерних досліджень НАН України); ТРИШИН, Володимир (Інститут ядерних досліджень НАН України); ВОЛОХ, Олексій (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Presenter: ХОМИЧ, Ігор (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Атомна енергетика

Track Classification: Атомна енергетика

Contribution ID: **112** Type: **Секційна доповідь**

Фазова поведінка нанокристалічного заліза під дією опромінення за невисоких температур

Tuesday, May 27, 2025 1:15 PM (20 minutes)

У реакторних металах можуть відбуватись процеси аморфізації та інших фазових переходів першого роду. Такі зміни впливають на енергетичний стан матеріалу, що робить дослідження фазових рівноваг у наномасштабних металах під дією опромінення важливим завданням фундаментального і прикладного характеру. Оскільки процеси фазових змін залежать від розміру системи, наномасштабні кристалічні метали є ідеальними для їх вивчення.
Метою цього дослідження є аналіз того, як накопичення дефектів, викликаних радіаційним опроміненням, впливає на еволюцію дефектів і фазову поведінку в нанокристалічному залізі за невисоких температур, на формування та стабілізацію об'ємно-центрованої кубічної (ОЦК) і гранецентрованої кубічної (ГЦК) структур під опроміненням.
Методологія дослідження. Ми застосовуємо термодинамічний підхід Гіббса для різних фаз для нанозерен або наночастинок заліза, з урахуванням радіаційно індукованих дефектів, і використовуємо теорію хімічної кінетики для моделювання утворення, дифузії та анігіляції дефектів.
Результати. Вперше було теоретично обґрунтовано вплив розмірного ефекту на радіаційну стабільність ОЦК фази при великих швидкостях генерації дефектів і низьких дозах опромінення та визначено, як опромінення впливає на фазову стабільність наночастинок заліза розміром 2–10 нм у температурному діапазоні 400–500 К. Було побудовано діаграми «розмір–температура» та «розмір–енергія», які встановлюють залежні від розміру області фазової стабільності, фазових переходів в нанокристалічному залізі й впливу опромінення.
В рамках теоретичного опису нами обґрунтовано важливість врахування умови нестаціонарності в описі кінетики радіаційних дефектів і дано якісне пояснення отриманих в експериментах залежностей концентрації радіаційних дефектів від дисперсності нанокристалічного матеріалу 1.
В наночастинках малих розмірів фаза α-Fe (ОЦК) стає нестабільною і змінюється на ГЦК структуру, тоді як фаза γ-Fe (ГЦК) залишається стабільною, що пояснюється домінуючим впливом поверхневих енергій фаз. В наночастинках больших розмірів, навпаки, фаза α-Fe є стабільною, а γ-Fe —нестабільною, що обумовлено домінуванням внеску об'ємної густини енергії.
Виявлено, що в результаті опромінення наночастинок заліза при швидкості генерації дефектів Kv=10-3 зна/с і дозах більше 1 зна формується проміжна область шириною близько 4 нм на фазовій діаграмі «розмір–температура», де фаза α-Fe стає стабільною при опроміненні, а γ-Fe стабілізується без опромінення. Стабільність ОЦК фази підтримується лише за наявності опромінення. Ця проміжна область звужується із підвищенням температури й повністю зникає приблизно при 520 К. За низьких температур (нижче 400 К) дослідження потребує уточнення, оскільки використання результатів теорії хімічних швидкостей та термодинаміки Гіббса при цьому стає некоректним 2.

Дослідження проводяться у рамках НДР Лабораторії композиційних матеріалів атомно-водневої енергетики Інституту прикладної фізики НАН України (РК 0125U000276) під керівництвом д.ф.-м.н. Арама Шіріняна.

1. Yu.S. Bilogorodskyy, A.S. Shirinyan, O.M. Krit «Influence of Irradiation on the Evolution of Radiation Defects in Nanocrystalline FCC Metals: The Case of Ni» Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 563, 165674, 2025.
2. A.S. Shirinyan, Yu.S. Bilogorodskyy. «Effect of radiation-induced vacancy saturation on the first-order phase transformation in nanoparticles: insights from a model» Beilstein Journal

of Nanotechnology, 15, p. 1453–1472, 2024.

Author: Mr БІЛОГОРОДСЬКИЙ, Юрій (Інститут прикладної фізики НАН України)

Co-authors: Dr ШПРІНЯН, Арам (Інститут прикладної фізики НАН України); Mr ШПРІНЯН, Артур (Інститут прикладної фізики НАН України); Mr КРІТ, Олексій (Інститут прикладної фізики НАН України)

Presenter: Mr БІЛОГОРОДСЬКИЙ, Юрій (Інститут прикладної фізики НАН України)

Session Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Track Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Contribution ID: **113** Type: **Секційна доповідь**

Порівняння різних монте-карло кодів при аналізі застосовнсті наближення гомгенізації для розрахунків активної зони швидких реактрів із газовим теплносієм

Wednesday, May 28, 2025 1:15 PM (20 minutes)

У даній роботі проведено оцінку застосовності наближення гомогенізації при розрахунках нейтронних полів швидких реакторів з газовим теплоносієм. Особлива увага приділяється порі-вняння результатів гомогенного та гетерогенного підходів для концептів реакторів IV покоління ALLEGRO та EM2 з гелієвим теплоносієм. Аналіз виконано у двох широко використову-ваних кодах Монте-Карло: MCNP-4C та Serpent 2.3.2. Для кожного коду побудовано пару моде-лей активної зони прототипу GFR: детальна гетерогенна зі реалістичною геометрією ТВЕЛ але спрощеною схемою ТВЗ, і двозонна гомогенна, у якій паливо й конструкційні матеріали усеред-нено за об'ємними фракціями.

Порівняння ефективних коефіцієнтів розмноження показало систематичне завищення keff го-могенної моделі на (+0.47 %) у MCNP-4C (1.09611 ± 0.00052 проти 1.09098 ± 0.00056) та (+0.72 %) у Serpent 2 (1.09421 ± 0.00007 проти 1.08640 ± 0.00008). Максимальні розбіжності у спект-рах нейтронів локалізуються нижче 10-5 МеВ і не впливають суттєво на реактивність швидкого реактора. Гомогенізація скорочує тривалість розрахунку ~65 % у MCNP та ~40 % у Serpent, то-му придатна для оперативних оціночних та перехідних розрахунків нестаціонарних процесів в активній зоні.

Authors: УЛИЧ, Іларіон (Київський національний університет імені Т. Шевченка); МАЛОВИЦЯ, Максим (Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут"); ФОМІН, Сергій (Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут")

Presenter: УЛИЧ, Іларіон (Київський національний університет імені Т. Шевченка)

Session Classification: Атомна енергетика

Track Classification: Атомна енергетика

Contribution ID: **114** Type: **Секційна доповідь**

V^0 Production in Proton-Proton Collisions at 7.0 TeV in the LHCb Experiment

Tuesday, May 27, 2025 3:45 PM (20 minutes)

This research investigates the production of V^0 hadrons (Λ, K⁰) in high-energy particle collisions using the LHCb detector. By analyzing their characteristic "V-shaped" decay signatures across proton-proton, proton-nucleus, and nucleus-nucleus collision systems, we gain crucial insights into quantum chromodynamics under extreme conditions. Our measurements of differential cross-sections and nuclear modification factors help disentangle cold nuclear matter effects from potential quark-gluon plasma signatures, advancing our understanding of hadronization processes and partial chiral symmetry restoration in dense nuclear environments.
Only V⁰ decays occurring within the Vertex Locator (VELO), with both daughter tracks fully reconstructed in the forward spectrometer and having momenta p > 2 GeV/c, are considered. Oppositely charged track pairs are retained as potential V^0 candidates if they form a vertex with a fit quality $^{2}_{vtx}$ < 9 (with one degree of freedom for a V^0 vertex). Λ candidates are required to have invariant masses within ±70 MeV/c², and K^0_S candidates within ±100 MeV/c² of their respective PDG values. The differential production cross-sections of V⁰ hadrons are measured using the LHCb forward spectrometer in proton–proton (p–p) collisions at √s = 7 TeV, covering a transverse momentum range of 0.15 < p_t < 10.0 GeV/c and a rapidity range of 1.5 < y⊠ < 5.5.
The current work is completed as part of the analysis aimed at measuring Nuclear Modification Factors of V^0 produced in proton-lead collisions at 8.16 TeV. The Fig 1 presents V0 single differential cross-sections.

Authors: PETRENKO, Ievgenyi; KOT, Oleksandr (INR NAS of Ukraine); OKHRIMENKO, Oleksandr (INR NAS of Ukraine); KOLIEV, Serhii (INR NAS of Ukraine); PUGATCH, Valery (Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine(KINR))

Presenter: KOT, Oleksandr (INR NAS of Ukraine)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **115** Type: **Секційна доповідь**

MRI Sensitivity of Paramagnetic Dispersed Preparations

Thursday, May 29, 2025 1:35 PM (20 minutes)

Аналітично та числовим методом отримані функції просторової дисперсії інтенсивності дипольних полів парамагнітних наночастинок різної конфігурації. Знайдені узагальнюючи формули для основних конфігурацій частинок, перспективних для терапії та діагностики. Показано, що при зменшенні відстані від поверхні частинки, нормованої на розмірні параметри частинки Li, функці дисперсії всіх частинок асимптотично наближуються до значення функції дисперсії для парамагнітного півпростору (при Li→∞).

Author: Mr ШЕВЧЕНКО, Юрій (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Co-authors: Mr ЯКОВЕНКО, Юрій (Інститут ядерних досліджень НАН України); Ms МАЛИШЕВА, Тетяна (Університет Вісконсин - Грін Бей); Mr ТРИШИН, Володимир (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Presenter: Mr ШЕВЧЕНКО, Юрій (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Радіобіологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **116** Type: **Секційна доповідь**

Система моніорингу фонового випромінювання на основі металевих фольгових детекторів для експерименту CBM

Wednesday, May 28, 2025 1:55 PM (20 minutes)

У роботі представлено радіаційно стійку систему моніторингу фонового випромінювання для експерименту CBM (Compressed Baryonic Matter), що реалізується в науковому центрі GSI (Дармштадт, Німеччина). Система базується на металевих фольгових детекторах (МФД), які характеризуються високою радіаційною стійкістю (до 1 ГГр) та здатністю ефективно функціонувати в умовах інтенсивного потоку частинок. Запропонована модульна конструкція товщиною менше 10 мм складається з п'яти шарів: центрального сенсорного шару з мідної фольги (50 μm), двох прискорювальних електродів та двох зовнішніх екрануючих шарів. Конструкція системи оптимізована для забезпечення надійного моніторингу в складних фізичних умовах експерименту без порушення його геометрії. Система демонструє високу стабільність, низький рівень шуму та широкодинамічну лінійну відповідь, що підтверджено досвідом експлуатації аналогічної системи RMS-R3 в експерименті LHCb. Окрім застосування в фундаментальних дослідженнях, технологія має потенціал для використання в екологічному моніторингу, медицині та промисловому контролі.

Authors: RAMAZANOV, Dmytro (Institute for Nuclear research NAS Ukraine); CHERNYSHENKO, Serhii (INR NAS of Ukraine); PUGATCH, Valery (Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine(KINR)); КИВА (ІЯД); КШИВАНСЬКИЙ (ІЯД); ОХРІМЕНКО (ІЯД)

Presenter: RAMAZANOV, Dmytro (Institute for Nuclear research NAS Ukraine)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **118** Type: **Секційна доповідь**

Дозиметричне забезпечення зразків-свідків металу корпусу реактора ВВЕР-1000, які опромінюються в плоских контейнерних збірках

Wednesday, May 28, 2025 3:55 PM (20 minutes)

Розглянуто дозиметричне забезпечення програми ЗС, які опромінюються в плоских контейнерних збірках і яке реалізоване співробітниками ІЯД НАН України.

Authors: КОВАЛЬОВА, Лариса (Інститут ядерних досліджень НАН України); КОЛЕСНИЧЕНКО, Лідія (Інститут ядерних досліджень НАН України); ПУГАЧ, Олександр (Інститут ядерних досліджень НАН України); ВАСИЛЬЄВА, Олена (Інститут ядерних досліджень НАН України); ЛАШКО, Тамара (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Presenter: ЛАШКО, Тамара (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Session Classification: Атомна енергетика

Track Classification: Атомна енергетика

Contribution ID: **119** Type: **Секційна доповідь**

Вимірювання поперечного перерізу утворення v0 адронів у зіткненнях протон-протон при енергії 7 тев в експерименту LHCb

Tuesday, May 27, 2025 1:15 PM (20 minutes)

Детектор LHCb є спектрометром, орієнтованим вперед, який покриває псевдошвидкість в діапазоні 2 < η< 5. Він оснащений високоточним трековим відстеженням, що включає кремнієвий мікросмужковий вершинний детектор(VELO), розташований навколо області взаємодії(IP-8), кремнієві мікростріпові детектори великої площі перед дипольним магнітом та три станції кремнієвих мікростріпових детекторів після магніту. Ефективність реконструкції треку перевищує 96 %, роздільна здатність за імпульсом становить близько 0.5 %, а за інваріантною масою від 10 до 20 МеВ/с2. Ідентифікація заряджених адронів здійснюється за допомогою двох черенковських детекторів з кільцевими локусами подій для конкретних типів частинок. Фотони, електрони та адрони-кандидати ідентифікуються за допомогою калориметричної системи, що складається з детекторів на сцинтиляційній основі, передзливових детекторів, електромагнітного та адронного калориметрів. Мюони визначаються за допомогою системи, яка поєднує шари заліза та багатодротяні пропорційні камери. Система тригера складається з апаратної стадії(L0), яка використовує дані з калориметрів та мюонної системи, після чого слідує програмна стадія (High Level Trigger, HLT), яка забезпечує повну реконструкцію події.
В рамках роботи робочої групи Ion Fixed Target (IFT) колаборації LHCb було виміряно ефективності реєстрації та диференційні поперечні перерізи генерації Ks мезонів та Λ-баріонів в p-p зіткненнях. Ці вимірювання є важливими для оцінки ефектів холодної ядерної матері і відіграють ключову роль в ідентифікації та дослідженні сигналів від кварк-глюонної плазми. Дані, що використовувалися в аналізі, були зібрані у 2016 році при енергії √= 7 ТеВ для p-p зіткнень. Диференційні поперечн перерізи були отримані як функції рапідіті у та поперечного імпульсу pT для K_s^0 , Λ та ¯ в діапазоні рапідіті: 1.5<y<4 для p-p та поперечного імпульсу 0.15 ГеВ/с <p_T<10 ГеВ/с.

Authors: PETRENKO, Ievgenyi; KOT, Oleksandr (INR NAS of Ukraine); OKHRIMENKO, Oleksandr (INR NAS of Ukraine); KOLIEV, Serhii (INR NAS of Ukraine); PUGATCH, Valery (Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine(KINR))

Presenter: KOLIEV, Serhii (INR NAS of Ukraine)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **120** Type: **Секційна доповідь**

STRUCTURE AND CHARACTERISTICS OF THE CHERNOBYL NPP ACCIDENT SURVIVORS REASONS OF DEATH ACCORDING TO THE MATERIALS OF MEDICAL EXPERTISE FOR THE CAUSAL RELATIONSHIP OF DISEASES WITH THE EFFECT OF IONIZING RADIATION IN THE REMOTE POSTACCIDENTAL PERIOD (2024 year)

Thursday, May 29, 2025 11:15 AM (20 minutes)

Objective. To study and characterize the structure of the survivor categories (clean-up workers and victims) of the Chernobyl Catastrophe in the remote post-accident period (2013-2024) regarding the causal relationship of disease that became the reason of death with the effect of ionizing radiation and due to harmful influence of the Chornobyl Catastrophe based on the materials of expert cases of the Central Interdepartmental Expert Commission of the Ministry of Health of Ukraine (CIEC).

Author: Dr СУШКО, Віктор (Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології Національної академії медичних наук України»)

Co-authors: KOLOSYNSKA, O. O. (Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології Національної академії медичних наук України»); VDOVENKO, U. V. (Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології Національної академії медичних наук України»); APOSTOLOVA, O. V. (Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології Національної академії медичних наук України»)

Presenter: Dr СУШКО, Віктор (Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології Національної академії медичних наук України»)

Session Classification: Радіобіологія

Track Classification: Радіоекологія та радіобіологія: Радіоекологія

Contribution ID: **121** Type: **Секційна доповідь**

Динаміка зв'язаної внутрішньої електронної конверсії

Tuesday, May 27, 2025 3:55 PM (20 minutes)

Загально відомо, що ядро може розряжатися по конверсійному каналу, лише коли енергія збудження ядра перевищує енергію зв'язку електрона в атомі. Однак, експерименти [1,2] з сильно іонізованим 125Te довели, що внутрішня конверсія може відбуватися не лише в неперервний спектр, а і в зв'язані атомні рівні. Відповідна теорія була побудована в [2-4]. Сам процес одержав назву зв'язана внутрішня конверсія (ЗВК). Раніш ЗВК розраховувалась лише в другому наближенні теорії збурень. Ми ж використовуючи теорію розпаду Гольдбергера-Ватсона, враховуємо всі порядки по збуренню –оператору взаємодії з електромагнітним полем як ядра, так і електронів. Це дало змогу прослідкувати залежність ЗВК від часу t. Вважається, що при t=0 ядро знаходиться в збудженому стані з енергією E0 , а електрон в стані з енергією εi. Потім ядро випромінює віртуальний γ-квант і переходить в основний стан з нульовою енергією, а електрон поглинає цей фотон і переходить в збуджений стан з енергією εf. При цьому система (ядро + електрон) попадає в один із проміжних станів |c>=|IgMg >|jeme>. У випадку відсутності надтонкого розщеплння резонансних рівнів, вони вироджені по магнітним квантовим числам ядра і електрона. Задача спрощується у випадку, коли лише один проміжний рівень є близьким до початкового. Процес ЗВК відбувається ефективно, якщо параметр відстроювання δ = E0 + εi - εf мал. Ми порахували імовірність розпаду ядра по каналу ЗВК в проміжку часу від 0 до t. Тоді для повної імовірності розпаду ядра по каналу ЗВК ми одержали таку ж саму формулу, що і для оберненого процесу – ядерного збудження при електронних переходах [5]:
РЗВК = (Г/Гі)|Eint|2[δ2 + (Г/2)2]-1,
де Гі та Гf –ширини початкового і кінцевого станів ЗВК, параметр Eint характеризує силу взаємодії ядра і електрона за допомогою віртуальних фотонів, Г = Гі + Гf [5]. Показано, що ця формула пригодна лише у випадку коли розрядка збудженого електронного стану в початковий стан іде через ланцюжок переходів. Коли ж електронний перехід прямий з випромінюванням фотона з частотой ядерного фотона, то відбувається інтерференція ядерного і електронного переходів.

Author: ДЗЮБЛИК, Олексій (ІЯД)

Presenter: ДЗЮБЛИК, Олексій (ІЯД)

Session Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Track Classification: Радіаційна фізика та реакторне матеріалознавство

Contribution ID: **122** Type: **Секційна доповідь**

Програмне забезпечення для цифрових систем ядерних реакторів

Wednesday, May 28, 2025 11:35 AM (20 minutes)

У 2020 р. Франція розпочала масштабний науково-дослідний проект «Ініціатива цифрового ядерного реактора», що включає провідних гравців її атомної галузі. Одним з ключових викликів є точне відтворення конкретного енергоблоку в парку АЕС Франції: цифровий двійник дозволяє віртуально уявляти діючий реактор (у ДіР EDF – EPR (Evolutionary Power Reactor), водо-водяний ядерний реактор покоління 3+) та отримувати доступ до будь-якої інформації про поведінку йо-го компонентів, що неможливо робити в реальному світі. Відповідаючи на подібні виклики, пар-тнери проекту спираються на різноманітне імітаційне ПЗ та десятки обчислювальних кодів (створених у різний час для різних ІТ-середовищ), здатних моделювати різні явища, що відбу-ваються в реакторі.
Згадані коди моделюють усе – від нейтронних аспектів активної зони реактора до теплогідравліки чи хімії. Одні коди зосереджуються на конкретному компоненті та його роботі, а інші – на загальносистемних явищах. CEA (близько 10 осіб із відділів атомної енергетики та дослідниць-ких відділів) відіграє ключову роль у забезпеченні інтероперабельності всіх цих комп'ютерних кодів, які були окремо чи спільно розроблені CEA, EDF або Framatome (Franco-Américaine de Constructions Atomiques; Франко-американське атомне будівництво; заснована у 1958 р.). Крім того, CEA відповідає за створення передової мультифізичної платформи, де використовується CATHARE (Code Avancé de THermohydraulique pour les Accidents de Réacteurs à Eau) –ПЗ для двофазного теплогідравлічного моделювання в масштабі системи, яке CEA розробляє з 1979 р. CATHARE використовують EDF, Framatome, Інститут радіаційного захисту та ядерної безпеки (l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN); заснований у 2001 р.) для загального мо-делювання потоків у реакторі та його компонентах і дослідження ядерної безпеки реакторів з водою під тиском, а також для навчальних тренажерів атомного парку Франції.
У 1945 р. у Франції був заснований промисловий конгломерат Matra (Mécanique Aviation Traction), який охоплював широкий спектр галузей, зокрема аерокосмічну, оборонну, автомобільну, автоспорт, транспорт, телекомунікації. У 1999 р. компанія Matra Datavision вирішила опу-блікувати свою інфраструктуру CAS.CADE за моделлю з відкритим вихідним кодом за ліцензією Open CASCADE Technology Public License (Open Cascade). За ініціативою Open Cascade, у вере-сні 2000 р. розпочався проект SALOME (Simulation numérique par Architecture Logicielle en Open source et à Méthodologie d'Évolution; Чисельне моделювання за допомогою обчислювальної архі-тектури відкритим з вихідним кодом і з розвитком методології) 1 в рамках Французької націо-нальної мережі досліджень та інновацій у програмних технологіях (Réseau National en Technologies Logicielles (RNTL)), створеної наприкінці 1999 р. Міністерством досліджень і Міні-стерством промисловості Франції (з 2005 р. –Національне агентство досліджень Франції (l'Agence Nationale de la Recherche (ANR)).
Робочий стенд (workbench), оснований на складових SALOME, надає доступ до мультифізичних і багатомасштабних симуляцій, спираючись на спеціалізовані поєднання (couplings) кодів, які можна застосовувати для розробки нових методів і експертизи з підтримки проектування та експлуатації реактора. Функціональні можливості сервісної платформи можна ілюструвати на деяких сценаріях, включаючи мультифізичні та багатомасштабні підходи. На основі цих сцена-ріїв стало можливим відповідати критеріям інтероперабельності та взаємозамінюваності кодів, а також їх поєднань з платформами невизначеностей (наприклад, URANIE та OpenTURNS).
URANIE –це програмний фреймворк (CEA), призначений для кількісного оцінювання невизначеностей, аналізу чутливості, калібрування та/або генерування сурогатних моделей, оптимі-зації тощо. Написаний на C++ URANIE значною мірою базується на програмному фреймворку ROOT, що розробляється CERN з 1990-х років. Фреймворк ROOT створений для

допомоги в об-робці великих обсягів даних і надання багатьох сервісів. URANIE спирається на рішення візуалі-зації, обробку даних через складні та оптимізовані дерева, компілятор C++ з виконанням коду під час його написання, автоматичну транскрипцію методу в модулі Python тощо.
OpenTURNS –це ініціатива з відкритим кодом для обробки невизначеностей, ризиків і стати-стики (Treatment of Uncertainties, Risks'N Statistics).
При цьому інтероперабельність і взаємозамінюваність кодів, досяжні за допомогою зручних для користувача підходів, а також перехід до застосувань високопродуктивних обчислень (High Performance Computing (HPC)) стають головною рушійною силою для розвитку кодів та ДіР. Од-ним з прикладів є Консорціум для передового моделювання реакторів на легкій воді (Consortium For Advanced Simulation Of Light Water Reactors (CASL)) –перший енергетичний інноваційний хаб, заснований у 2010 р. Міністерством енергетики США. CASL з'єднав фундаментальні дослі-дження і технологічний розвиток через інтегроване партнерство уряду, наукових кіл, промисло-вості, яке поширилося поміж підприємств ядерної енергетики.
Інший приклад дають застосунки на основі платформи MOOSE (Multiphysics Object Oriented Simulation Environment; Мультифізи-чне об'єктно-орієнтоване середовище моделювання; створено у 2008 р.). MOOSE –об'єктно-орієнтований фреймворк скінченних елементів на C++ для розробки тісно пов'язаних мультифі-зичних розв'язувачів від Національної лабораторії Айдахо (США), який використовує пакет PETSc нелінійного розв'язувача та бібліотеку libmesh для забезпечення дискретизації методу скінченних елементів. Прикладом також є OpenFOAM (Open Field Operation And Manipulation; Операції та маніпуляції у відкритій області; створено у 2004 р. у Великобританії) – набір ін-струментів на C++ для розробки налаштованих чисельних розв'язувачів і утиліт попередньої обробки та постобробки у розв'язанні задач механіки суцільних середовищ, зокрема обчислю-вальної гідродинаміки (computational fluid dynamics (CFD)). Прикладом від Фінляндії є Serpent – багатоцільовий код моделювання тривимірного переносу частинок неперервної енергії на основі методу Монте-Карло, створений у 2004 р. Національним технічним науково-дослідним центром (Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT); заснований 16 січня 1942 р.).
Інтеграційний стенд для вивчення безпеки має ключові компоненти:
- редактор командних файлів і семантичний аналізатор EFICAS (Editeur de FIchier de Commandes et Analyseur Sémantique; розроблений EDF R&D (на 2025 р. охоплює 1800 дослідників у Франції та 282 дослідники за межами Франції) в контексті платформи SALOME – розроб-ник інтерфейсу даних і модуль динамічної перевірки набору даних) як спільна модель даних для визначення значень, що використовуються в мультифізиці. EFICAS включає технологічні, моде-льні, сценарні дані;
- бібліотека C3PO (Collaborative Code Coupling PlatfOrm), призначена поєднанням кодів. C3PO включає дані основного сценарію, драйвер нейтроніки, драйвер теплогідравліки.
Потім загальні дані зберігаються у спеціальному файлі каталогу, що включає деревовидну структуру даних. Далі цей файл конвертується у формат XML (стандартний формат W3C (World Wide Web Consortium, який у 1994 р. заснував винахідник WWW Тім Бернерс-Лі у CERN)) за допомогою EFICAS та обробляється певною програмою на Python, розробленою у даному прое-кті для генерування вхідних даних кожного коду з його специфічним Python API. Потім програ-ма на Python приєднує внутрішній стан кожного коду до об'єкта Physics-Driver для C3PO, який відповідає специфічному Python API коду з форматом ICoCo (Interface for Code Coupling) API.
Другий ключовий компонент, C3PO (Collaborative Code Coupling PlatfOrm), – це бібліотека Python, призначена для поєднання програм. Вона надає інструменти для управління виконанням програм, обміну даними, а також розширені алгоритми конвергенції та інструменти управління інтерфейсу передачі даних MPI (message passing interface). C3PO забезпечує обмін даними між програмами шляхом передачі скалярних значень і полів. Обраним форматом поля є формат MED (Modèle d'Échange des Données; модель обміну даними) платформи SALOME.
Для проекту була обрана бібліотека MEDCoupling, яка використовується для обробки просторових сіток (meshes) і виконання проекцій. MEDCoupling розроблено CEA та EDF R&D для платформи SALOME. В рамках проекту «Ініціатива цифрового ядерного реактора» програми, розроблені CEA, були інтегровані на робочий стенд і успішно застосовувалися до різних сценаріїв. Серед цих програм –APOLLO3® (оновлена версія APOLLO II), THEDI (THErmohydraulique

DIphasique; програма розрахунків двофазних теплогідравлічних потоків), FLICA-4 (програма теплогідравлічних розрахунків для проектування та теплового аналізу безпеки активних зон ядерних реакторів), CATHARE3 (оновлена версія CATHARE).
Розвиток штучного інтелекту висуває нові вимоги до цифрових трансформацій енергетики 1, зокрема атомної енергетики, особливо у державах з високою її часткою в загальній електро-енергетиці 2.

1. Електроенергетика України: стратегія ефективності. І.Р. Юхновський (гол.ред.), В.Г. Бар'яхтар, В.М. Горбачук, В.А. Копилов, М.М. Кулик, В.Т. Меркушов, Г.Г. Півняк, С.Б. Ту-луб (ред.) (Київ: Міжвідомча аналітично-консультативна рада з питань розвитку продуктив-них сил і виробничих відносин, 2001) 88 с.
2. В.М. Горбачук, С.А. Беспалов, В.В. Гладковський, М.М. Пустовойт. Від електронних доку-ментів ЦЕРН до великих даних. Глушковські читання (26 жовтня 2023 р., Київ, Україна) (Ки-їв: Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України, 2023) 27.

Authors: ГОДЛЮК, В. В. (Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України); ГОРБАЧУК, В. М. (Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України); РИБАЧОК, Д. О. (Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України); ДУНАЄВСЬКИЙ, М. С. (Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України); ГОЛОЦУКОВА, Т. Г. (Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України); БАРДАДИМ, Т. О. (Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України)

Presenter: ГОРБАЧУК, В. М. (Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України)

Session Classification: Атомна енергетика

Track Classification: Атомна енергетика

Contribution ID: **123** Type: **Секційна доповідь**

Монте-Карло симуляції відгуку RMS-R3 на протон-протоні зіткнення у експерименті LHCb

Tuesday, May 27, 2025 5:05 PM (20 minutes)

Після модернізації, проведеної у 2019–2021 роках, експеримент LHCb розпочав набір даних на етпі Run 3 (2022–2026) з миттєвою світністю протон-протонних зіткнень 2×10^{33} $см^{-2}\cdot с^{-1}$. Підвищення миттєвої світності вимагає спеціальних заходів для забезпечення безпеки та ефективності збору даних. З метою гарантування надійної роботи детектора LHCb було також оновлено системи моніторингу пучка та фону. До їх складу входять: новий онлайн-люмінометр PLUME, Системи контролю стану пучка (Beam Condition Monitors), які ініціюють скидання пучків LHC у разі високого рівня фону, а також Система радіаційного моніторингу RMS-R3.
Система RMS-R3 побудована на основі радіаційно-стійких металевих фольгових детекторів (MFD). Сигнали від восьми таких детекторів вимірюються незалежно від основної системи зчитування даних LHCb та інших субдетекторів. Після калібрування RMS-R3 забезпечує вимірювання світності.
Світність також вимірюється основним люмінометром PLUME, який передає ці дані до LHC. У разі тимчасової недоступності PLUME, система RMS-R3 бере на себе функцію вимірювання світності. Така взаємодія між PLUME та RMS-R3 дозволяє коригувати параметри пучків LHC таким чином, щоб підтримувати оптимальну кількість взаємодій на перетин пучків. Це критично важливо як
для ефективної роботи детектора, так і для запобігання надмірному опроміненню та передчасному старінню компонентів експерименту LHCb. Моніторинг положення пучка базується на методі асиметрії, що визначається як: Aij = (Ri - Rj)/(Ri + Rj), де Ri та Rj –це показники відгуку детекторів у парах «Верх-Низ» або «Ліво-Право».
Важливим елементом для вимірювання радіаційного фону та світності э виконання Монте-Карло симуляцій відгуку RMS-R3. Монте Карло симуляції на експерименті LHCb виконуються в рамках програмного забезпечення Gauss.
В даній роботі покроково описано виконання МК симуляцій для RMS-R3: опис геометрії детекторів, симуляція р-р зіткнень та взаємодії народжених заряджених частинок з детекторами за допомогою Geant4. Наведені результати оцінки зміни відгуку RMS-R3 (та функцій асиметрій) в залежності від положення пучка.

Authors: RAMAZANOV, Dmytro (Institute for Nuclear research NAS Ukraine); OKHRIMENKO, Oleksandr (INR NAS of Ukraine); CHERNYSHENKO, Serhii (INR NAS of Ukraine); PUGATCH, Valery (Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine(KINR)); KYVA, Volodymyr

Presenter: OKHRIMENKO, Oleksandr (INR NAS of Ukraine)

Session Classification: Експериментальна ядерна фізика

Track Classification: Експериментальна ядерна фізика

Contribution ID: **125** Type: **Пленарна доповідь**

Відкриття конференції. Вступне слово директора ІЯД НАН України

Monday, May 26, 2025 11:15 AM (10 minutes)

Відкриття конференції. Вступне слово директора ІЯД НАН України

Presenter: СЛІСЕНКО, Василь (ІЯД)

Session Classification: Пленарне засідання