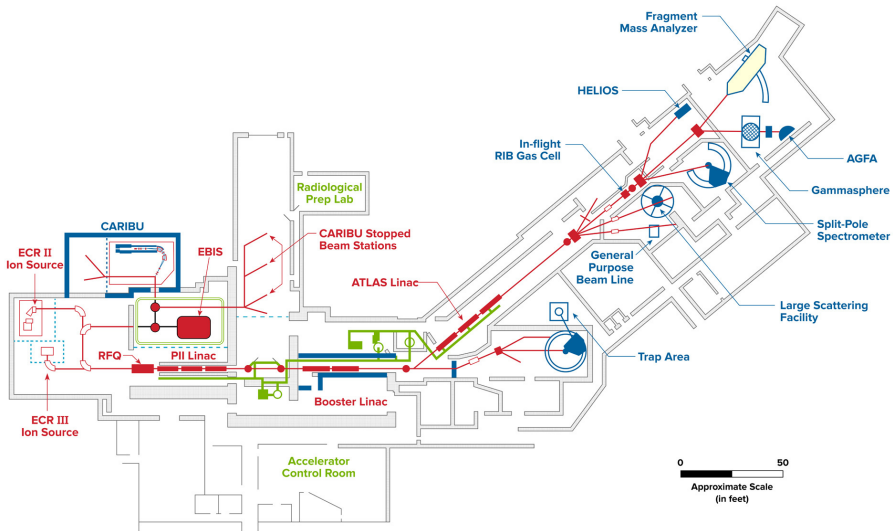


Argonne Tandem Linac Accelerator System – линейный ускоритель тяжелых ионов в Argonne National Laboratory (USA)

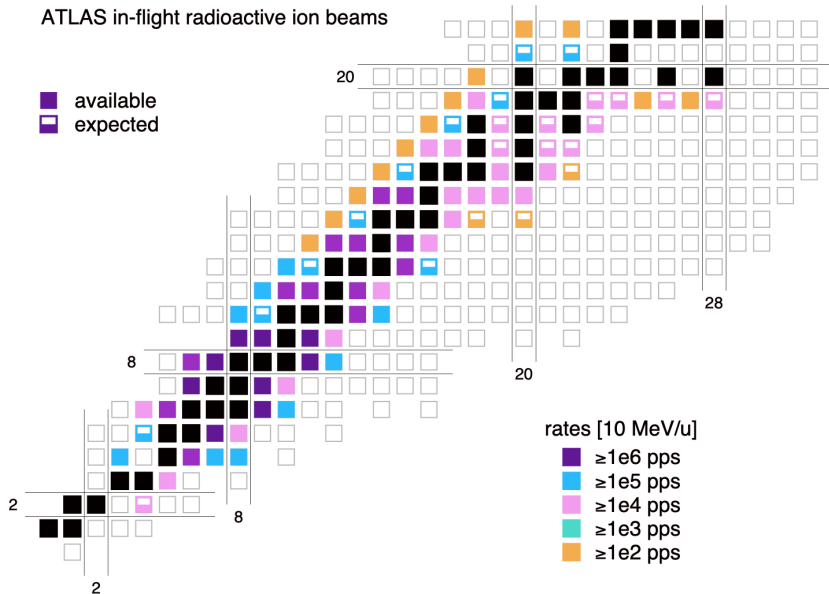
Керим Гусейнов

МГУ им. М. В. Ломоносова

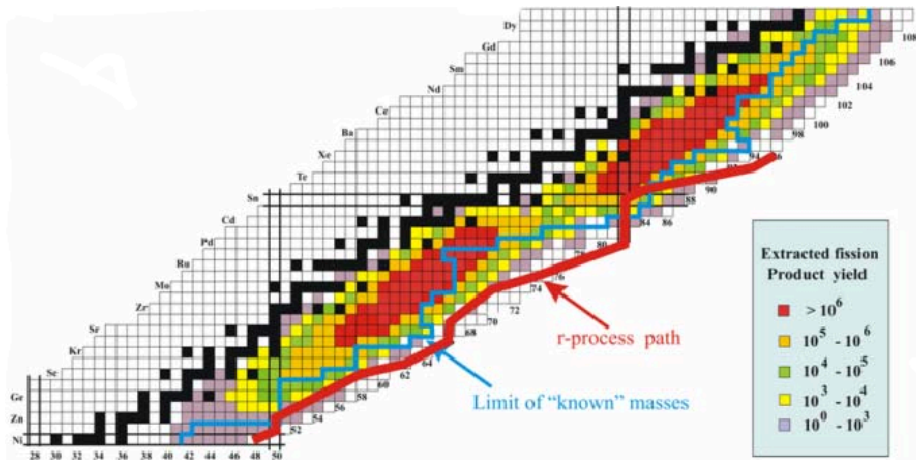
17 ноября 2021 г.

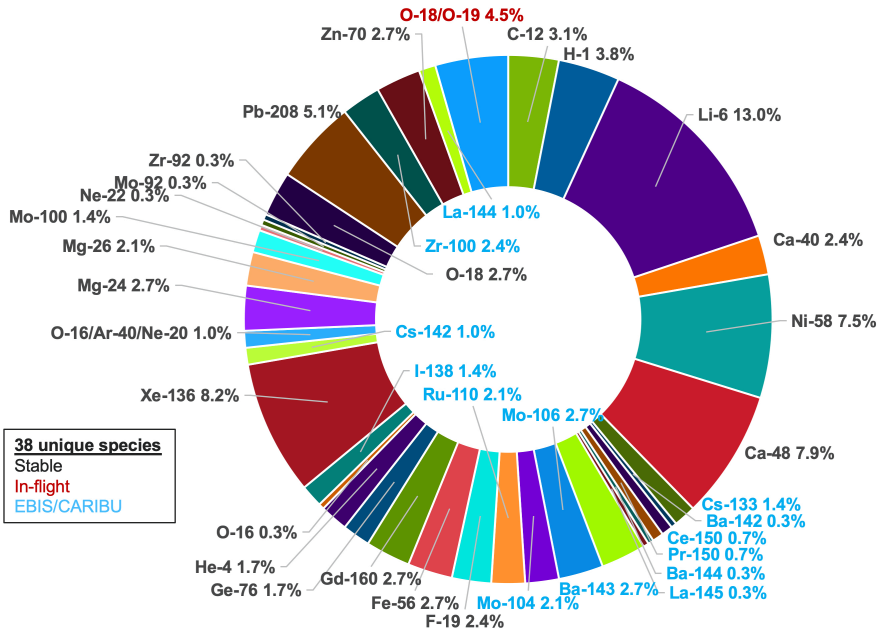


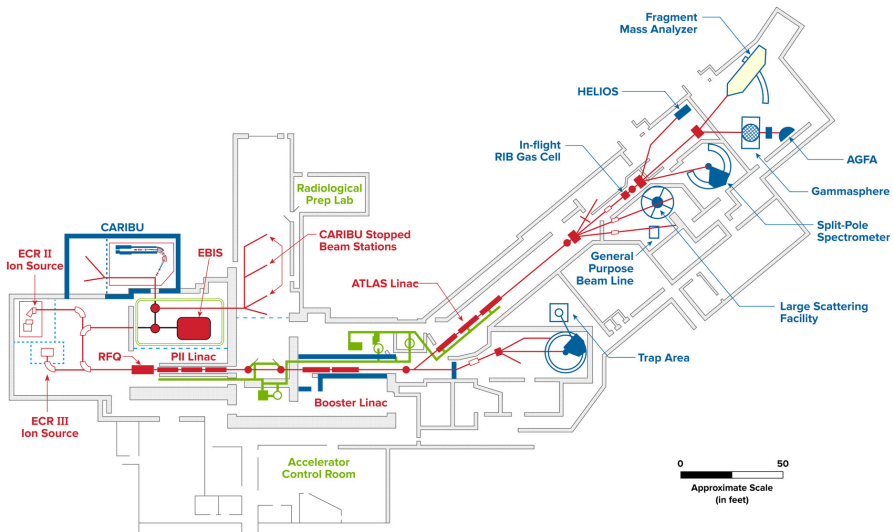
ATLAS in-flight radioactive ion beams



CARIBU – подача продуктов распада ^{252}Cf







Программа эксперимента. Структура ядер

- Сравнение свойств ядер $A < 20$ с вычислениями по модели оболочек.
- Исследование свойств нейтроноизбыточных ядер: изменения в структуре оболочек, спаривание, новые коллективные возбуждения.
- Изучение воздействия слабой энергии связи на ядра вблизи протонной радиоактивности: структура оболочек, деформация, радиоактивность. Особое внимание области $N = Z$ при $50 < A < 100$, а также вблизи ^{100}Sn .
- Изучение ядер с зарядом $Z > 100$ и проверка теорий, описывающих сверхтяжелые ядра.
- Изучение свойств ядер при больших спинах и энергиях возбуждения, включая взаимосвязь коллективных и одночастичных степеней свободы, поиск новых коллективных мод и их спектральных сигнатур по всей таблице, изучение зависимости плотности уровней от углового момента и температуры.

Программа эксперимента. Нуклеосинтез в звездах

- Измерение сечений реакций расширенного CNO-цикла.
- Измерение сечений (α, p) и (p, γ) реакций на пути rp -процесса.
- Измерение сечений реакций между тяжелыми ионами при энергиях, соответствующих горению в звездах.
- Изучение реакций, ответственных за образование ядер p -процесса.
- Изучение масс и свойств распадов ядер вблизи линии r -процесса, в частности, вблизи $N = 82, 126$ и в редкоземельном пике.

Программа эксперимента. Динамика вблизи кулоновского барьера

- Изучение подавления слияния при экстремальных подбарьерных энергиях, особенно в системах, актуальных для ядерной астрофизики.
- Влияние ядерной структуры (деформация, структура оболочек, диссипация и др.) на слияние, особенно для реакций, приводящих к ядрам с $Z > 100$.
- Влияние избытка нейтронов на ядерные реакции вблизи кулоновского барьера.

Программа эксперимента. Проверка симметрий природы

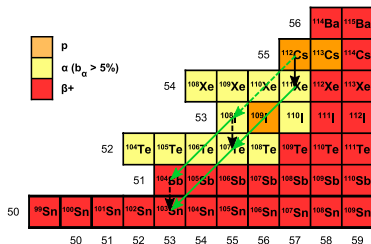
- Поиски возможных расширений Стандартной модели путем улучшения на порядок ограничений на скалярную, тензорную и правую компоненты электрослабых взаимодействий.
- Проверка гипотезы сохранения векторного тока и унитарности первого ряда матрицы Кабиббо-Кобаяши-Маскава путем изучения бета-распадов.
- Изучение спектров антинейтрино в распадах продуктов деления для определения природы видимой аномалии реакторных нейтрино, наблюдавшейся в экспериментах по осцилляции нейтрино.

Программа эксперимента. Приложения ядерной физики

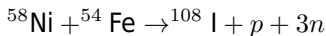
- Использование ускорительной масс-спектрометрии для изучения сечений захвата нейтронов различными изотопами, представляющими интерес для реакторной физики и ядерной астрофизики.
- Изучение свойств распада нейтроноизбыточных изотопов, важных для точного моделирования динамики в новых циклах ядерного топлива.
- Использование бомбардировки тяжелыми ионами для изучения повреждений материалов, рассматриваемых для передовых реакторов, и модификации сверхпроводящих материалов.
- Разработка новых способов образования отдельных изотопов для медицинских нужд.

- Proton decay of ^{108}I and its significance for the termination of the astrophysical rp -process. Phys. Lett. B 792, 187 (2019)
- Masses and β -Decay Spectroscopy of Neutron-Rich Odd-Odd $^{160,162}\text{Eu}$ Nuclei: Evidence for a Subshell Gap with Large Deformation at $N=98$. Phys. Rev. Lett. 120, 182502 (2018)
- Direct Evidence of Octupole Deformation in Neutron-Rich ^{144}Ba . Phys. Rev. Lett. 116, 112503 (2016)
- Precision Mass Measurements of Neutron-Rich Neodymium and Samarium Isotopes and Their Role in Understanding Rare-Earth Peak Formation. Phys. Rev. Lett. 120, 262702 (2018)
- Shape Coexistence and the Role of Axial Asymmetry in ^{72}Ge . Phys. Lett. B 754, 254 (2016)
- Modeling Multi-Nucleon Transfer in Symmetric Collisions of Massive Nuclei. Phys. Lett. B 771, 119 (2017)
- Reaction rate for carbon burning in massive stars Phys. Rev. C 97, 012801 (2017)

Proton decay of ^{108}I and its significance for the termination of the astrophysical rp -process

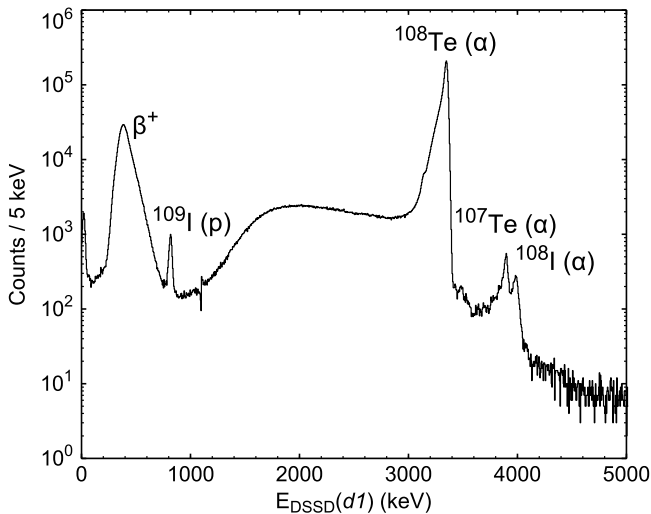


$^{112}_{55}\text{Cs}$ стабильнее $^{113}_{55}\text{Cs}$ и, возможно, $^{104}_{51}\text{Sb}$ стабильнее ожидаемого. Тогда именно через него идет путь rp -процесса. Для нахождения $Q_p(^{104}\text{Sb})$ ищется $Q_p(^{108}\text{I})$.

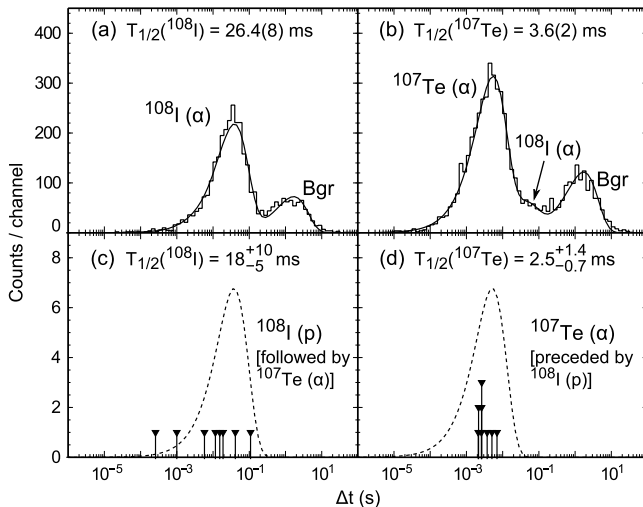


- Выделялись ионы с $A = 108$ и зарядом $+26, +27$.
- Рассматривались цепи событий попадание-распад и попадание-распад-распад в одном и том же пикселе кремниевого детектора.

Proton decay of ^{108}I and its significance for the termination of the astrophysical rp -process



Proton decay of ^{108}I and its significance for the termination of the astrophysical rp -process



Proton decay of ^{108}I and its significance for the termination of the astrophysical rp -process

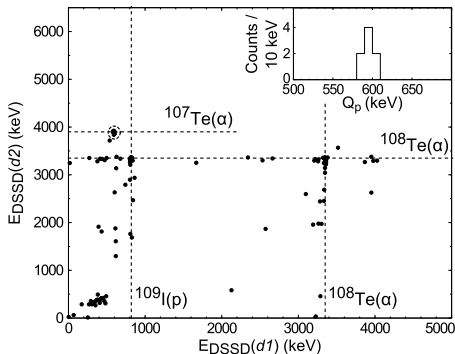


Fig. 4. Energy-energy correlation matrix for two subsequent decay events in R - $d1$ - $d2$ chains, when the R - $d1$ and $d1$ - $d2$ time differences are less than 130 ms and 18 ms, respectively. The inset provides the energy spectrum of the newly observed ^{108}I proton decay events, which are highlighted with a dashed circle in the main panel. Due to a high count rate in the DSSD and the long half-life, ^{108}Te α -decay events self-correlate randomly. The dashed lines mark the energies of selected, previously identified, charged-particle decay activities in this region.

Proton decay of ^{108}I and its significance for the termination of the astrophysical rp -process

Table 1

Q values, half-lives $T_{1/2}$, and mass excesses Δ obtained in the present study compared to the literature values.

Quantity	This work	AME2016 [31,38,39]	Other studies	
$Q_p(^{108}\text{I})$ (keV)	597(13)	600(110)	≥ 240	[19]
$Q_p(^{104}\text{Sb})$ (keV)	510(20)	510(100)	$\lesssim 600$	[26]
			≥ 150	[19]
			≤ 520	[19]
			$\lesssim 550$	[26]
$Q_\alpha(^{108}\text{I})$ (keV)	4097(10)	4100(50)	4099(5)	[26]
$Q_\alpha(^{107}\text{Te})$ (keV)	4007(10)	4008(5)	3982(16)	[40]
			4012(10)	[32]
$Q_\alpha(^{112}\text{Cs})$ (keV)	3940(20)	3930(120)	≥ 3830	[19]
			≤ 4210	[19]
			$\lesssim 3940$	[29]
$T_{1/2}(^{107}\text{Te})$ (ms)	3.6(2)	3.1(1)	$3.6^{+0.6}_{-0.4}$	[40]
			3.1(1)	[29]
$T_{1/2}(^{108}\text{I})$ (ms)	26.4(8)	36(6)	36(6)	[29]
$\Delta(^{104}\text{Sb})$ (MeV)	-59.17(8)	-59.17(12)		
$\Delta(^{108}\text{I})$ (MeV)	-52.65(8)	-52.65(13)		

- Использование CARIBU для получения и изучения нейтроноизбыточных ядер при низких энергиях.
- Модернизация сверхпроводников и увеличение максимальной энергии для получения новых радиоактивных изотопов на лету в реакциях с большой передачей импульса.
- Переход на сверхпроводники в источниках ионов для увеличения интенсивности пучков стабильных ядер и ядер, образующихся на лету.
- Создание генератора нейтронов и замена калифорния в CARIBU на тонкую фольгу из актинидов, которые будут испытывать вынужденное деление под действием нейтронов из генератора.
- Внедрить стабильные пучки в интервалы между пучками от CARIBU, что позволит увеличить время работы установки на 35-50%.