

**КИРИЛЛІН**

Ігор Володимирович — член-кореспондент НАН України, провідний науковий співробітник відділу електродинаміки високих енергій у речовині Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут»

**ФОМІН**

Сергій Петрович — кандидат фізико-математичних наук, провідний науковий співробітник відділу електродинаміки високих енергій у речовині Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут»

РОЗВИТОК МІЖНАРОДНОЇ СПІВПРАЦІ З ЄВРОПЕЙСЬКИМИ НАУКОВИМИ ЦЕНТРАМИ НА ПРИКЛАДІ СПІЛЬНОГО ПРОЄКТУ DESY І ННЦ ХФТІ «A CRYSTAL-BASED EXTRACTION FOR 6 GeV ELECTRONS AT DESY»

Активна співпраця між науковцями Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» (ННЦ ХФТІ) та співробітниками німецького наукового центру Deutsche Elektronen-Synchrotron (DESY) розпочалася після участі фізиків-теоретиків та експериментаторів ННЦ ХФТІ у XII Міжнародному симпозиумі «Radiation from Relativistic Electrons in Periodic Structures», який проводився у м. Гамбург (Німеччина) з 18 по 22 вересня 2017 р. Цей симпозиум відбувався на базі DESY. Кілька співробітників ННЦ ХФТІ виступили тоді з доповідями, присвяченими особливостям взаємодії швидких заряджених частинок з речовиною. Ці доповіді викликали великий інтерес, і через деякий час фахівців ННЦ ХФТІ запросили до DESY для проведення спільних експериментів. Участь в експериментах була успішною та сприяла подальшому розвитку співробітництва з DESY — було поставлено кілька нових експериментів, проведено спільний аналіз отриманих результатів.

У 2022 р. генеральний директор ННЦ ХФТІ академік НАН України Микола Федорович Шульга домовився з головою ради директорів DESY Хельмутом Дошем (Helmut Dosch) про проведення спільного онлайн-семінару між співробітниками DESY і наукових установ Харкова та Сум. Важливу роль в організації та проведенні цього семінару відіграв провідний науковий співробітник ННЦ ХФТІ кандидат фізико-математичних наук Сергій Петрович Фомін, який тоді перебував у Німеччині й долучився до спільних досліджень з DESY.

Під час роботи семінару вдалося окреслити низку наукових напрямів, цікавих для проведення спільних досліджень. За од-



Учасники Міжнародного симпозиуму «Radiation from Relativistic Electrons in Periodic Structures», м. Гамбург, Німеччина, 2017 р.

ним із цих напрямів було подано запит до Німецького дослідницького фонду — Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) на проведення спільної наукової роботи DESY та ННЦ ХФТІ. DFG підтримав запит, і у 2024 р. розпочався спільний науковий проєкт DESY — ННЦ ХФТІ «A Crystal-based Extraction for 6 GeV Electrons at DESY», керівниками якого є Сергій Петрович Фомін (з боку DESY) та член-кореспондент НАН України Ігор Володимирович Кириллін (з боку ННЦ ХФТІ). На превеликий жаль, на самому початку виконання цього проєкту пішов з життя його ініціатор, академік-секретар Відділення ядерної фізики та енергетики НАН України академік НАН України Микола Федорович Шульга.

Метою проєкту є проведення спільних експериментальних і теоретичних досліджень у галузі фізики взаємодії заряджених частинок високої енергії з речовиною, зокрема з орієнтованими кристалами. Одним з головних завдань, на вирішення якого спрямовано цей проєкт, є дослідження можливості використання орієнтованих вигнутих кристалів для виведення електронів з енергією 6 GeV з периферії пучка на прискорювачі DESY II. Ці дослідження ґрун-

туються на попередніх результатах М.Ф. Шульги та учасників проєкту [1—6].

Зокрема, виконання проєкту передбачає вирішення таких завдань:

- провести дослідження особливостей когерентного гальмівного випромінювання релятивістських електронів в аморфній та кристалічній мішені за енергій прискорювача DESY II з урахуванням впливу багатократного розсіювання та діелектричного пригнічення (поздовжній ефект густини) як на спектральні та спектрально-кутові розподіли випромінювання, так і на радіаційні втрати енергії електронів у цілому;
- розрахувати втрати енергії частинок на іонізацію атомів в орієнтованих кристалах з використанням комп'ютерного моделювання іонізаційних втрат частинок, що рухаються в режимах стохастичного відхилення та площинного каналювання у вигнутих кристалах кремнію;
- дослідити проходження пучка релятивістських електронів крізь орієнтований кристал за допомогою комп'ютерного моделювання з використанням моделі бінарних зіткнень частинок з атомами кристала і вивчити вплив некогерентного розсіювання релятивістських

електронів на теплових коливаннях атомів у вузлах кристалічної ґратки на стабільність руху частинок у режимі площинного та осьового каналювання.

Проект «A Crystal-based Extraction for 6 GeV Electrons at DESY» ще триває, але на сьогодні вже отримано низку важливих результатів.

На літо 2025 р. заплановано участь виконавців спільного проекту в експериментальних дослідженнях на прискорювачі в DESY.

Крім того, в 2024 р. в DESY відбувся науковий семінар, присвячений пам'яті Миколи Фе-

доровича Шульги, на якому його учні та колеги у своїх доповідях відзначали величезний внесок Миколи Федоровича у розвиток теорії взаємодії частинок високих енергій з речовиною.

Слід також додати, що минулого року професору Хельмуту Дошу за видатні наукові результати та значний внесок у розвиток співпраці між вченими наших двох країн було присвоєно звання почесного доктора Національної академії наук України, а на цьогорічних Загальних зборах НАН України його було обрано іноземним членом нашої Академії.

REFERENCES

1. Grinenko A.A., Shul'ga N.F. Turning a beam of high energy charged particles by means of scattering by atomic rows of a curved crystal. *JETP Lett.* 1991. **54**: 524—528.
2. Shul'ga N.F., Greenenko A.A. Multiple scattering of ultrahigh-energy charged particles on atomic strings of a bent crystal. *Phys. Lett. B.* 1995. **353**(2-3): 373—377. [https://doi.org/10.1016/0370-2693\(95\)00496-8](https://doi.org/10.1016/0370-2693(95)00496-8)
3. Kirillin I.V., Shul'ga N.F., Bandiera L. et al. Influence of incoherent scattering on stochastic deflection of high-energy negative particle beams in bent crystals. *Eur. Phys. J. C.* 2017. **77**: 117 (1–7). <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-017-4694-z>
4. Kirillin I.V. On the dependence of the efficiency of stochastic mechanism of charged particle beam deflection in a bent crystal on the particle energy. *Probl. Atom. Sci. Tech.* 2017. **109**(3): 67—71. https://vant.kipt.kharkov.ua/ARTICLE/VANT_2017_3/article_2017_3_67.pdf
5. Kirillin I.V. Optimal radius of crystal curvature for planar channeling of high-energy negatively charged particles in a bent crystal. *Phys. Rev. Accel. Beams.* 2017. **20**: 104401 (1–5). <https://doi.org/10.1103/PhysRevAccelBeams.20.104401>
6. Kyryllin I.V., Shul'ga N.F. Energy dependence of the efficiency of high-energy negatively charged particle beam deflection by planar channeling in a bent crystal. *Eur. Phys. J. C.* 2019. **79**: 1015 (1–6). <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-019-7517-6>

Igor V. Kyryllin

National Science Center “Kharkiv Institute of Physics and Technology”
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3625-7521>

Sergii P. Fomin

National Science Center “Kharkiv Institute of Physics and Technology”
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine;
Deutsche Elektronen-Synchrotron, Hamburg, Germany
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1495-0512>

DEVELOPMENT OF INTERNATIONAL COOPERATION WITH EUROPEAN SCIENTIFIC CENTERS ON THE EXAMPLE OF THE JOINT PROJECT OF DESY AND KIPT «A CRYSTAL-BASED EXTRACTION FOR 6 GeV ELECTRONS AT DESY»

Speech at the session of the General Meeting of the National Academy of Sciences of Ukraine, April 30, 2025

Cite this article: Kyryllin I.V., Fomin S.P. Development of international cooperation with European scientific centers on the example of the joint project of DESY and KIPT «A Crystal-based Extraction for 6 GeV Electrons at DESY» (speech at the session of the General Meeting of the National Academy of Sciences of Ukraine, April 30, 2025). *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2025. (6): 78—80. <https://doi.org/10.15407/vsn2025.06.078>