

B-19

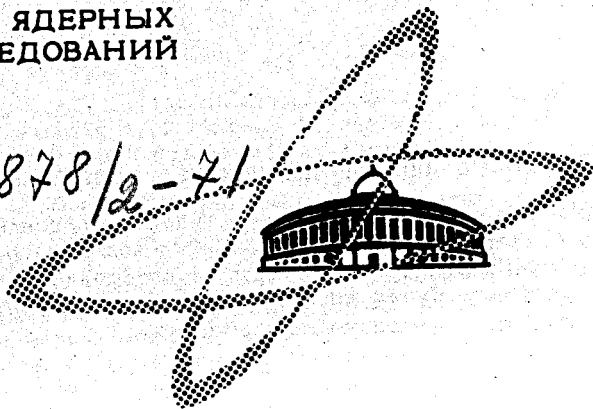
23/0111-71

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P6-5888

2878/2-71



А.Т. Василенко, И. Махунка, З. Матэ, Й. Надь,
В.М. Сороко, Н.С. Станчева, С.М. Станчев,
В.А. Уткин, Т. Фенеш

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО
МАСС-СЕПАРАТОРА
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
КОРОТКОЖИВУЩИХ ИЗОТОПОВ

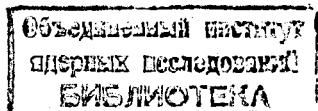
1971

P6-5888

А.Т. Василенко, И. Махунка, З. Матэ, Й. Надь,
В.М. Сороко, Н.С. Станчева, С.М. Станчев,
В.А. Уткин, Т. Фенеш

ПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО
МАСС-СЕПАРАТОРА
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
КОРОТКОЖИВУЩИХ ИЗОТОПОВ

Направлено в ЦТЭ



Василенко А.Т., Махунка И., Мате З., Надь Й., P6-5888
Сороко В.М., Станчева Н.С., Станчев С.М., Уткин В.А., Фенеш Т.

Приемное устройство масс-сепаратора для исследования
короткоживущих изотопов

Описывается устройство к масс-сепаратору для изучения короткоживущих изотопов. Изучаемый изотоп собирается на ленту-носитель вблизи фокальной плоскости и затем в течение 2-3 сек с точностью ± 1 мм переносится к детекторам. Обеспечивается возможность измерения спектра α -, β^\pm -, e^- - и γ -излучения с помощью спектрометров с поверхностно-барьерными Si , $Si(Li)$ и $Ge(Li)$ детекторами. Характеристики пучка масс-маркера измеряются во время разделения изотопов камерой Фарадея и вибрационным сканером.

Дается формула для определения места собирания изучаемой массы.

Препринт Объединенного института ядерных исследований.
Дубна, 1971

Vasilenko A.T., Mahunka I., Máté Z., Nad J., Soroko V.M.,
Stancheva N.S., Stanchev S.M., Utkin V.A., P6-5888
Fényes T.

Collector System of an Isotope Separator for
Investigating Short-Lived Isotopes

An apparatus to isotope separator for studying short-lived isotopes is described. The investigated isotopes are collected on a tape near the focal plane and then is transported to the detectors during 2-3 sec with an accuracy of ± 1 mm. There is a possibility for α -, β^\pm -, e^- - and γ -ray spectrum measurements with surface barrier Si , $Si(Li)$ and $Ge(Li)$ detectors. The characteristic properties of the mass marker beam are measured during separation with a Faraday chamber and a vibrational scanner. A formula is given for the calculation of the collection place of the investigated mass.

Preprint. Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna, 1971

1. Введение

В Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований (Дубна) ведутся ядерноспектроскопические исследования короткоживущих изотопов (программа ЯСНАПП). Мишени облучаются на выведенном пучке синхроциклотрона протонами с энергией 660 Мэв. Химическое выделение изучаемых продуктов реакции из мишени производится одновременно с облучением /1/ или после него. Химическую лабораторию и масс-сепаратор с залом ускорителя связывает пневмопочта /2/.

Изотопы выделенного элемента разделяются в масс-сепараторе, имеющем 55⁰-ый секторный электромагнит с радиусом 1,5 м. Масс-сепаратор типа " CERN " /3/ и его вспомогательные устройства описаны в сообщении /4/.

Целью настоящей работы было проектирование, изготовление и введение в действие приемного устройства, обеспечивающего быструю транспортировку радиоактивных изотопов с фокальной плоскости масс-сепаратора к ядерно-физическим спектрометрам. Изучаемые изотопы собираются на ленту-носитель и после окончания разделения в течение нескольких секунд транспортируются к детекторам. В дальнейшем будем называть эту систему транспортировки "быстрой". Остальные изотопы

попадают на пластинку, расположенную в свинцовой трубе. Эту пластинку можно извлечь из сепаратора через шлюз приблизительно за полминуты ("медленная" система транспортировки).

Схема экспериментального оборудования, использованного при изучении изотопов таллия с периодом полураспада несколько минут, показана на рис. 1.

II. Быстрая система транспортировки масс-сепаратора

Перспективное изображение приемного устройства представлено на рис.2.

На расстоянии A от места сбора изучаемого изотопа пробивается отверстие на ленте, затем, после окончания сепарации, лента приводится в движение. Остановка производится таким образом, что свет лампы, расположенной на расстоянии $B = A \pm \Delta A$ от детектора, попадает на фотодиод, который дает команду на останов ленты-носителя.

Рассматриваемое устройство во многих отношениях похоже на устройство, разработанное Г. Астнером и др. ^{/5/}, в котором в качестве носителя используется магнитная лента. Однако в нашем случае, кроме магнитной ленты, можно использовать и немагнитную, органическую ленту, покрытую тонким алюминиевым слоем. Это позволяет избежать накапливания заряда на ленте и случайного нагревания.

Влияние фонового излучения на детекторы небольшое, так как между пластинкой с собранными изотопами и детекторами существует свинцовая защита (см. рис. 2).

1) ОБЛУЧЕНИЕ И ХИМИЯ ON-LINE

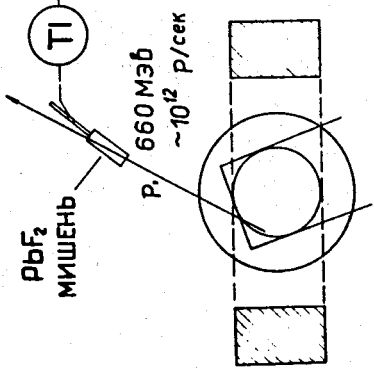
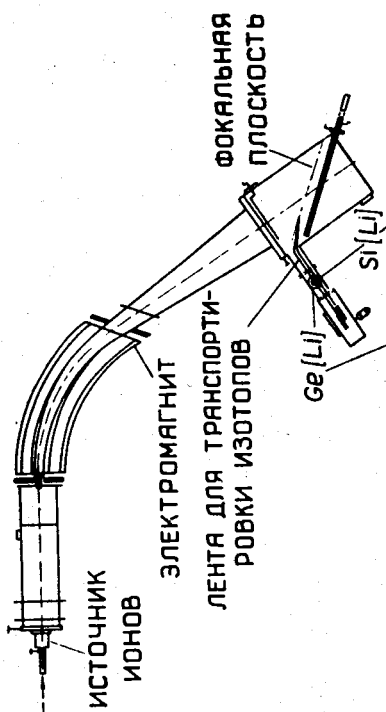
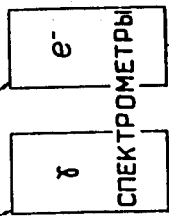


СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТА

2) РАЗДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПОВ



3) АНАЛИЗ СПЕКТРОВ



4) ОБРАБОТКА ДАННЫХ

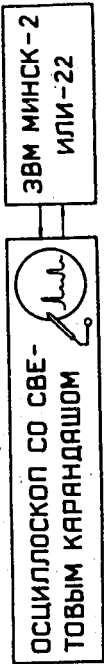


Рис. 1. Схема эксперимента при исследовании нейтронодефицитных изотопов таллия /1/.

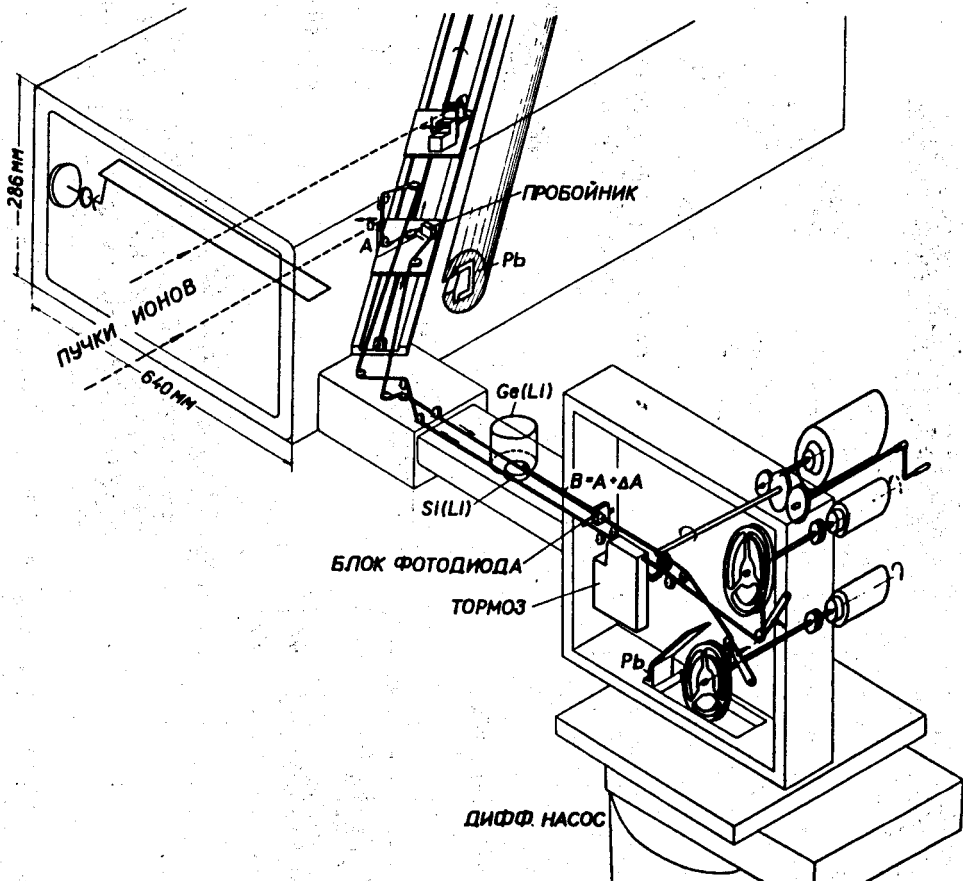


Рис. 2. Перспективное изображение приемного устройства масс-сепаратора.

II. А. Оборудование в приемной камере

Система быстрой транспортировки состоит из следующих узлов.

- 1) Направляющие для перемещения каретки вдоль фокальной плоскости.

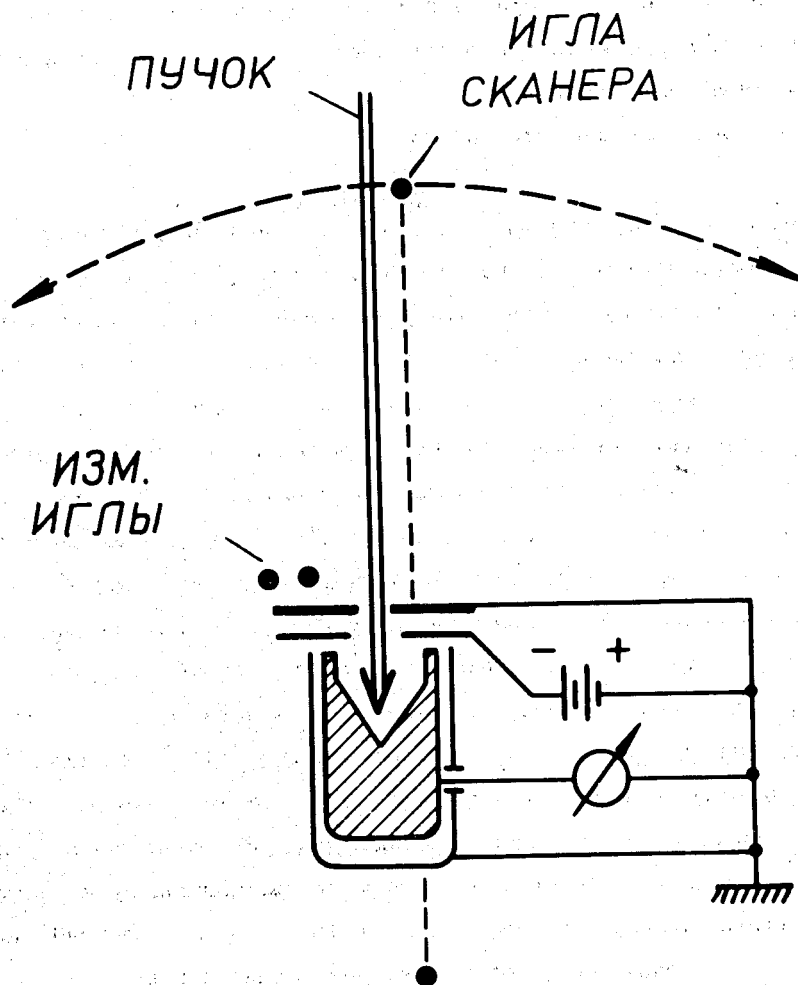


Рис. 3. Контроль пучка масс-маркера камерой Фарадея, вибрационным сканером и измерительной иглой.

2) Подвижная каретка с кронштейном. На кронштейне крепятся пробойник для нанесения марки на ленту и металлический флажок с электромагнитным управлением для защиты ленты от прожога во время настройки сепаратора на масс-маркере.

3) Неподвижная платформа, на которой установлены камера Фарадея, вибрационный сканер и измерительные иглы для калибровки шкалы масс, контроля разрешения и выхода, а также стабильности этих характеристик во время сепарации (см. рис. 3).

4) Заслонка для закрытия пучка.

Угол между направляющими и осью ионного пучка, а также положение подвижной каретки можно изменять без нарушения вакуума. Неподвижная платформа может быть установлена в любом положении относительно направляющих. Перестановка платформы осуществляется с нарушением вакуума. Приборы на подвижной и неподвижной каретках в случае необходимости можно поменять местами. Положение каретки и платформы отсчитывается по шкале, расположенной вдоль направляющих. Положение подвижной каретки можно определить также по счетчику, расположенному снаружи камеры. По экспериментальным данным, диаметр пучка вблизи фокальной плоскости в широкой полосе постоянен, поэтому нет необходимости в сдвиге направляющих вдоль пучка.

Сбор изучаемого изотопа производится на полиэфирную ленту, покрытую тонким слоем алюминия (производство США, *Minnesota Mining and Manufacturing Co*). Толщина ленты - $5,1 \text{ мг/см}^2$, ширина - $6,25 \text{ мм}$. Лента расположена на металлической пластинке. В случае необходимости можно использовать и обычную магнитную ленту. Ширина пучка изменяется диафрагмой, находящейся перед лентой. По данным измерений, проведенных на изотопах Pb , полуширина разделенного ионного пучка в плоскости коллектора равна $\sim 2,5 \text{ мм}$, а расстояние между соседними изотопами $\sim 14 \text{ мм}$ ^{1/}.

На основе работ Алмена и Бруса /6/, а также Андерссона и Рудстама /7/ можно сделать вывод, что при наших условиях эксперимента еще существует линейная зависимость между временем и количеством собранных на ленту ионов, т.е. практически нет потерь радиоактивного вещества из-за распыления.

Отрицательное напряжение на тормозящем электроде служит для отгалкивания вторичных электронов, образующихся в камере Фарадея. При измерениях абсолютного тока ионов значение напряжения надо выбирать так, чтобы оно соответствовало плато вольт-амперной характеристики при данной энергии и токе ионов масс-маркера /8,9/.

Вибрационный сканер - модель 516 фирмы "DANFYSIK" с электронной аппаратурой. Горизонтальная развертка осциллоскопа типа 25И управляется по фазе колебания сканера с периодом 18 гц, а на вертикальную ось дается усиленный сигнал ионного тока. Устройство показывает токи $\geq 10^{-8}$ А.

Иглы дают возможность измерения ионных токов изотопов элемента масс-маркера.

Путь пучков в передней части приемной камеры можно закрыть металлической заслонкой (см. рис. 2), что осуществляется без нарушения вакуума. Заслонка служит следующим целям:

- а) препятствует попаданию пучка на коллекторную пластинку, расположенную в свинцовой трубе, при выемке ее из камеры;
- б) позволяет производить измерение полного ионного тока, так как имеет изолированный вывод;
- в) позволяет осуществлять фракционную сепарацию (например, легколетучий загрязняющий элемент можно собирать на заслонку, а туголетучий - на ленту);
- г) помогает при измерении траекторий пучков (на заслонке можно вырезать серию щелей).

Для быстрой очистки поверхностей от радиоактивного загрязнения в необходимых местах установлены сменные алюминиевые фольги.

II В. Переходная и туннельная камеры

Переходная и туннельная камеры связывают приемную камеру с камерой для бобин. В переходной камере находятся ролики, направляющие ленту. Для удобства заправки ленты камера имеет открывающуюся боковую стенку. Система шторок предотвращает попадание света на $Si(Li)$ детектор.

К туннельной камере присоединяются сверху и снизу детекторы излучения (см. рис. 4).

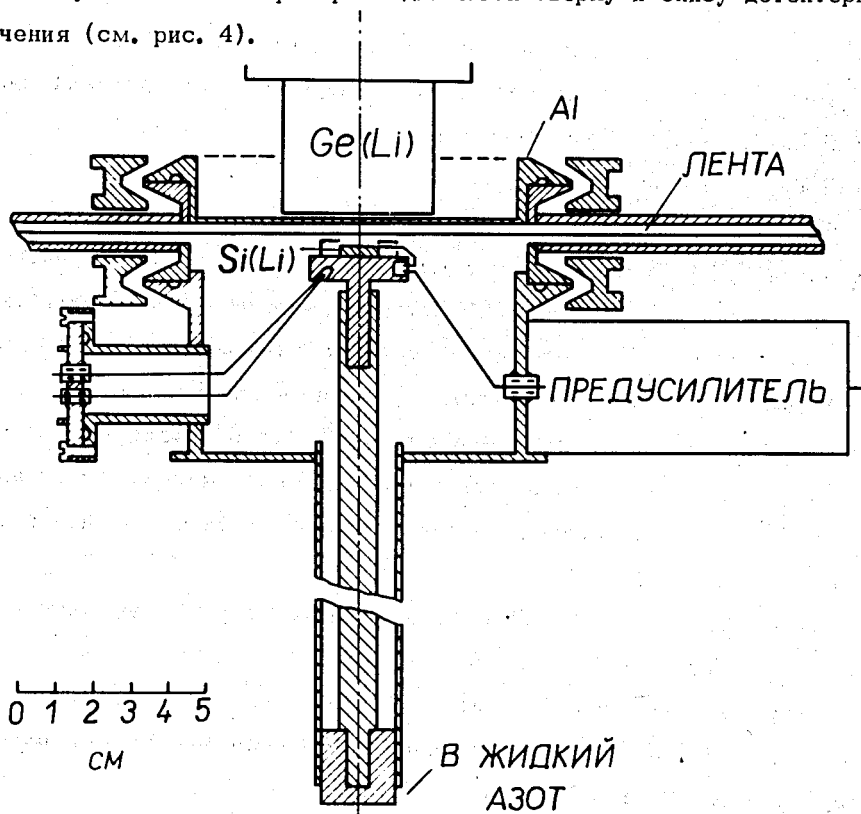


Рис. 4. Присоединение $Ge(Li)$ и $Si(Li)$ детекторов к туннельной камере.

В настоящее время есть возможность исследования α - , e^- , β^\pm - и γ - излучения, а также измерения различных совпадений, используя полупроводниковые детекторы. Туннельная камера присоединяется к соседним камерам при помощи болтового соединения, что легко позволяет установку дополнительных устройств.

$Si(Li)$ спектрометр можно применять и для измерений *off-line*. В этом случае источник вводится в камеру (к детектору) через шлюз (см. рис. 5А или 5С).

II. С. Камера для бобин

В камере для бобин расположены следующие узлы:

- 1) Блок фотодиода с подсветкой для обнаружения отверстия на ленте.
- 2) Блок лентодвижущего узла и тормоза.
- 3) Бобины с электромоторами.
- 4) Свинцовая защита, смотровое окно и т.д.

Остановка произойдет в тот момент, когда свет от лампочки-подсветки через отверстие, пробитое в ленте, попадет на фотодиод. Последний даст команду на срабатывание тормоза с одновременным отключением лентодвижущего узла. При пуске ленты прижимной ролик лентодвижущего узла прижимает ленту к вращающемуся валу ведущего двигателя с одновременным отключением тормоза (см. рис. 2). На бобинах установлены подмоточные двигатели, которые создают натяжение ленты в течение всей работы установки.

Работа установки управляется электронным устройством, блок-схема которого представлена на рис. 6.

Команду на пробивку отверстия можно подавать либо вручную, либо автоматически после каждой остановки. В последнем случае пробивка происходит через ≈ 2 сек после того, как фотодиод дал команду на

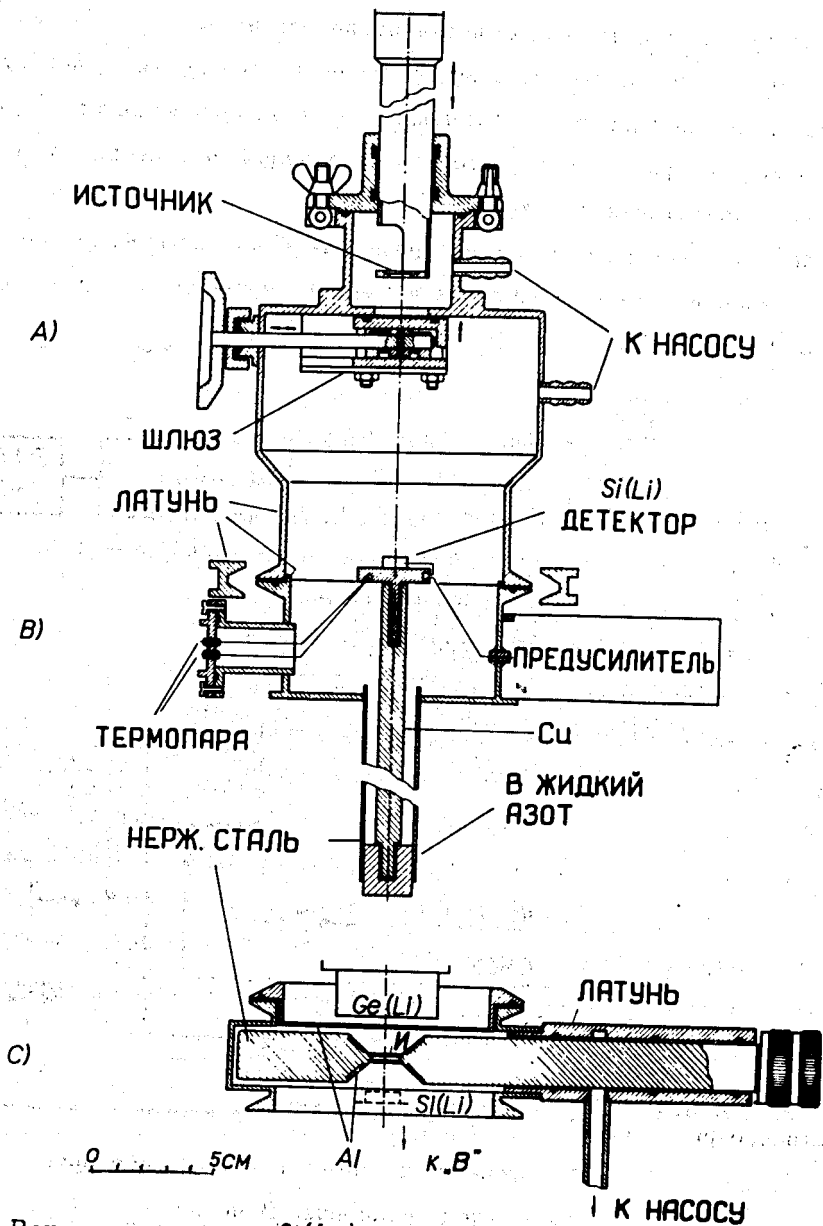


Рис. 5. Вакуумные камеры $Si(Li)$ детектора при измерениях. off - line. А) Шлюз для быстрого ввода источников. В) Вакуумная камера $Si(Li)$ детектора. С) Устройство для измерения совпадений. μ - источник.

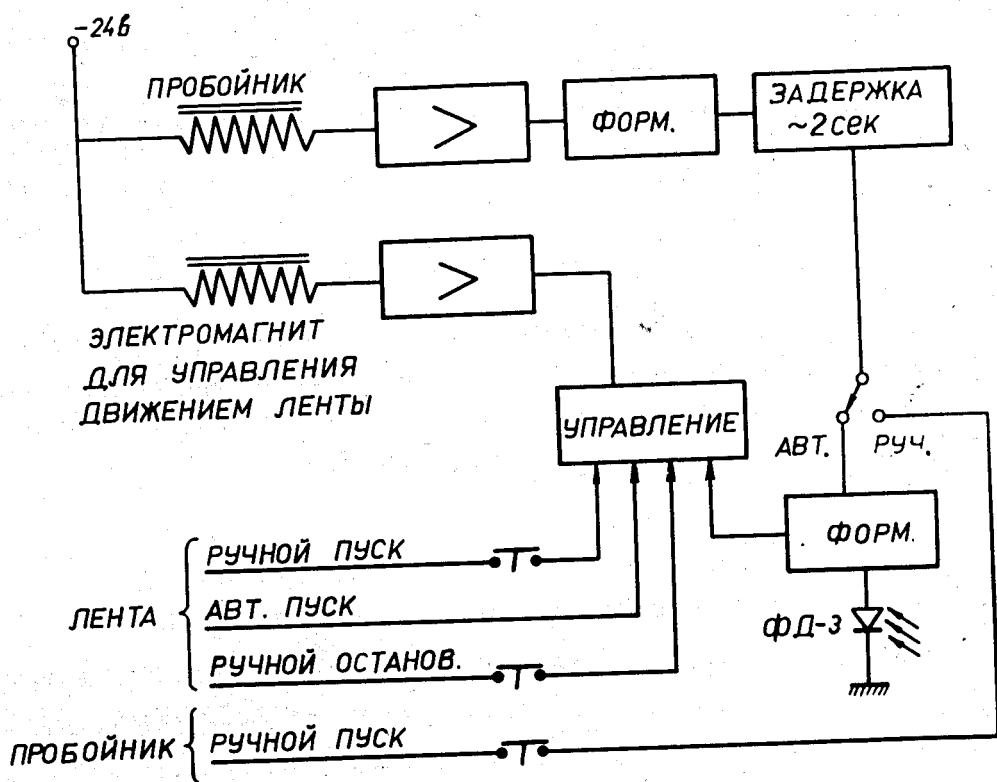


Рис. 6. Блок-схема электронных узлов лентодвижущего устройства и пробойника.

остановку. Пуск ленты происходит таким образом, что в блоке управления движением ленты узел триггера перебрасывается в проводящее положение. Обеспечен вывод для автоматического, периодически повторяющегося пуска из наружного электронного узла. Остановка ленты завершается сигналом фотодиода таким образом, что узел триггера устанавливается в первоначальное непроводящее положение. Возможна и ручная остановка ленты.

Устройство обеспечивает скорость движения ленты 300 мм/сек и точность остановки ± 1 мм. Время транспортировки активности - $2 + 3$ сек. В случае необходимости возможно изменение скорости движения. Устройство позволяет осуществлять движение ленты вручную.

Смотровое окно, находящееся на камере для бобин, во время опыта закрыто плотно от света.

II D. Вакуумное оборудование

Камера для бобин откачивается на высокий вакуум диффузионным насосом с жидко-азотной ловушкой со скоростью 350 л/сек. Форвакуумный насос - общий для системы масс-сепаратора. Измерительные головки высокого вакуума и форвакуума вмонтированы в верхнюю часть камеры для бобин.

III. Ядернофизическое использование приемного устройства

III.A. Оптимальное положение приемного устройства.

Траектория пучков. Калибровка шкалы масс.

Теоретическая фокальная плоскость расположена под углом $24,1^\circ$ к оси среднего пучка ^{/10/}. Однако вблизи теоретической фокальной плоскости пучок имеет в широкой полосе минимальный диаметр, благодаря

чему имеется возможность отрегулировать направляющие таким образом, чтобы сохранить линейную зависимость между перемещением вдоль направляющих (L_H) и величиной $X = \frac{M - M_0}{M_0} 100$, где M_0 - массовое число изотопа, принадлежащего средней линии камеры (т.е. $L_H = 401$ мм), а M - массовое число изучаемого изотопа. По результатам эксперимента эта зависимость наилучшим образом выполняется при угле 33° между направляющими и направлением среднего пучка. Тогда перемещение вдоль направляющих

$$L_H = [(26,5 \pm 0,1) x + 401] \text{ мм}$$

(см. рис. 7). Эта зависимость была составлена на основе одновременного определения траекторий пучков $^{106 \rightarrow 116} \text{Cd}$, $^{121, 123} \text{Sb}$, $^{124 \rightarrow 136} \text{Xe}$, а затем проверена на изотопах Tl и Pb .

Между миллиметровыми шкалами направляющих "быстрого" (L_H при угле 33°) и трубы "медленного" приемных устройств существует следующая зависимость:

$$L_T = [1,070 L_H + 29,6] \text{ мм.}$$

В области $x = \pm 15\%$ L_T можно определить с точностью $\pm 1,5$ мм в зависимости от x .

III. В. Ядернофизические измерения

Приемное устройство надежно работает уже более полугода; за это время с его помощью было снято многочисленное количество γ - и e^- -спектров. На рис. 8 показана часть спектра конверсионных электронов $^{190} \text{Tl}$ с периодом полураспада 3,4 мин.

Мы благодарны члену корреспонденту АН СССР В.П. Джелепову и доктору физико-математических наук К.Я. Громову за поддержку, доктору технических наук Г.И. Селиванову и Л.К. Богомоловой за

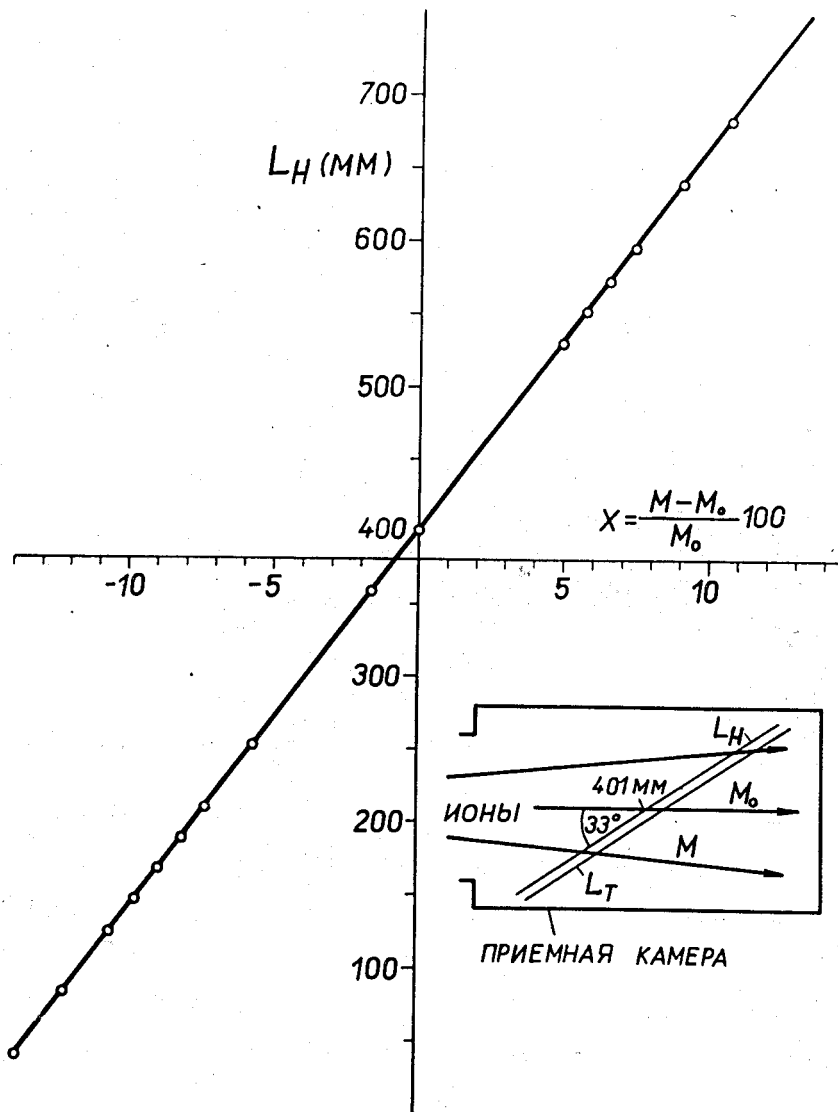


Рис. 7. Масс-калибровочная линия шкалы рельса приемного устройства.

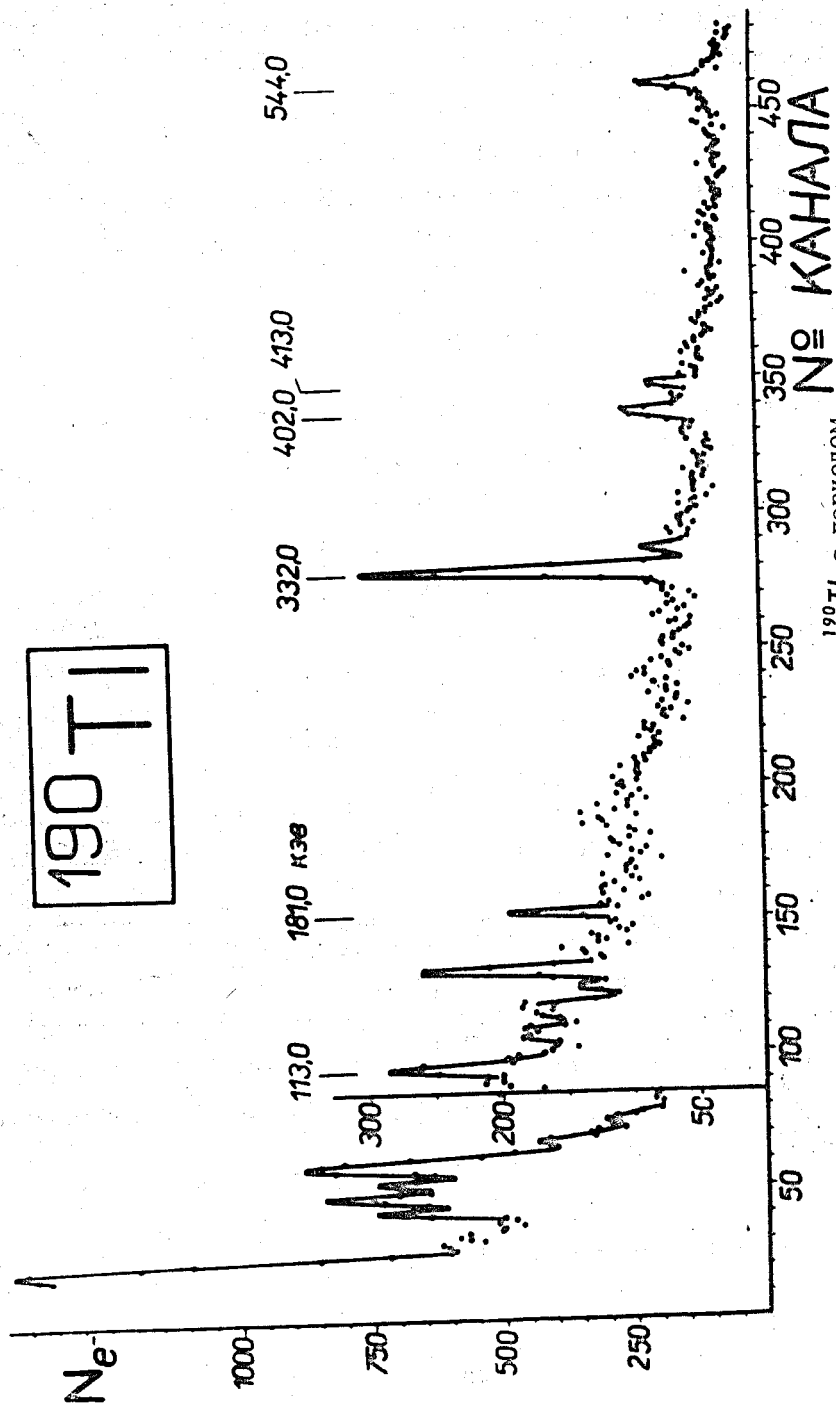


Рис. 8. Часть спектра конверсионных электронов ^{190}Tl с периодом полураспада 3,4 мин. Ионы таллия с энергией 40 кэВ были собраны на органическую ленту, покрытую тонким слоем алюминия. Источник транспортировался к $\text{Si}(\text{Li})$ детектору за 3 сек. Схема эксперимента показана на рис. 1. Числа над пиками показывают энергию электронов N_e — число электронных импульсов на канал в течение 6 мин.

помощь в проектировании, кандидату физико-математических наук В.И. Райко, кандидату химических наук Н.Г. Зайцевой, Я. Вандлику, Х. Тырроффу и А. Пиотровски за сотрудничество, а также коллективу сотрудников под руководством К.А. Байчера за изготовление быстрой системы транспортировки и Институту ядерных исследований ВАН, (Дебрецен, Венгрия) за изготовление $Si(Li)$ спектрометра.

Литература

1. T. Fényes, I. Mahunka, M. Mahunka, Z. Máté, A. Piotrowski, L. Trón, H. Tyrroff, J. Vandlik, N.G. Zaitseva. Proc. of Int. Conf. on the Prop. of Nuclei far from the Region of Beta-Stability, Leysin, Switzerland, 1970, CERN 70-30, v.2, 1081, Geneva, 1970.
2. Р. Арльт, В.А. Быстров, Г. Музиоль, П. Паатеро, Х. Штрусный, Препринт ОИЯИ, 13-3922, Дубна, 1968.
3. G. Andersson, H.E. Jørgensen, K.O. Nielsen. In the ISOLDE on-line Facility at CERN, Ed. A. Kjelberg, G. Rudstam, CERN 70-3, Geneva, 1970, p. 17.
4. А. Пиотровски, В.И. Райко, Х. Тыррофф. Тезисы докладов XXI ежегодного совещания по ядерной спектроскопии. Москва, 1971. Изд. Наука, Ленинград, 1971, часть вторая.
5. G. Astner et al., The ISOLDE Isotope Separator on-line Facility at CERN, Ed. A. Kjelberg, G. Rudstam, CERN 70-3, p.9, Geneva, 1970.
6. D. Almén, G. Bruce. Nucl. Instr. Meth., 11, 279 (1961).
7. G. Andersson, G. Rudstam. Nucl. Instr. and Meth., 29, 93 (1964).
8. M. von Ardenne. Tabellen zur Angewandten Physik, Berlin, 1962. VEB Deutscher Verlag der Wiss.

9. W. Huizenga. Nucl.Instr.Meth., 63, 109 (1968).
10. G. Andersson, B. Hedin, G. Rudstam. Nucl.Instr.Meth., 28, 245 (1964);
G. Rudstam, S. Sundell, G. Andersson. Nucl.Instr.Meth., 28, 255 (1964).

Рукопись поступила в издательский отдел
24 июня 1971 года.