

A CRYOGENIC GAS-FILLED ION STOPPING CELL AS AN INSTRUMENT FOR EXPERIMENTAL STUDY OF HEAVIEST NUCLEI

V. Yu. Vedenev^{a,1}, *A. M. Rodin*^a, *L. Krupa*^{a,b,c},
A. M. Abakumov^a, *E. V. Chernysheva*^a, *A. V. Guliaev*^a,
A. V. Guliaeva^a, *P. Kohout*^{a,c}, *A. Kohoutova*^{a,c},
A. B. Komarov^a, *N. Yu. Kurkova*^{a,d}, *A. S. Novoselov*^a, *A. Opichal*^{a,c},
A. V. Podshibyakin^a, *V. S. Salamatin*^a, *S. A. Yukhimchuk*^a

^a Joint Institute for Nuclear Research, Dubna

^b Institute of Experimental and Applied Physics, Czech Technical University in Prague, Prague

^c Palacky University in Olomouc, Olomouc, Czech Republic

^d Dubna State University, Dubna, Russia

Mass measurement allows one to determine the full binding energy of the nucleus — the integral characteristic of all atomic and nuclear forces, which are key to solving fundamental problems in physics, including nuclear physics, astrophysics, the physics of fundamental interactions and symmetries, and neutrino physics. High-precision mass spectrometry could solve the problems of proton and neutron shells location in the nucleus (precision $\Delta M/M \sim 10^{-6}$), the study of the nuclei deformation phenomena, searching for the so-called “halo-nuclei”, the correct description of the heaviest elements formation during astrophysical r - and rp -processes of fast neutron and proton captures respectively (precision $\Delta M/M \sim 10^{-7}$).

For this reason, a new facility for the high-precision mass spectrometry of heaviest nuclei is being built at the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, JINR. It will include a new target block, gas-filled separator for the reaction products, a cryogenic gas-filled ion stopping cell (cryocell), a radio-frequency quadrupole transport system and a multi-reflection time-of-flight mass spectrometer (MR-TOF-MS). This setup could provide mass measurements with a precision of about $\Delta M/M \sim 10^{-7}$. The cryocell is one of its most crucial components. This is a powerful instrument for the fundamental research due to its high conversion coefficient of the fluxes of reaction products with heavy ions at energies of 5–10 MeV/nucleon into low-energy secondary beam and low extraction time. It could open the possibility to perform mass analysis of short-lived isotopes with a lifetime of 100 ms and more.

Измерение массы позволяет определить полную энергию связи в ядре — его интегральную характеристику всех атомных и ядерных сил, которые являются ключом для решения фундаментальных задач физики, включая ядерную физику, астрофизику, физику фундаментальных

¹E-mail: vvedeneyev@gmail.com

взаимодействий и симметрий, физику нейтрино. С помощью прецизионной масс-спектрометрии можно решить задачи расположения протонных и нейтронных оболочек в ядре (с относительной точностью $\Delta M/M \sim 10^{-6}$), изучения явления ядерной деформации и поиска так называемых гало-ядер, корректного описания процесса образования тяжелых элементов посредством астрофизических r - и rp -процессов быстрых захватов нейтронов и протонов соответственно (с точностью $\Delta M/M \sim 10^{-7}$).

Для этих целей в ЛЯР ОИЯИ строится новая экспериментальная установка для прецизионных измерений масс. Она будет включать в себя новый мишенный блок, газонаполненный сепаратор продуктов реакции, криогенную газонаполненную ячейку (так называемую криоячейку), радиочастотный квадрупольный транспортировочный канал и многоотражательный времяпролетный масс-спектрометр. Данная установка позволит проводить измерения масс ядер с точностью порядка $\Delta M/M \sim 10^{-7}$. Криоячейка является одной из самых важных частей планируемой установки. Это мощный инструмент для фундаментальных исследований ядер вследствие ее высокого коэффициента преобразования потока продуктов реакций с тяжелыми ионами с энергией 5–10 МэВ/нуклон в низкоэнергетический вторичный пучок и малого времени экстракции. В результате может быть открыта возможность для проведения масс-анализа для короткоживущих изотопов со временем жизни от 100 мс и выше.

PACS: 27.90.+b

Received on February 1, 2024.