

ГРАДУИРОВКА РОТОРНОГО ВОЛЬТМЕТРА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА ELIAS

*А.М. Астахов, Д.Ю. Баранков, В.Н. Борисенко, К.С. Кохнюк, В.И. Нога,
Ю.Н. Ранюк, О.С. Шевченко*

*Национальный научный центр “Харьковский физико-технический институт”,
г. Харьков, Украина*

Предложена процедура градуировки роторного вольтметра электростатического генератора Ван де Граафа с использованием реакции расщепления ядра бериллия и детектора нейтронов. Приведены результаты градуировки вольтметра генератора на 3.0 МэВ ELIAS, модель KS/3000.

В 2001 году в ННЦ ХФТИ был смонтирован и запущен в работу электростатический генератор на 3.0 МэВ ELIAS, модель KS/3000.

Его основные характеристики: энергия электронов 0.5...3 МэВ; ток пучка до 500 мкА; относительная точность роторного вольтметра 10...20 КэВ.

В настоящее время генератор используется для проведения исследований в области радиационного материаловедения. В ближайшем будущем на нем будут проводиться ядерно-физические эксперименты. Первые ядерные эксперименты будут посвящены изучению образования и распада ядерных изомеров. Для их проведения необходимо точное знание энергии пучка электронов.

Энергию электронного пучка электростатического генератора определяют посредством измерения напряжения на кондукторе, используя для этого роторный вольтметр. Роторный вольтметр не является абсолютным прибором и нуждается в градуировке, которая обычно осуществляется с помощью ядерных реакций с хорошо известным порогом. В случае работы с пучком электронов до 3 МэВ удобными являются реакции [1]:

Реакция	Пороговая энергия (МэВ)
${}^9\text{Be}(\gamma, n)$	1.665
$\text{D}(\gamma, n)$	2.225

Градуировочная характеристика роторного вольтметра компенсационного типа линейна, поэтому достаточно выполнить измерения для одной реакции (в одной точке).

Калибровка заключается в определении показания шкалы роторного вольтметра, соответствующего пороговой энергии выбранной ядерной реакции.

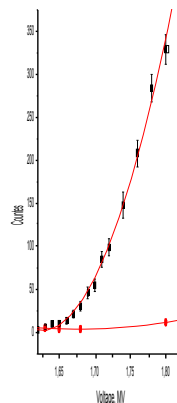
Практически процедура калибровки сводится к измерению зависимости выхода нейтронов калибровочной реакции от энергии пучка электронов [2].

Суть стандартной градуировки заключается в следующем. Образец бериллия (в нашем случае толщиной 3 мм) закрепляется в полиэтиленовом блоке. В том же блоке устанавливается активационный детектор, представляющий собой серебряную пластинку естественного изотопного состава толщиной 0.5 мм. Вся эта система (бериллий и серебро в полиэтиленовом стакане) размещалась на выходе ускорителя за конвертером из тантала толщиной 1.5 мм, в

котором пучок электронов трансформируется в поток тормозного излучения. В результате (γ, n) -реакции в Ве образуется поток нейтронов. Нейтроны замедляются в полиэтилене. В процессе поглощения медленных нейтронов ядра ${}^{107}\text{Ag}$ (распространенность 51.35%) превращаются в радиоактивный изотоп ${}^{108}\text{Ag}$ с периодом полураспада 2.3 мин. Бета-активность детектора определялась с помощью счетчика Гейгера-Мюллера.

Указанный способ калибровки является штатным для ускорителя ELIAS. Он имеет свои неудобства. После каждого облучения необходимо выключать генератор, переносить серебряный детектор к β -счетчику, затем, поставив новый детектор, приступить к измерению следующей точки.

Нами предложен и испытан более простой и быстрый способ калибровки, в котором непосредственно регистрируются фотонейтроны, образовавшиеся в бериллии. В опыте использовался детектор нейтронов СНМ-11 с твердым борным покрытием. Полученная нами градуировочная кривая представлена на рис. 1.



П

Рис. 1. Зависимость выхода нейтронов от напряжения на кондукторе электростатического генератора для реакции ${}^9\text{Be}(\gamma, n)$. Настоящая работа

На рисунке показаны экспериментальные точки, полученные при детектировании нейтронов, а также фоновые отсчеты, зафиксированные при работе генератора в отсутствие мишени бериллия на пучке.

Приведенные ошибки – статистические. Кривые на рисунке – результаты подгонки экспериментальных данных полиномами второй степени. Точка пересечения кривых определяет пороговую энергию (γ, n)-реакции в бериллии. В нашем случае она оказалась равной $(1,64 \pm 0,02)$ МэВ, что в пределах ошибок совпало с результатом калибровки штатным способом с использованием серебряного детектора $(1,65 \pm 0,02)$ МэВ, которую мы также провели.

Преимущество данного метода заключается в том, что измерения требуют значительно меньших затрат времени. Имеется возможность настройки измерительной аппаратуры таким образом, что работа проводится практически в бесфоновом режиме. Чувствительность метода очень велика, т.к. сечение взаимодействия тепловых нейтронов с ^{10}B более 3800 барн, что существенно больше сечения захвата нейтронов ядрами серебра.

Таким образом, калибровка роторного вольтметра электростатического генератора продемонстрировала правильность шкалы измерителя напряжения генератора ELIAS с относительной точностью $\pm 0,02$ кВ и абсолютной не хуже 0.05 кВ.

В заключение нам представляется уместным в связи с 75-летним юбилеем Национального научного центра «Харьковский физико-технический институт» (основан в 1932 году) вспомнить работу Кирилла Синельникова, Антона Вальтера, Василия Гуменюка и Анатолия Иванова, посвященную исследованию границы ядерного фотоэффекта для бериллия с помощью роторного вольтметра и выполненную в нашем институте в 1938 году [3]. В этой работе определялся порог реакции фоторасщепления бериллия, который получился равным (1.760 ± 0.015) МэВ. Причем измеритель напряжения считался проградированным.

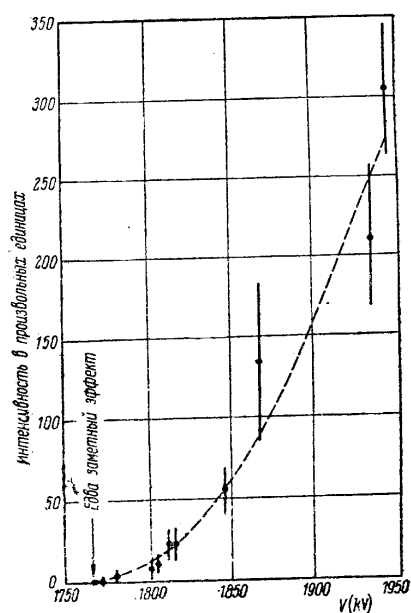


Рис. 2. Зависимость выхода нейтронов от напряжения на кондукторе электростатического генератора для реакции $^9\text{Be}(\gamma, n)$. Работа [3]

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А. Кравцов. *Массы атомов и энергии связи ядер*. М.: Атомиздат, 1965.
2. А.К. Вальтер, Ф.Г. Железняков, И.Ф. Малышев, Г.Я. Рошаль, А.Н. Сербинов, А.А. Цыгикало, С.П. Цитко. *Электростатические ускорители заряженных частиц*. М.: Атомиздат, 1963.
3. К.Д. Синельников, А.К. Вальтер, В.С. Гуменюк и А.В. Иванов. Исследование границы ядерного фотоэффекта для бериллия // *ЖЭТФ*. 1938, т.8, вып. 12, с. 1229–1233.

ГРАДУЮВАННЯ РОТОРНОГО ВОЛЬТМЕТРА ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО ГЕНЕРАТОРА ELIAS

*А.М. Астахов, Д.Ю. Баранков, В.Н. Борисенко, К.С. Кохнюк, В.И. Ноза,
Ю.Н. Раныук, О.С. Шевченко*

Запропонована процедура градуювання роторного вольтметра електростатичного генератора Ван де Граафа с використанням реакції розщеплення ядра берилію та детектора нейтронів. Наведені результати градуювання вольтметра генератора на 3.0 МэВ ELIAS, модель KS/3000.

THE ROTATING VOLTMETR OF THE ELECTROSTATIC GENERATOR ELIAS GRADUATION

*A.M. Astakhov, D.Yu. Barankov, V.N. Borisenko, K.S. Kohnyuk, V.I. Noga,
Yu. N. Ranyuk, O.S. Shevchenko*

Procedure of the electrostatic generator Van de Graaf the rotating voltmeter graduation with using of a nucleus beryllium desintegration reaction and the detector of neutrons is offered. Results of the 3.0 MeV generator ELIAS, model KS/3000 voltmeter graduations are given.