

ЗАТВЕРДЖЕНО
постановою Президії НАН України
від 03.03.2021 № 76

К О Н Ц Е П Ц І Я

Цільової програми наукових досліджень НАН України
«Участь в новітніх міжнародних проєктах з фізики високих енергій
та ядерної фізики» на 2021–2023 рр.

Цільова програма наукових досліджень НАН України «Участь в новітніх міжнародних проєктах з фізики високих енергій та ядерної фізики» на 2021–2023 рр. (далі – Програма) відповідає:

1) пріоритетним напрямам розвитку науки і техніки на період до 2020 року, визначеним Законом України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки», а саме: напрямку «Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави»;

2) пріоритетним тематичним напрямам наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 року, перелік яких затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 7 вересня 2011 р. № 942 (із змінами), а саме: напрямку «Найважливіші фундаментальні проблеми фізико-математичних і технічних наук»;

3) основним науковим напрямом та найважливішим проблемам фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних, суспільних і гуманітарних наук Національної академії наук України на 2019-2023 роки, а саме: напрямом: «1.4.1. Фундаментальні взаємодії та мікроскопічна будова речовини», «1.4.1.1. Фізика ядерних систем», «1.4.1.2. Фізика високих енергій, квантова теорія поля, теорія симетрій», «1.8.1. Ядерна фізика, фізика елементарних частинок і високих енергій, фізика прискорювачів, фізика плазми та керований термоядерний синтез», «1.8.3. Радіаційна фізика, фізика радіаційних явищ, електрофізика, наукові основи ядерних і радіаційних технологій».

Визначення проблем, на розв’язання яких спрямована Програма

Суттєві зміни в концепції розвитку фізики, як показує багаторічний світовий досвід, можуть статися внаслідок визначних відкриттів або в результаті створення новітніх експериментальних установок, здатних забезпечити розширення діапазону пошуку невідомих досі явищ та отримання якісно нових даних про природу речей. Фізична наука останніми роками перейшла ці фази розвитку.

З огляду на обмеженість фінансових ресурсів, необхідних для створення сучасної експериментальної бази для проведення експериментів при високих енергіях, чи не єдиною можливістю є об'єднання ресурсів окремих країн для реалізації масштабних міжнародних проєктів.

Виняткову роль в дослідженнях з фізики високих енергій та ядерної фізики відіграє асоціативне членство України у Європейському центрі ядерних досліджень (ЦЕРН). Безпосередня участь вчених провідних академічних установ в колабораціях ЦЕРН (CMS, ALICE, ATLAS, LHCb) дозволила отримати низку новітніх експериментальних даних і стати рівноправними співавторами понад 1000 статей з вражаючим індексом цитувань. Особливо слід відзначити участь академічних інститутів у програмі модернізації Великого адронного колайдера (ВАК), яка розпочалась і триватиме до 2027 року. Ця участь стосується таких напрямів, як розроблення нових детекторів, вдосконалення програм оброблення результатів фізичних експериментів і розвиток спеціалізованих обчислювальних комплексів, підвищення параметрів прискорювачів заряджених частинок.

З огляду на розпочату модернізацію ВАК конче необхідно й надалі підтримувати теоретичні й експериментальні дослідження академічних інститутів в рамках нової програми. З дослідженнями на модернізованому ВАК пов'язаний розвиток нових параметрів з фізики і техніки прискорювачів, детекторів, а також комп'ютерних технологій і використання хмарних технологій. Необхідно також враховувати активну участь України в підготовці Європейської програми з фізики високих енергій за межами енергетичного діапазону ВАК. Це проєкти побудови нового адронного колайдера на енергію до 100 TeV і електрон-позитронного колайдера, які пропонуються Європейською групою стратегічного планування з фізики високих енергій.

Продовження теоретичних і експериментальних досліджень в галузі ядерної фізики критично необхідне з огляду на її прикладне значення для розвитку стратегічно важливих галузей, таких, як атомна енергетика, ядерна медицина тощо. Подальші фундаментальні дослідження на ядерних прискорювачах міжнародних центрів FAIR (проєкти CBM, NUSTAR, PANDA, APPA) та ОІЯД (проєкт NICA), в яких бере участь низка академічних інститутів, також передбачається в рамках Програми.

В ядерній фізиці, яка була символом наукового прогресу минулого століття, сьогодні одним з головних напрямів є дослідження короткоіснуючих ядер, далеких від стабільності. Зокрема, інтерес до досліджень рідкісних ізотопів визначається розвитком астрофізики та мезоскопічної фізики і обумовлює побудову дуже потужних прискорювачів нового покоління. Ці установки дозволять визначати границі ядерної стабільності та вивчати властивості ядер з досі невідомими протон-нейтронними пропорціями. Ще одним перспективним напрямом є дослідження властивостей нейтрино і слабкої взаємодії, пошуки «темної» матерії та розуміння її природи, перевірка стандартної моделі та пошук нової фізики поза нею у підземних експериментах. Такі дослідження

супроводжуються розвитком нових фізичних концепцій та моделей, що знаходять застосування не лише в ядерній фізиці, а й у таких галузях, як хімія, біологія, нанонауки та квантова інформація. Вони сприяють також значному просуванню в розумінні космосу.

Результати досліджень з ядерної фізики та фізики високих енергій дозволили отримати останніми роками важливі прикладні результати. Це насамперед прискорювачі іонів та електронів для терапії онкологічних захворювань (зокрема, синхротрони для нових напрямів у ядерній медицині: адронної терапії та просторово-фракціонованої на мікропучках синхротронного випромінювання терапії), позитрон-емісійна томографія, застосування радіоактивних ізотопів для діагностики та лікування різних хвороб, використання спеціалізованих прискорювачів для лікування раку і стерилізації медичних інструментів. Ці методи сьогодні широко застосовуються у дослідженнях в твердому тілі, енергетиці, демонструючи їх важливу міждисциплінарну роль, що приносить користь науці і суспільству.

Розв'язання завдань інноваційного розвитку України та її інтеграції до світового наукового простору можливе лише за умов забезпечення української науки передовою лабораторною базою. Україна, як і більшість країн світу, не має можливості будувати дуже коштовне лабораторне устаткування, тому існує єдиний шлях швидкого вирішення цієї проблеми. Це – розвиток та підвищення ефективності співпраці з передовими світовими науковими центрами, якими в фізиці високих енергій та ядерній фізиці є ЦЕРН (Швейцарія) та ОІЯД (Росія), GSI-FAIR (ФРН). Це дасть можливість розширити участь українських науковців у передових міждисциплінарних дослідженнях з фізики високих енергій, ядерної фізики, фізики елементарних частинок, радіохімії, біології та інформатики, в тому числі з використанням можливостей комп'ютерної мережевої технології ГРІД, шляхом участі у колабораціях, лабораторіях, наукових і навчальних програмах, експериментах, проєктах і тематичних планах ЦЕРН та ОІЯД, налагодити стажування та регулярні візити молодих українських науковців до цих центрів, що сприятиме тісній інтеграції українських науковців з європейською та світовою науковими спільнотами.

Обґрунтування необхідності розв'язання проблем програмним методом

Сучасні дослідження з ядерної фізики та фізики високих енергій потребують надзвичайно великих витрат, які на цей час жодна з країн світу не може собі дозволити. Тому створення міжнародних лабораторій, в яких сконцентровані інтелектуальні та фінансові можливості багатьох країн, стає символом часу і майбутнього. Найсучасніші масштабні наукові проєкти започатковуються сьогодні як міжнародні і до них запрошуються всі зацікавлені країни.

Сьогодні залишається очевидною виняткова роль таких міжнародних об'єднань, як ЦЕРН, FAIR та ОІЯД. Важливим є розширення участі установ

НАН України у їх діяльності. Це передбачає виконання спільних фундаментальних і прикладних досліджень, розроблення нового обладнання та технологій, забезпечення участі українських фахівців, у тому числі молодих дослідників, у реалізації проєктів та виконанні експериментів цих наукових центрів, а також у міжнародних конференціях, школах, семінарах, курсах тощо.

Для реалізації зазначених завдань необхідно застосувати програмно-цільовий підхід, який забезпечить збалансованість та послідовність прийняття рішень, відповідну розстановку пріоритетів і створення ефективного механізму координації робіт.

Слід зауважити, що висока складність теоретичних задач, пов'язаних з передбаченням результатів експериментів з зіткнення важких іонів та їхньої інтерпретації, спонукали міжнародну наукову спільноту до створення великих теоретичних колаборацій. Зокрема, протягом 2015–2016 рр. у США створено колаборацію EOS (Equation of State), в країнах Європейського Союзу виникла колаборація THOR (Theory of Hot Matter and Relativistic Heavy-Ion Collisions). Участь інститутів НАН України в таких колабораціях має стати одним із важливих завдань Програми.

Мета програми

Головною метою програми є подальший розвиток в установах НАН України фундаментальних досліджень з фізики високих енергій та ядерної фізики – галузях науки, де сьогодні серйозне просування вперед можливе тільки на шляху приєднання до визнаних міжнародних наукових колективів.

Концептуально Програма передбачає об'єднання зусиль усіх зацікавлених колективів НАН України та створення умов, які забезпечували б їхню участь у спільних наукових і технологічних проєктах провідних міжнародних лабораторій світу – ЦЕРН, FAIR, OJRD та ін.

Основними розділами Програми є:

- забезпечення високого рівня досліджень з фізики високих енергій та ядерної фізики, які виконуються установами НАН України, шляхом активної участі у наукових та технологічних проєктах ЦЕРН та інших колаборацій, зокрема у створенні нового колайдера CLIC та розробленні нових прискорювачів для адронної терапії;

- забезпечення участі українських науковців в організації та проведенні фундаментальних досліджень з фізики високих енергій щодо експериментального підтвердження ефектів, передбачених українськими фахівцями;

- забезпечення безпосередньої участі українських науковців в експериментах, які здійснює ЦЕРН (за умови наявності підтверджень з боку колаборацій про зацікавленість у співпраці з українськими партнерами);

- долучення українських науковців до проєктів Об'єднаного інституту ядерних досліджень (зокрема NICA), спрямованих на дослідження сильновзаємодіючої матерії, для формування фізичної програми яких українські фізики зробили суттєвий внесок;
- залучення академічних інститутів до проєктів FAIR (зокрема CBM, NUSTAR, PANDA, APPA та інші);
- залучення академічних інститутів до реалізації нової програми CERN з впровадження розробок у промисловості, медицині та інших галузях (KT FORUM);
- забезпечення обміну інформацією, підтримка подальшого розвитку ГРІД-технологій та інших інформаційних інновацій, зокрема хмарних технологій;
- підтримка заходів щодо підготовки молодих вчених за спеціальностями фізики високих енергій і ядерної фізики у нещодавно створеному Київському академічному університеті.

Очікувані результати виконання Програми

Головним результатом виконання Програми буде отримання нових теоретичних і експериментальних даних про будову і властивості ядерної матерії та участь українських науковців у виконанні досліджень світового рівня з найважливіших проблем фундаментальної фізики, у тому числі важливих відкриттів, які завжди супроводжують експерименти на найновітніших дослідницьких установах. Це забезпечить найкоротший шлях інтеграції української науки до світового наукового простору.

Крім вирішення безпосередньо сформульованих у цій Програмі завдань та здійснення нових відкриттів у фізиці високих енергій та ядерній фізиці можна очікувати, що реалізація Програми також спричинить розвиток інформаційних технологій, біології та ядерної медицини завдяки міждисциплінарному характеру міжнародних проєктів, що виконуються в ЦЕРН, FAIR та ОІЯД.

Розвиток співпраці з ЦЕРН, FAIR і ОІЯД, які мають інтенсивні та ефективні освітянські програми, забезпечить також підготовку фахівців високої кваліфікації різного рівня, суттєво допоможе популяризації знань з природничих наук. Широке коло міжнародних контактів цих наукових установ значно посилить інтенсивність дослідницької роботи в країні та конкурентоспроможність наукових програм національної наукової системи і системи освіти в багатьох галузях природничих наук.

Термін виконання Програми – 2021–2023 роки.