

Ядерная спектроскопия в Радиевом институте*

Б. С. ДЖЕЛЕПОВ, Н. Н. ЖУКОВСКИЙ, Р. Б. ИВАНОВ, В. П. ПРИХОДЦЕВА

УДК 543.42

В 1945 г. В. Г. Хлопин и П. И. Лукирский предложили Б. С. Джелепову начать в Радиевом институте работы по ядерной спектроскопии. Спустя некоторое время была создана лаборатория ядерной спектроскопии. Лаборатория всегда была небольшой — в ней никогда не было больше десяти физиков и двух радиохимиков. Тем не менее, за время своего существования ее сотрудники опубликовали 189 работ и 8 раз получали премии Радиевого института «За лучшую работу».

Три раза лаборатории удалось выйти на «передний край» ядерной спектроскопии: создать приборы, которые по каким-нибудь спектральным характеристикам были лучшими в мире и поэтому позволяли получать особенно ценную информацию. Ниже приводятся три группы работ, которые кратко иллюстрируют развитие ядерной спектроскопии в целом.

В первый раз это были магнитные спектрометры для γ -лучей: «ритрон» (1948 г. [1]) и «элотрон» (1953 г. [2]). В первые десятилетия после открытия радиоактивности не было методов для изучения спектров жестких γ -лучей. Первая работа по γ -спектроскопии была выполнена в 1927 г. Д. В. Скобельцыным [3]. В камере Вильсона, помещенной в магнитное поле, изучался спектр комптоновских электронов, выбитых из атомов газа жесткими γ -квантами. Источником служил радий, находившийся в равновесии со своими продуктами распада. На рис. 1, а изображен γ -спектр радия, полученный Д. В. Скобельцыным.

В работах Радиевого института также анализировались спектры электронов отдачи, которые выбивались из тонких полистироловых пленок. Для анализа была использована уточ-

ненная двухкратная фокусировка электронов в магнитном поле и электрическая регистрация совпадений. С 1950 по 1966 год при помощи γ -спектрометров «ритрон» и «элотрон» были изучены γ -спектры более 30 радиоактивных изотопов [4—9]. В то время это были лучшие γ -спектры. Спектр γ -лучей радия имел вид, изображенный на рис. 1, б. [9].

В последние годы γ -спектроскопия получила дальнейшее развитие: появились сцинтилляционные, а затем и Ge(Li)-спектрометры. На рис. 1, в приводится γ -спектр радия, измеренный в 1969 году Лингеманом и др. [10]. Таким образом, рис. 1, а — в наглядно демонстрируют развитие техники γ -спектроскопии за последние 45 лет.

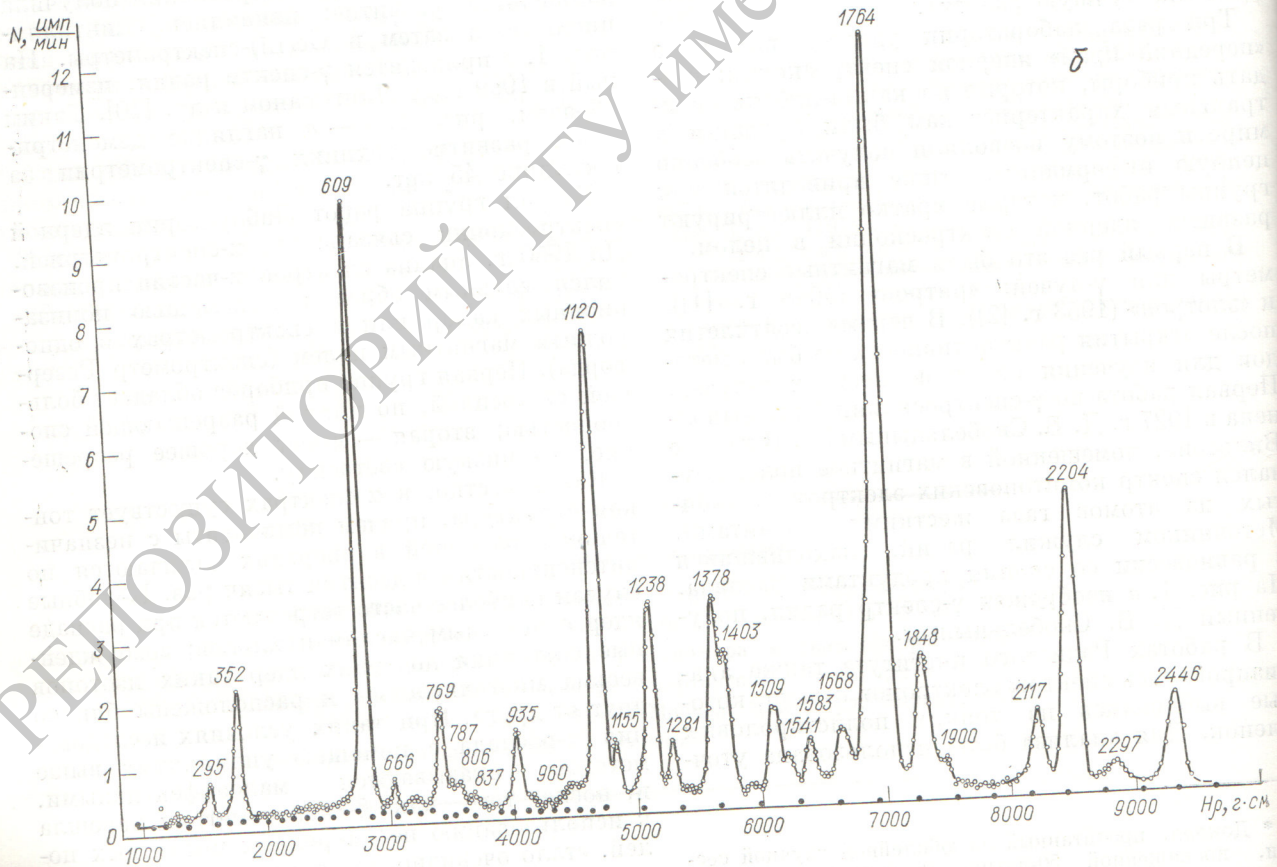
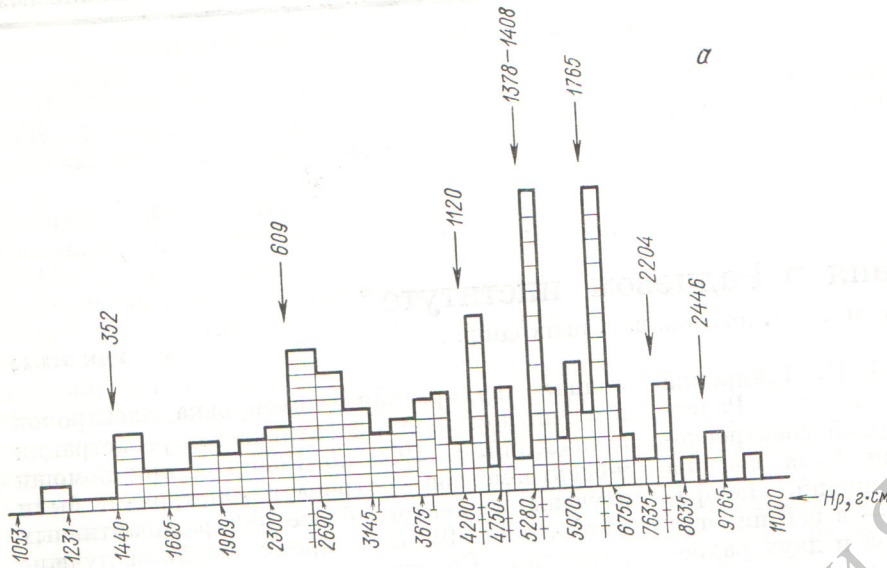
Вторая группа работ Лаборатории ядерной спектроскопии связана с α -спектроскопией. До 1950 г. анализ спектров α -частиц производился главным образом с помощью ионизационных камер или в спектрометрах с однородным магнитным полем (спектрометр Резерфорда). Первая группа приборов обладает большой светосилой, но плохой разрешающей способностью; вторая — имеет хорошее разрешение, но низкую светосилу.

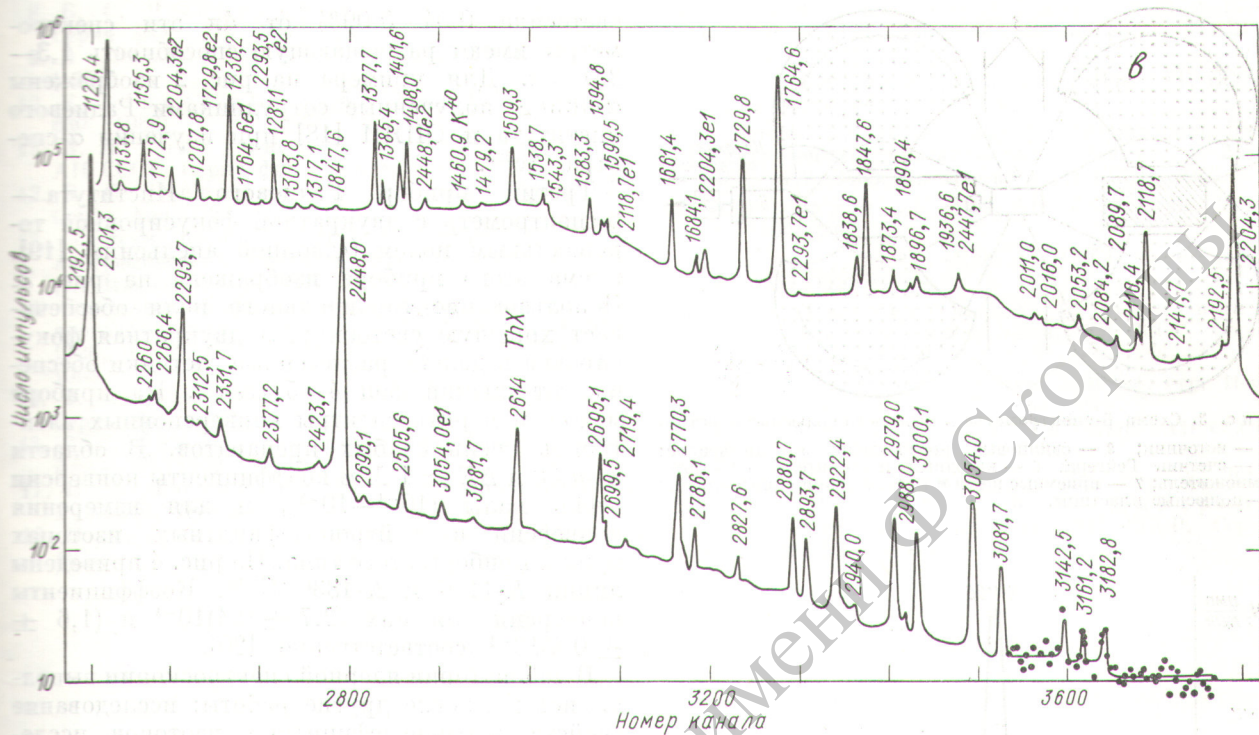
Как известно, в α -спектрах существует тонкая структура, причем компоненты с незначительной разницей в энергиях отличаются по интенсивностям в десятки тысяч раз. Подобные случаи наиболее часто встречаются при распаде ядер с нечетным числом нуклонов; возбужденные состояния дочерних ядер таких изотопов весьма многочисленны и расположены близко друг от друга. При таких условиях исследования α -распада с помощью упомянутых выше методов оказываются малоэффективными, и, после того как β -спектроскопия перешла к использованию неоднородных магнитных полей, стало очевидно, что такой переход следует осуществить и в α -спектроскопии. Применение принципа фокусировки заряженных частиц

* Доклад, прочитанный на юбилейной научной сессии, посвященной 50-летию Радиевого института (январь 1972 г.).

Рис. 1. Спектр γ -квантов Ra^{226} , находящегося в равновесии с продуктами распада:

а — спектр, полученный Д. В. Скобельцыным в 1927 г. [3] по электронам отдачи в камере Вильсона; б — спектр, измеренный на элотроне в Радиовом институте [9] в 1958 г.; в — спектр, измеренный с помощью Ge(Li)-детекторов Лигеманом и др. [10] в 1969 г.





в неоднородном магнитном поле позволяло в десятки раз увеличить светосилу приборов, сохраняя высокую разрешающую способность.

Первый прибор был построен группой Л. Л. Гольдина в 1956 году [11]. С помощью этого прибора было получено много интересных результатов, однако спектрометр имел небольшую светосилу, и поэтому на нем оказалось трудно изучать слабые α -линии. Поэтому надо было создать приборы с большей светосилой и с большими радиусами равновесной орбиты.

В 1959 году в Радиовом институте был построен α -спектрометр, рассчитанный на максимальную светосилу при полуширине линии ~ 7 кэв. Он имел радиус равновесной орбиты 33,5 см и светосилу 0,21% от 4π [12]. На этом приборе были изучены спектры изотопов Sm²⁴²⁻²⁴⁶, Pu²³⁹⁻²⁴¹, U²³³ и Ac²²⁵ и его дочерних продуктов [13, 14, 15].

В 1959 г. С. А. Баранов и др. [16], а затем в 1967 году В. Г. Чумин и др. [17] построили α -спектрометры с $R \approx 150$ см. При-

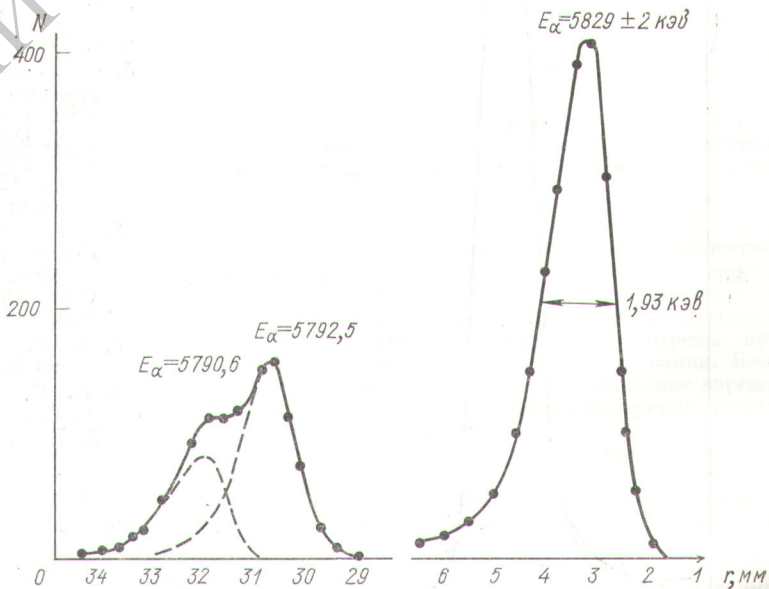


Рис. 2. Участок γ -спектра Ac²²⁵ с α -переходами 5790,6 и 5792,5 кэв (r — расстояние на фотопластинке; N — число α -трегов в полосе 400 мм).

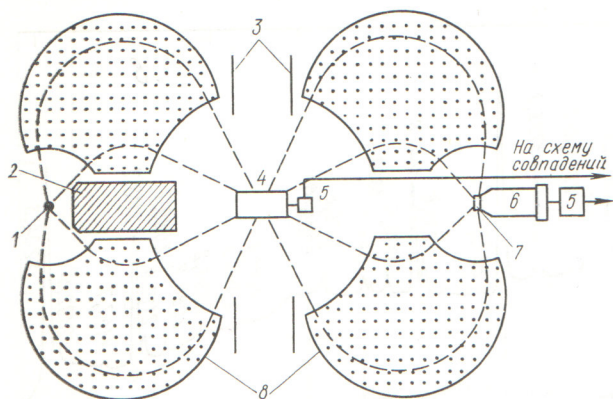


Рис. 3. Схема β -спектрометра в плоскости полюсных пластин: 1 — источник; 2 — свинцовый поглотитель; 3 — диафрагма; 4 — счетчик Гейгера; 5 — катодный повторитель; 6 — фотомножитель; 7 — приемные щели и пластический сцинтиллятор; 8 — полюсные пластины.

светосиле 0,04—0,09% от 4л эти спектрометры имеют разрешающую способность 1,3—2,0 кэв. Для примера на рис. 2 изображены α -линии, полученные сотрудниками Радиового института и ОИЯИ [18] при изучении α -спектра As^{225} .

Третий прибор Радиового Института — β -спектрометр с двукратной фокусировкой тороидальным полем («двойной апельсин») [19]. Схема этого прибора изображена на рис. 3. Использование тороидального поля обеспечивает хорошую светосилу, а двукратная фокусировка и далеко разнесенные счетчики обеспечивают низкий фон 4—5 совп/ч. На приборе можно измерять спектры конверсионных электронов очень слабых препаратов. В области $Z = 30$ и $\Delta E \cong 1$ Мэв коэффициенты конверсии очень малы (10^{-4} — 10^{-5}), и для измерения конверсии в нейтронодефицитных изотопах нужны приборы этого типа. На рис. 4 приведены линии K-1106 и K-1336 Ga^{69} . Коэффициенты конверсии для них $(2,7 \pm 0,4)10^{-4}$ и $(1,6 \pm 0,4)10^{-4}$ соответственно [20].

В лаборатории ядерной спектроскопии выполнялись и многие другие работы: исследование свойств нейтронодефицитных изотопов, исследование аннигиляции и др. [21—29].

Поступил в Редакцию 14/VII 1972 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. С. Д желепов, М. Л. Орбели. «Докл. АН СССР», 62, 615 (1948).
2. Б. С. Д желепов и др. «Изв. АН СССР. Серия физ.», 17, 518 (1953).
3. D. Skobelzun. Z. Phys., 43, 354 (1927).
4. Советские работы по ядерной спектроскопии. Библиографический указатель 1917—1960 гг., № 976, 1091, 1095, 1103, 1106, 1120, 1127, 1128, 1132, 1160, 1161, 1181, 1208, 1211—1215, 1253, 1255, 1259, 1270, 1278, 1290, 1294, 1372, 1377, 1385, 1422, 1538, 1559, 1561, 1573, 1576, 1587, 1645, 1646, 1678, 1696. Л., Изд-во БАН СССР, 1965.
5. Советские работы по ядерной спектроскопии. Библиографический указатель 1961—1965 гг., № 1400, 1405, 1407, 1455, 1468, 1495, 1535, 1536, 1546, 1555, 1670, 1694. Л., Изд-во БАН СССР, 1968.
6. Б. С. Д желепов и др. «Изв. АН СССР. Серия физ.», 30, 403 (1966).
7. Б. С. Д желепов, Н. Н. Жуковский, А. Г. Малоян. «Ядерная физика», 1, 941 (1965); 3, 785 (1966).

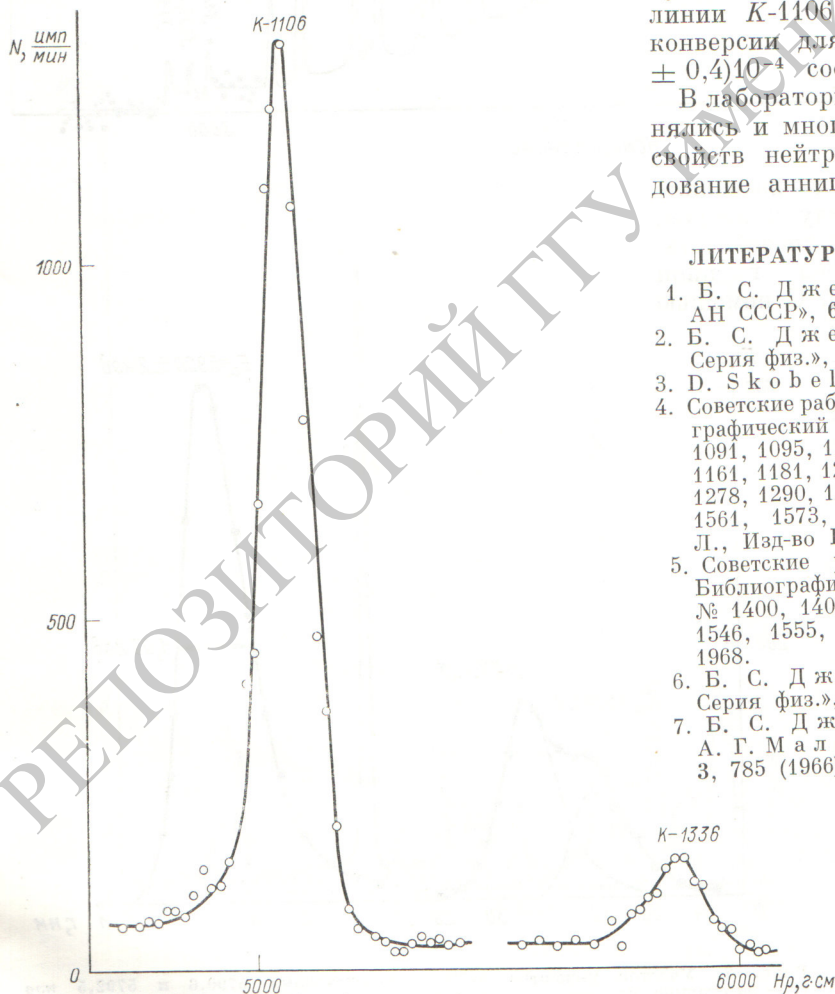


Рис. 4. Конверсионный спектр Ge^{69} .

8. Б. С. Дзелепов и др. «Изв. АН СССР. Серия физ.», 30, 394, 1265.
9. В. D z e l e r o w et al. Nucl. Phys., 8, 250 (1958).
10. E. L i n g e m a n et al. Nucl. Phys., A 133, 630 (1966).
11. Л. Л. Гольдин, Е. Ф. Третьяков. «Изв. АН СССР. Серия физ.», 20, 859 (1956).
12. Б. С. Дзелепов и др. «Изв. АН СССР. Серия физ.», 23, 782 (1959).
13. Советские работы по ядерной спектроскопии. Библиографический указатель 1917—1960 гг., № 1717. Л., Изд-во БАН СССР, 1965.
14. Советские работы по ядерной спектроскопии. Библиографический указатель 1961—1965 гг., № 946, 1726, 1748, 1761—1763. Л., Изд-во БАН СССР, 1968.
15. Б. С. Дзелепов и др. «Изв. АН СССР. Серия физ.», 31, 151 (1967).
16. С. А. Баранов и др. «Изв. АН СССР. Серия физ.», 23, 1402 (1959).
17. Н. А. Головков и др. Препринт ОИЯИ Р13-3340, Дубна, 1967.
18. Н. А. Головков и др. «Ядерная физика», 1972.
19. Б. С. Дзелепов, П. А. Тишкин, И. А. Шишелов. «Изв. АН СССР. Серия физ.», 29, 2157 (1965).
20. Б. С. Дзелепов и др. «Изв. АН СССР. Серия физ.», 34, 1610 (1970).
21. Советские работы по ядерной спектроскопии. Библиографический указатель 1917—1960 гг., № 2456, 2460, 2462, 2463. Л., Изд-во БАН СССР, 1965.
22. Я. Врзал и др. «Изв. АН СССР. Серия физ.», 31, 1660 (1967).
23. Я. Врзал и др. «Изв. АН СССР. Серия физ.», 31, 1647 (1967).
24. Б. С. Дзелепов, А. Г. Дмитриев, Н. Н. Жуковский. «Изв. АН СССР. Серия физ.», 33, 14 (1969).
25. Б. С. Дзелепов и др. Там же, стр. 1650.
26. Я. Врзал и др. Там же, стр. 7.
27. Б. С. Дзелепов и др. «Изв. АН СССР. Серия физ.», 34, 29 (1970).
28. Б. С. Дзелепов и др. Там же, стр. 2067.
29. Б. С. Дзелепов, А. Г. Дмитриев, Н. Н. Жуковский. «Изв. АН СССР. Серия физ.», 35, 2257 (1974).

БИБЛИОГРАФИЯ

Новые книги

Э. Е. Берлович, С. С. Василенко, Ю. Н. Новиков. **Времена жизни возбужденных состояний атомных ядер.** Л., «Наука», 1972.

В книге рассматриваются различные аспекты, связанные с изучением времен жизни возбужденных состояний ядер. В ней анализируется вопрос о том, какое место во временных масштабах происходящих в природе процессов занимают ядерные превращения, и в частности электромагнитные переходы в ядрах. Приведены теоретические соотношения, необходимые для расчета парциальных вероятностей электромагнитных переходов, и рассмотрены основные теоретические формулы для вероятностей переходов в различных ядерных моделях. Изложены принципы прямых и косвенных экспериментальных методов измерения времен жизни уровней, и рассмотрены основные аспекты и перспективы в исследованиях. Систематизированы экспериментальные данные, накопленные по временам жизни уровней к началу 1970 г. Эти данные представлены в виде таблицы.

Книга рассчитана на специалистов в области ядерной физики.

А. П. Комар, С. П. Круглов, И. В. Лопатин. **Измерение полной энергии пучков тормозного излучения от электронных ускорителей.** Л., «Наука», 1972.

Монография представляет собой первое в отечественной литературе систематическое изложение методов измерения полной энергии пучков тормозного излучения от электронных ускорителей. Дана сравнительная характеристика этих методов и рассмотрены пути их дальнейшего развития и совершенствования. Большое место отведено квантометрам — наиболее перспективным приборам для абсолютного измерения энергии пучков тормозного излучения.

В приложении даны новейшие таблицы коэффициентов ослабления γ -излучения в диапазоне энергий 10 кэв — 100 Гэв, а также энергетических потерь и пробегов электронов в различных веществах при энергиях 10 кэв — 1 Гэв.

Книга рассчитана на широкий круг научных работников, инженеров и техников, работающих с тормозным излучением и электронами, а также на аспирантов.