

СЗ41.18

A-941

29/IV

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P6 - 4972



В.П. Афанасьев, М. Бочварова, Н.А. Головков,
И.И. Громова, Р.Б. Иванов, В.И. Кузин,
Ю.В. Норсеев, В.Г. Чумин

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

АЛЬФА-РАСПАД ^{211}Rn И ^{212}Rn

1970

P6 - 4972

В.П. Афанасьев, М. Бочварова, Н.А. Головков,
И.И. Громова, Р.Б. Иванов, В.И. Кузин,
Ю.В. Норсеев, В.Г. Чумин

АЛЬФА-РАСПАД ^{211}Rn И ^{212}Rn

8294/2 mf

Объединенный институт
ядерных исследований
БИСИМОТЕНА

Афанасьев В.П., Бочварова М., Головков Н.А., Р6-4972
Громова И.И., Иванов Р.Б., Кузин В.И., Норсеев Ю.В.,
Чумин В.Г.

Альфа-распад ^{211}Rn и ^{212}Rn

С помощью магнитного спектрографа изучался альфа-распад ^{211}Rn и ^{212}Rn . Кроме известных альфа-переходов ^{211}Rn 5850 кэВ (1), 5783 кэВ (1,84), 5616 кэВ (0,08), обнаружены новые: 5466 кэВ ($4,1 \cdot 10^{-4}$), 5276 кэВ ($4,4 \cdot 10^{-4}$), 5179 кэВ ($8 \cdot 10^{-5}$), 5055 кэВ ($2 \cdot 10^{-5}$). Приводятся факторы запрета. В ядре ^{207}Po вводятся новые уровни: 391,4 кэВ, 585 кэВ, 684 кэВ. У ^{212}Rn обнаружен альфа-переход 5588 кэВ ($5 \cdot 10^{-4}$) на уровень 687 кэВ ^{208}Po . Оценены доли альфа-распада ^{211}At , ^{211}Rn ; ^{207}Po ($41,3 \pm 1,3\%$, $17,8 \pm 1,3\%$ и $0,028 \pm 0,003\%$).

Сообщения Объединенного института ядерных исследований
Дубна, 1970

Afanaciev V.P., Bochvarova M., Golovkov N.A., Р6-4972
Gromova I.I., Ivanov R.B., Kuzin V.I., Norseev Yu.V.,
Chumin V.G.

α -Decay of ^{211}Rn and ^{212}Rn

The α -decay of ^{211}Rn and ^{212}Rn was investigated using the magnetic spectrograph. Besides the known α -transitions of ^{211}Rn (5850 keV (1), 5783 keV (1.84), 5616 keV (0.08)), there were observed the new ones: 5466 keV ($4,1 \cdot 10^{-4}$), 5276 keV ($4,4 \cdot 10^{-4}$), 5179 keV ($8 \cdot 10^{-5}$), 5055 keV ($2 \cdot 10^{-5}$). The hindrance factors are presented. New levels: 391,4 keV, 585 keV, 684 keV are introduced for the ^{207}Po nucleus. For ^{212}Rn the 5588 keV ($5 \cdot 10^{-4}$) α -transition to the 687 keV level of ^{208}Po was observed. The parts of α -decay of ^{211}At , ^{211}Rn and ^{207}Po ($41,3 \pm 1,3\%$, $17,8 \pm 1,3\%$ and $0,028 \pm 0,003\%$) are estimated.

Communications of the Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna, 1970

Радиоактивному распаду изотопов радона посвящено несколько работ, в которых обнаружено существование ряда изотопов, установлены типы их радиоактивного распада, определены периоды полураспада. Почти все изотопы радона испытывают альфа-распад, но только у ^{211}Rn ($T_{1/2} = 16$ час) была обнаружена тонкая структура альфа-спектра. У этого изотопа альфа-распад, составляющий 26% от полного числа распадов, идет на основное состояние и на возбужденные уровни 68,7 кэв и 236 кэв ^{207}Po с интенсивностями 33,5%, 64,5% и 2% соответственно/1,2/.

В нашей работе был исследован альфа-распад ^{211}Rn на более высокие уровни ^{207}Po , а также изучен альфа-распад ^{212}Rn ($T_{1/2} = 23$ мин) с целью обнаружения у него тонкой структуры альфа-спектра.

Препараты ^{211}Rn и ^{212}Rn были получены разделением изотопов радона на электромагнитном масс-сепараторе/3/ после радиохимического выделения радона из ториевой мишени/4/, облученной протонами с энергией 660 Мэв на синхроциклотроне ОИЯИ.

Методика деления радона на масс-сепараторе была разработана на стабильном ксеноне. Газ из ампулы, содержащей радон, подавался непосредственно в разрядную камеру ионного источника в зону разряда. При разделении радона маркером служил свинец. Ускоряющий потенциал был всего 25 кв, что позволило получить достаточно тонкие источники для альфа-спектрографа. Начало деления фиксировалось по появлению гамма-излучения от изотопов радона, осаждаемых на алюминиевую фольгу коллектора. Момент окончания деления устанавливался по прекращению роста интенсивности гамма-излучения.

Для изучения альфа-спектров использовался магнитный альфа-спектрограф/5/. Энергетическая градуировка прибора проводилась по альфа-линии ^{210}Po 5304,5±0,5 кэВ/8/.

На рис. 1 показаны генетические цепочки распада ^{211}Rn . Известно, что альфа-распад испытывают ядра ^{211}Rn , ^{211}At , ^{211}Po и ^{207}Po . Не обнаружен альфа-распад у ^{207}Bi и ^{203}Pb , для которых расчетное значение энергии альфа-распада $Q_\alpha \leq 3,5$ МэВ. Линии ^{211}Rn можно отличить от линий ^{211}At , ^{207}Po и ^{211}Po по периоду полураспада. Трудность может возникнуть при идентификации линий ^{211}At , ^{207}Po и ^{211}Po . Было произведено несколько экспозиций в области энергий альфа-частиц 4930-5900 кэВ. На рис. 2 изображен полученный альфа-спектр. Данные об энергиях, периодах полураспада альфа-линий и их идентификация представлены в табл. 1.

Линия 5229 кэВ по значению энергии и периоду полураспада идентифицирована как линия ^{206}Po , накопившегося из примесного ^{210}Rn . Примесь в источнике ^{211}Rn соседних изотопов, оцененная по этой линии, составляла около 0,5%. Оценка периода полураспада основных линий ^{211}Rn позволила определить верхнюю границу степени диффузии Rn с подложки источника. Эта величина не превышает 10%, если у ^{211}Rn $T_{1/2} = 16$ час.

Интенсивности линий 5115; 5140 и 5211 кэВ изменяются со временем так, как в том случае, если бы они принадлежали дочерним изотопам ^{211}Rn . Кроме того, ширина линии 5115 заметно больше ширины двух других. Этот факт дает возможность предположить, что она принадлежит дочернему изотопу, образовавшемуся в источнике в результате альфа-распада. Энергия 5115 кэВ соответствует значению для α_0 -группы ^{207}Po . Две другие линии принадлежат изотопу, образовавшемуся при бета-распаде ^{211}Rn и соответствуют α_1 - и α_2 -группам ^{211}At /7/. Линии ^{211}Po в этой области спектра не ожидаются, т.к. только из-за потенциального барьера они должны быть в 10^9 раз слабее, чем основная линия ^{211}Po . Линии 5055 и 4997 кэВ слишком слабы, чтобы оценить их период полураспада. Разность энергий линии 5055 кэВ и α_0 -линии Rn позволяет сделать предположение, что первая линия принадлежит распаду ^{211}Rn на уровень 820 кэВ ^{207}Po /8/. Что касается линии 4997 кэВ, то на том

Таблица 1
Идентификация альфа-групп, присутствующих
в альфа-спектре ^{211}Rn

№ п/п	E_{α} (кэВ)	$T_{1/2}$ (час)	Идентификация	Данные других авторов E_{α} (кэВ)
I.	5866 ± 2	сложн.	$\alpha_0^{211}\text{At}$	5862 ± 2 /II/
2.	5850 ± 2	$14,5 \pm 0,5$	$\alpha_0^{211}\text{Rn}$	5847 ± 2 /II/
3.	5783 ± 2	$15,0 \pm 0,5$	$\alpha_1^{211}\text{Rn}$	5779 ± 3 /II/
4.	5616 ± 2	-	$\alpha_2^{211}\text{Rn}$	5613 ± 7 /II/
5.	$5466 \pm 2,5$	$16,0 \pm 1,0$	$\alpha_3^{211}\text{Rn}$	-
6.	$5276 \pm 2,5$	$14,5 \pm 0,5$	$\alpha_4^{211}\text{Rn}$	-
7.	$5229 \pm 3,5$	> 40	$\alpha_0^{206}\text{Po}$	$5223 \pm 1,5$ /7/
8.	$5211 \pm 2,5$	сложн.	$\alpha_1^{211}\text{At}$	$5210 \pm 1,5$ /7/
9.	$5179 \pm 2,5$	$16,5 \pm 1,5$	$\alpha_5^{211}\text{Rn}$	-
10.	$5140 \pm 2,5$	сложн.	$\alpha_2^{211}\text{At}$	5141 ± 2 /7/
II.	$5115 \pm 2,5$	сложн.	$\alpha_0^{207}\text{Po}$	5120 ± 10 /13/
12.	$5055 \pm 3,5$	-	$\alpha_6^{211}\text{Rn}$	-
13.	4997 ± 7	-	$\alpha_1^{207}\text{Po}, \alpha_3^{211}\text{At} ?$	-

же основании ее с равной вероятностью можно приписать распаду ^{211}At на уровень 893 кэВ ^{207}Bi /9/ и распаду ^{207}Po на уровень 126 кэВ ^{203}Pb /10/.

По соотношениям интенсивностей α -линий ^{207}Po , ^{211}At , ^{211}Rn и α_0 -линии ^{211}Po , снятой в отдельной экспозиции, оценены доли α -распада этих изотопов. Доля для ^{211}Po принята за 100%. Результаты - в табл. 2.

Таблица 2

Доли альфа-распада (%)			
^{211}Po	^{211}At	^{211}Rn	^{207}Po
100	$41,3 \pm 1,3$	$17,8 \pm 1,3$	$0,028 \pm 0,003$

На рис. 3 приводится схема альфа-распада ^{211}Rn , относительные интенсивности альфа-переходов, коэффициенты запрета. Коэффициенты запрета были оценены с помощью формулы Таагепера-Нурмия $\lg t_{1/2} = C_1 (Z E_a^{-1/2} - Z^{2/3}) - C_2$. Константы $C_1 = 1,41$ и $C_2 = 24,67$ в этой формуле были получены из данных об альфа-распаде соседних чётно-чётных изотопов ^{210}Rn и ^{212}Rn .

При изучении альфа-спектра ^{212}Rn , помимо основной альфа-группы 6262 кэВ/11/, обнаружена альфа-группа, соответствующая переходу на уровень 687 кэВ ^{208}Po /12/. Значения энергий альфа-групп и их относительные интенсивности и коэффициенты запрета приведены на схеме (рис.4).

В заключение авторы благодарят К.Я. Громова и В.А. Халкина за постоянный интерес к работе и ценные советы, Е.В. Лебедеву и Х. Нацаз за обработку фотопластинок.

Л и т е р а т у р а

1. F.F.Momyer, Yr. and E.K.Hyde. J.Inorg. Nucl. Chem., 1, 274 (1955).
2. K.Valli, M.I.Nurmia, E.K.Hyde. Phys. Rev., 159 1013 (1967).
3. В.П. Афанасьев, А.Т. Василенко и др. Препринт ОИЯИ, 13-4763, Дубна, 1969.

4. В.Д. Нефедов, М.А. Торопова, В.А. Халкин, Ю.В. Норсеев, В.И. Кузин. Препринт ОИЯИ, 6-4440, Дубна, 1969.
5. Н.А. Головков, К.Я. Громов и др. Препринт ОИЯИ, P13-3340, Дубна, 1967.
6. A.Wapstra. *Nucl. Phys.*, 57, 48 (1964).
7. Н.А. Головков, Ш. Гуэтх и др. Изв. АН СССР, сер.физ., XXXIII, No 10, 1622 (1969).
8. C.M.Lederer, J.M.Hollander, J.Perlman. *Tables of Isotopes* (1967).
9. E.Arbman, J.Brude, T.R.Gerholm. *Arkiv. Fys.* 13, 501 (1958).
10. Б.С. Джелепов, Л.К. Пекер, В.О. Сергеев. Схемы распада радиоактивных ядер, М-Л., 1963.
11. F.F.Momyer, Jr.R.Asaro and E.K. Hyde. *J.Inorg.Nucl.Chem.*, 1, 267 (1955).
12. W.I.Treytl, E.K.Hyde, T.Yamazaki. *Nucl.Phys.*, A117, 481 (1968).
13. E.Tielsch-Cassel. *Nucl. Phys.*, A100, 425 (1967).

Рукопись поступила в издательский отдел
10 марта 1970 года.

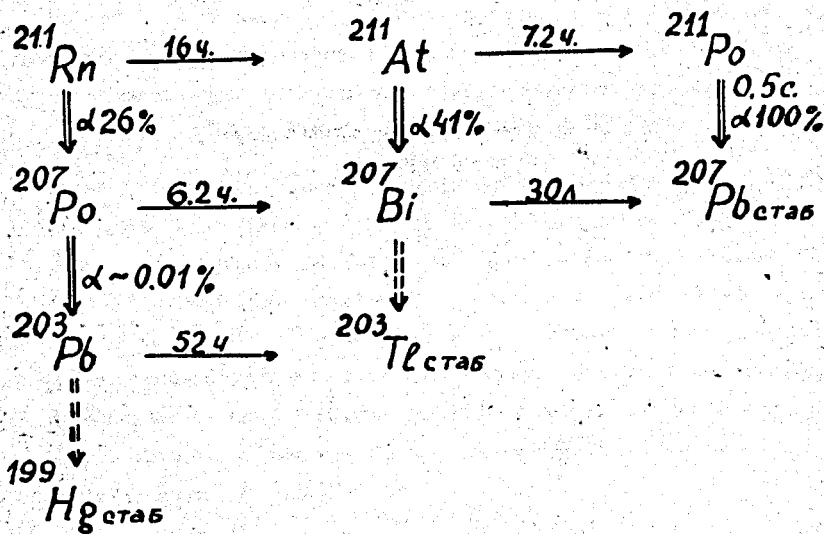


Рис. 1. Цепочки распада ^{211}Rn .

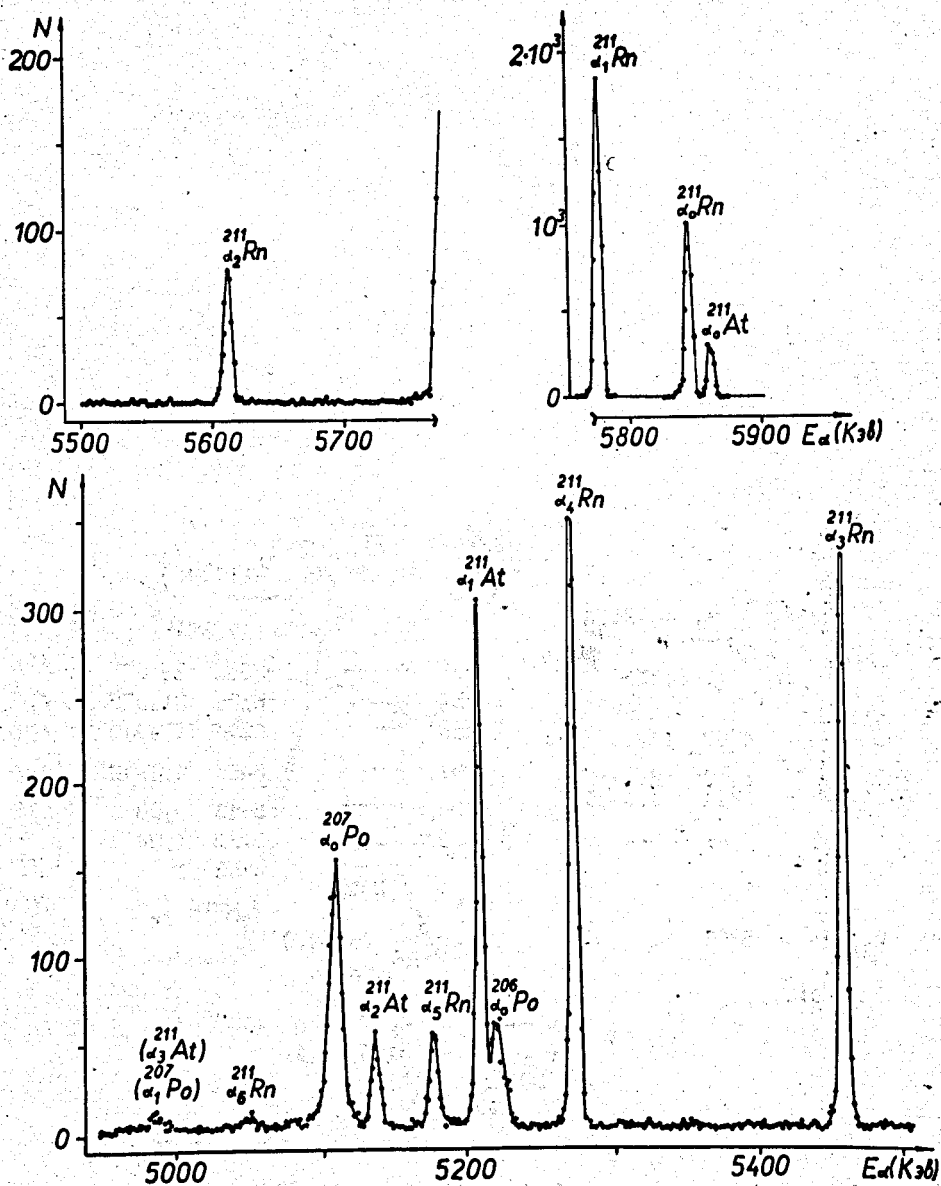


Рис. 2. Общий вид альфа-спектра ^{211}Rn . Спектр снят в двух экспозициях с различной продолжительностью.

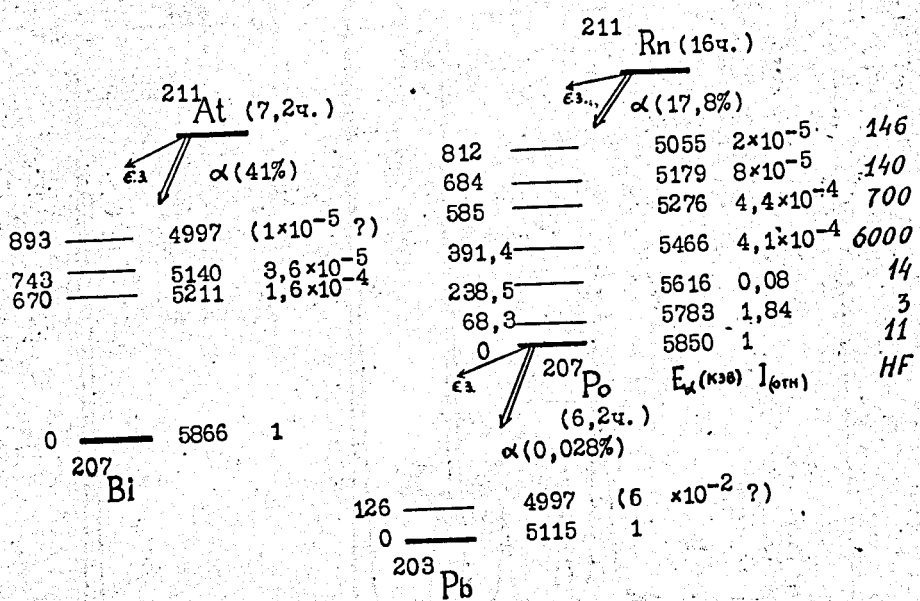


Рис. 3. Схемы альфа-распада ^{211}Rn , ^{211}At , ^{207}Po .

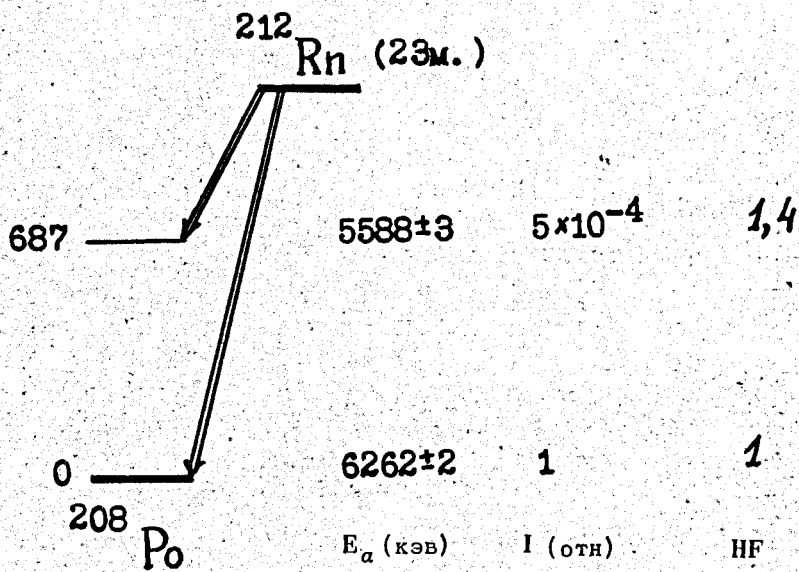


Рис. 4. Схема альфа-распада ²¹²Rn