

СЗ41.1Г
М-793

13/X-69

P6 - 4553

**Т.Морек, В.Нойберт, Х.Дростэ, К.Александр,
С.Хойнацки, З.Вильгельми**

ИЗОМЕРНЫЙ М4 ПЕРЕХОД В ЯДРЕ 203 Po

P6 - 4553

Т.Морек, В.Нойберт, Х.Дростэ, К.Александр,
С.Хойнапки, З.Вильгельми

ИЗОМЕРНЫЙ М4 ПЕРЕХОД В ЯДРЕ ^{203}Po

4973/2 нр.
Институт
ядерных исследований
ПОЛИМОНТА

1. В в е д е н и е

Нейтрондефицитные изотопы полония известны по опубликованным работам/2,3,8/ вплоть до ^{194}Po . Среди ядер полония с массовым числом $A < 205$ обнаружены изомерные состояния при исследовании α -распада. В работе/6/ изучены короткоживущие изомеры ^{205}Po и ^{207}Po , которые распадаются путем испускания γ -квантов. Изомерия в этих ядрах объясняется, по-видимому, наличием уровня $13/2^+$. Ввиду заметной аналогии с систематикой уровней в нечётных изотопах свинца можно было ожидать наличия изомера и в ^{203}Po .

2. Экспериментальные результаты

Методика эксперимента описана в/1/. При облучении мишени из золота ионами ^{11}B , платины ионами ^{12}C , а также мишени из осмия, обогащенного ^{190}Os и ^{192}Os ионами ^{18}O , найдена новая активность с периодом полураспада $T_{1/2} = 1,2 \pm 0,2$ мин (рис. 3).

Часть гамма-спектра, измеренного Ge(Li) детектором в диапазоне энергий от 40 кэВ до 2 МэВ, показана на рис. 1. Только одна линия с энергией $E_\gamma = 640 \pm 1$ кэВ имеет период полураспада $T_{1/2} = 1,2$ мин. Спектр электронов внутренней конверсии этого перехода измерен на тороидальном безжелезном β -спектрометре на пучке/1/. На рис. 2 показан полученный спектр электронов. Он позволяет определить разницу

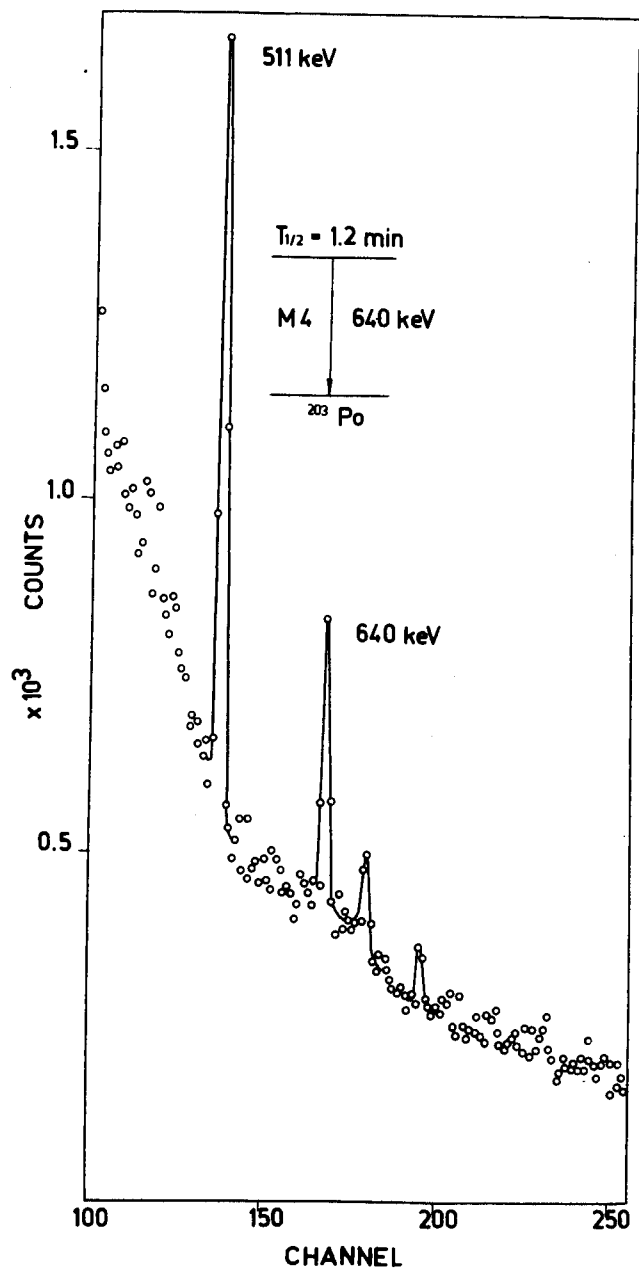


Рис. 1. Часть гамма-спектра $^{203} \text{Po}$, полученного из реакции $^{190} \text{Os} (^{18} \text{O}, 5n) ^{203} \text{Po}$ при энергии налетающих ионов 95 Мэв. Измерение проведено Ge(Li) детектором объемом 4,5 см³. Время измерения 1 мин.

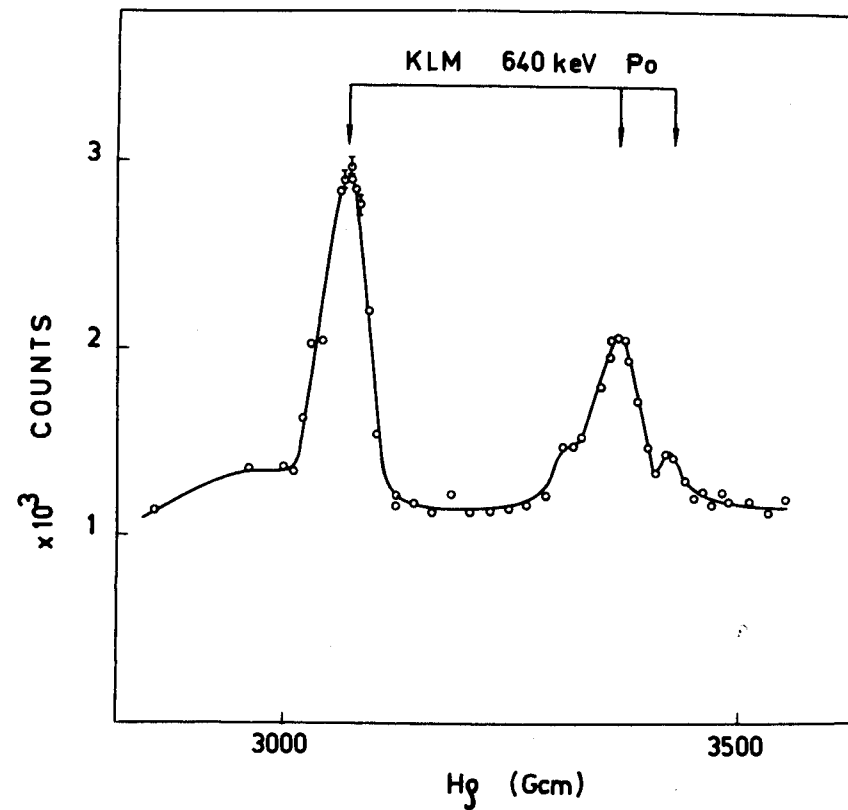


Рис. 2. Спектр электронов внутренней конверсии, полученный из реакции $^{192} \text{Os} (^{18} \text{O}, 7n) ^{203} \text{Po}$ при энергии налетающих ионов 125 Мэв. Мишень изготовлена из нанесенного на алюминиевую фольгу (1,35 мг/см²) металлического обогащенного $^{192} \text{Os}$.

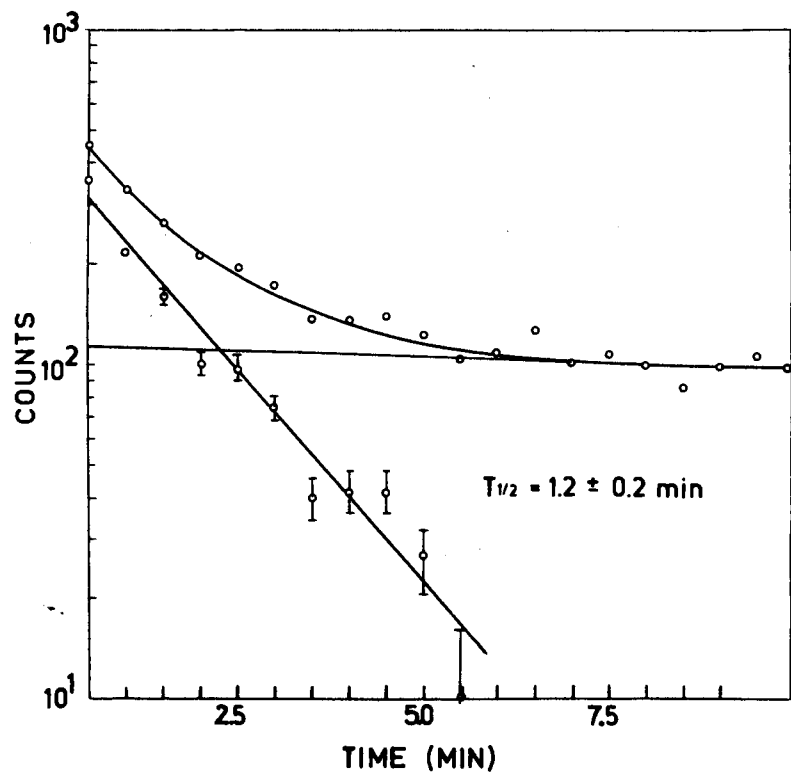


Рис. 3. Распад изомера ^{203m}Po .

ΔE_{KL} энергий связи K и L электронов атома, в ядре которого происходит данный гамма-переход. Предполагая, что мультипольность перехода 640 кэв - M4 (см. ниже) получается из измеренного спектра электронов, находим величину $\Delta E_{KL} = 77 \pm 1$ кэв. Это хорошо совпадает с ожидаемым значением $\Delta E_{KL} = 76,4$ кэв/8/ для полония ($Z = 84$). Для того чтобы исключить с достоверностью наличие изомера в ядре висмута ($Z = 83$), были проведены перекрестные реакции $\text{Pt}(^{11}\text{B}, \text{xn})\text{Bi}$ в диапазоне энергий налетающих ионов от 60 до 76 Мэв. Отсутствие линии 640 кэв в спектре, полученном из этих реакций, подтверждает вывод, что новый изомер относится к одному из изотопов полония. Новая активность, следовательно, образовалась в реакциях типа $(\text{H. I.}, \text{xn})$. Для определения массового числа были измерены функции возбуждения двух реакций, в которых получается новая активность полония: $^{197}\text{Au}(^{11}\text{B}, 5\text{n})^{203}\text{Po}$ и $^{190}\text{Os}(^{18}\text{O}, 5\text{n})^{203}\text{Po}$. Они показаны на рисунках 4 и 6. Полученные результаты типичны для испарения нейтронов. Рассмотрим соотношение/9/

$$\frac{\epsilon_x}{x} = \frac{E_{\text{exc}}^{\text{max}} - \sum_{i=1}^x B_{in}}{x},$$

где $E_{\text{exc}}^{\text{max}}$ - энергия возбуждения, соответствующая положению максимума сечения, x - количество испаряемых нейтронов и B_{in} - энергия связи i -того нейтрона.

Мы получим в случае реакции $^{190}\text{Os}(^{18}\text{O}, \text{xn})^{208-x}\text{Po}$ $x = 4$:

$$\frac{\epsilon_4}{4} = 9,8 \text{ Мэв}; \quad x = 5: \quad \frac{\epsilon_5}{5} = 6,0 \text{ Мэв}; \quad x = 6: \quad \frac{\epsilon_6}{6} = 3,7 \text{ Мэв.}$$

а в случае реакции $^{197}\text{Au}(^{11}\text{B}, \text{xn})^{208-x}\text{Po}$ $x = 4$: $\frac{\epsilon_4}{4} = 9,8 \text{ Мэв};$

$$x = 5: \quad \frac{\epsilon_5}{5} = 6,0 \text{ Мэв}; \quad x = 6: \quad \frac{\epsilon_6}{6} = 3,8 \text{ Мэв.}$$

Из этих данных следует, что новая активность с большой вероятностью принадлежит к изотопам ^{203}Po или ^{202}Po . Оба - известные изотопы с периодами полураспада $T_{1/2} = 42$ мин. и $T_{1/2} = 3,5$ ч./8/, соответственно. Чтобы решить, к какому изотопу принадлежит новый изомер, мы измерили функции возбуждения для основных состояний изотопов ^{204}Po , ^{203}Po и ^{202}Po . Стопка фольги из золота и алюминия (для торможения ионов) облучалась 30 мин. на выведенном пучке ионов ^{11}B . Функция возбуждения ^{203}Po

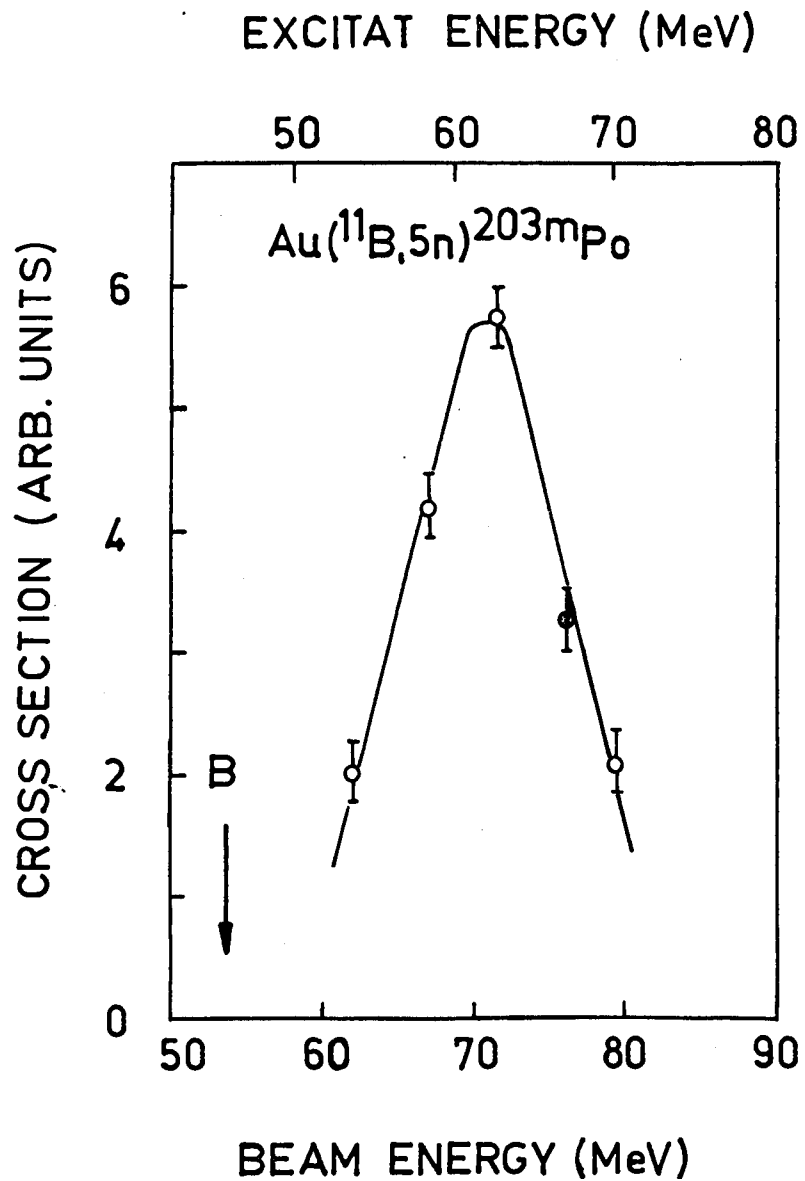


Рис. 4. Функция возбуждения образования изомера ^{203m}Po в реакции $^{197}Au(^{11}B,5n)^{203}Po$.

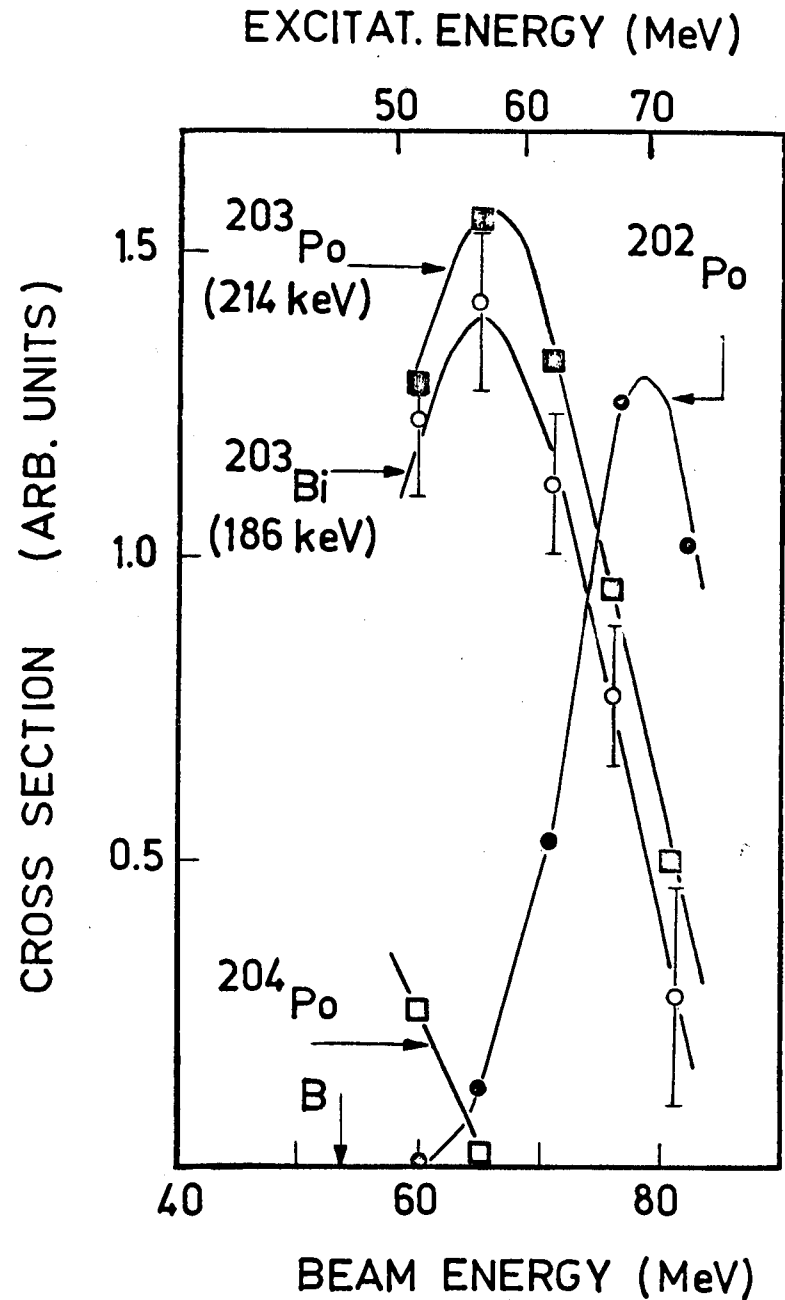


Рис. 5. Функции возбуждения образования ^{202}Po , ^{203}Po и ^{204}Po , полученные при облучении стопки фольг из золота.

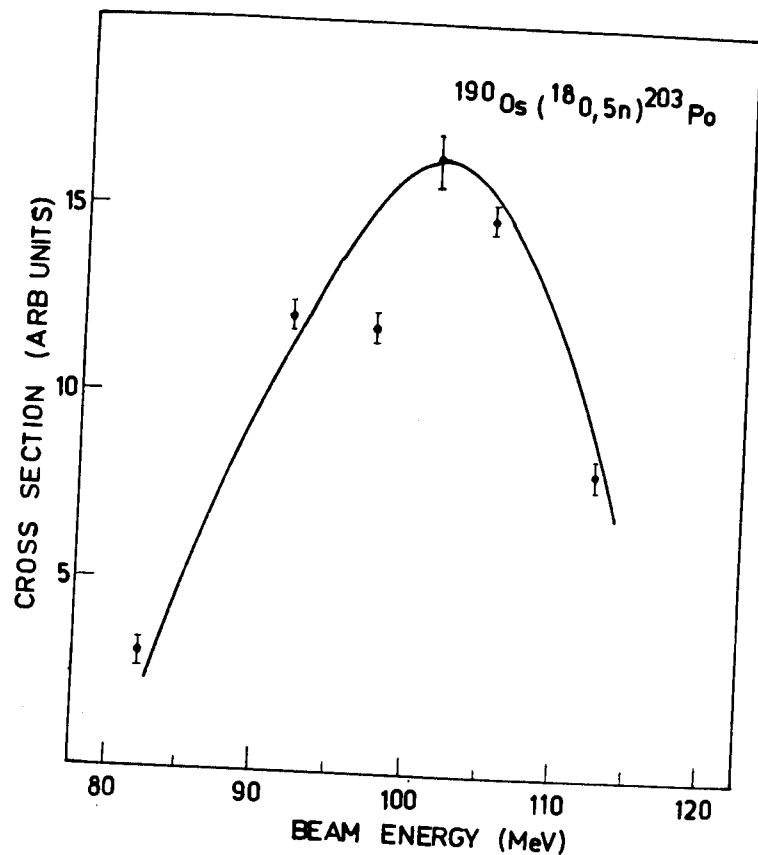


Рис. 6. Функции возбуждения образования изомера ^{203m}Po в реакции $^{190}\text{Os}(^{18}\text{O}, 5n)^{203}\text{Po}$.

была (рис. 5) измерена с помощью характерной γ -линии $E = 214$ кэВ /11/ и по γ -линии $E_\gamma = 186$ кэВ дочернего продукта ^{203}Bi ($T_{1/2} = 11,8$ ч.). ^{204}Po идентифицирован с помощью линии $E_\gamma = 270$ кэВ /10/, а ^{202}Po - по характерной линии $E_\gamma = 422$ кэВ дочернего продукта ^{202}Bi .

Относительный ход функции возбуждения ^{203}Po , полученной описанным выше путем, совпадает с ходом функции возбуждения активности с $T_{1/2} = 1,2$ мин, что свидетельствует о принадлежности этой активности ядру с $A = 203$.

Из спектра электронов внутренней конверсии получено отношение $\frac{\alpha_k}{\alpha_{L+M}} = 2,4 \pm 0,3$. Сравнение этой величины с теоретическими значениями (см. таблицу) показывает, что мультипольность этого перехода - M4. Мультипольность E3, для которой имеется близкое к полученному отношению $\frac{\alpha_k}{\alpha_{L+M}}$, невозможна, потому что:

1. Коэффициент α_k - конверсии (получен из гамма-спектра путем сравнения интенсивностей 1,2-минутного компонента рентгеновских лучей и линии $E_\gamma = 640$ кэВ) составляет $\alpha_k = 0,18 \pm 0,07$. Это совпадает с теоретическим значением $\alpha_k(M4) = 0,22$ и противоречит значению $\alpha_k(E3) = 0,016$.

2. Для E3-перехода экспериментально определенный период полураспада на 10^7 больше одночастичной оценки $T_{1/2}(E3) = 10^{-8}$ сек, вычисленной теоретически. Такое отклонение маловероятно.

Сравнение экспериментально полученного периода полураспада с подсчитанным по Мошковскому значением для мультипольности M4 дает фактор запрета $F = 10$. Это находится в согласии с величинами для M4 переходов в других ядрах.

3. Обсуждение результатов

Так как в γ -спектре не наблюдалось другого перехода со сравнимой интенсивностью и с тем же периодом полураспада ($T_{1/2} = 1,2$ мин), то с большой вероятностью уровень 640 кэВ разряжается на основное состояние ядра ^{203}Po .

Таблица

Отношение $\frac{a_k}{a_{L+M}}$ по расчетам Хагера и Сельцера [5]

для $Z = 84$ и $E_\gamma = 640$ кэВ

Мультипольность	E2	E3	E4	M2	M3	M4
$\frac{a_k}{a_{L+M}}$	3,5	2,0	0,8	4,7	3,6	2,7

Из работы /4/ известен спин основного состояния ^{203}Po : $5/2^-$. Тогда для изомерного уровня получается спин $13/2^+$. В модели оболочек эти уровни можно объяснить как $1_{5/2}$ и дырочное нейтронное состояние $1_{13/2}$. На рис. 7 показано положение уровней $13/2^+$ и $9/2^-$ - (относительно уровня $5/2^-$) в нечётных изотопах свинца и полония (данные взяты из работы /6/). В ядрах ^{205}Po и ^{207}Po изомерные состояния $13/2^+$ разряжаются M2 - переходами на фононное состояние $9/2^-/6/$. По систематике (рис. 7) можно было бы ожидать, что в ядре ^{203}Po уровень $13/2^+$ будет лежать ниже уровня $9/2^-$; в результате этого получается M4 - переход на основное состояние.

На рис. 7 заметно возрастание разницы энергии уровней $13/2^+$ и $5/2^-$, когда число нейтронов приближается к магическому $N = 126$. Поведение уровней $13/2^+$ и $9/2^-$ в зависимости от числа нейтронов хорошо описывается моделью со спариванием и квадрупольно - квадрупольным взаимодействием /5/.

Авторы выражают благодарность академику Г.Н.Флерову за интерес к работе, Е.Левитовичу за помощь при измерениях и группе эксплуатации циклотрона У-300, обеспечившей чёткую работу ускорителя.

Л и т е р а т у р а

1. Z.Wilhelmi, V.S.Alfeev, S. Chojnacki, Ch. Droste, J.Lewitowicz, T.Morek, P.Radecki, K.I.Siomin, J.Srebrny, A.Wojtasiewicz. Preprint E6-4593, Dubna 1969.
2. A.Sivola. Nucl.Phys., A101, 129, 1967.
3. Y.Le Beyec, M.Lefort. Arkiv för Fysik, 36, 183, 1967.
4. S.Axensten, C.M.Olsmats. Arkiv för Fysik, 19, 461, 1961.
5. R.A.Sorensen, Nucl.Phys., 25, 674, 1961.
L.S.Kisslinger, R.A.Sorensen. Rev.Mod.Phys., 35, 853, 1963.
I.Bergstrom, G.Andersson. Arkiv för Fysik, 12, 451, 1957.
6. C.K.Hargrove, W.M.Martin. Canad. J. of Phys., 40, 964, 1962.
7. R.S.Hager, E.C.Seltzer. Nuclear Data, A4, 1, 1968.
8. C.M.Lederer, J.M.Hollander, I.Perlman. "Tables of Isotopes". New York (1967).

9. В.Нойберт, К.Александр. Препринт ОИЯИ P7-3657, Дубна 1968.
10. W.Kusch, I.I.Chuburkova. Preprint E7-3868, Dubna 1968.
11. D.Naumann, T.Thomas. Annual Report PPAD 631D Princeton 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел

24 июня 1969 года.

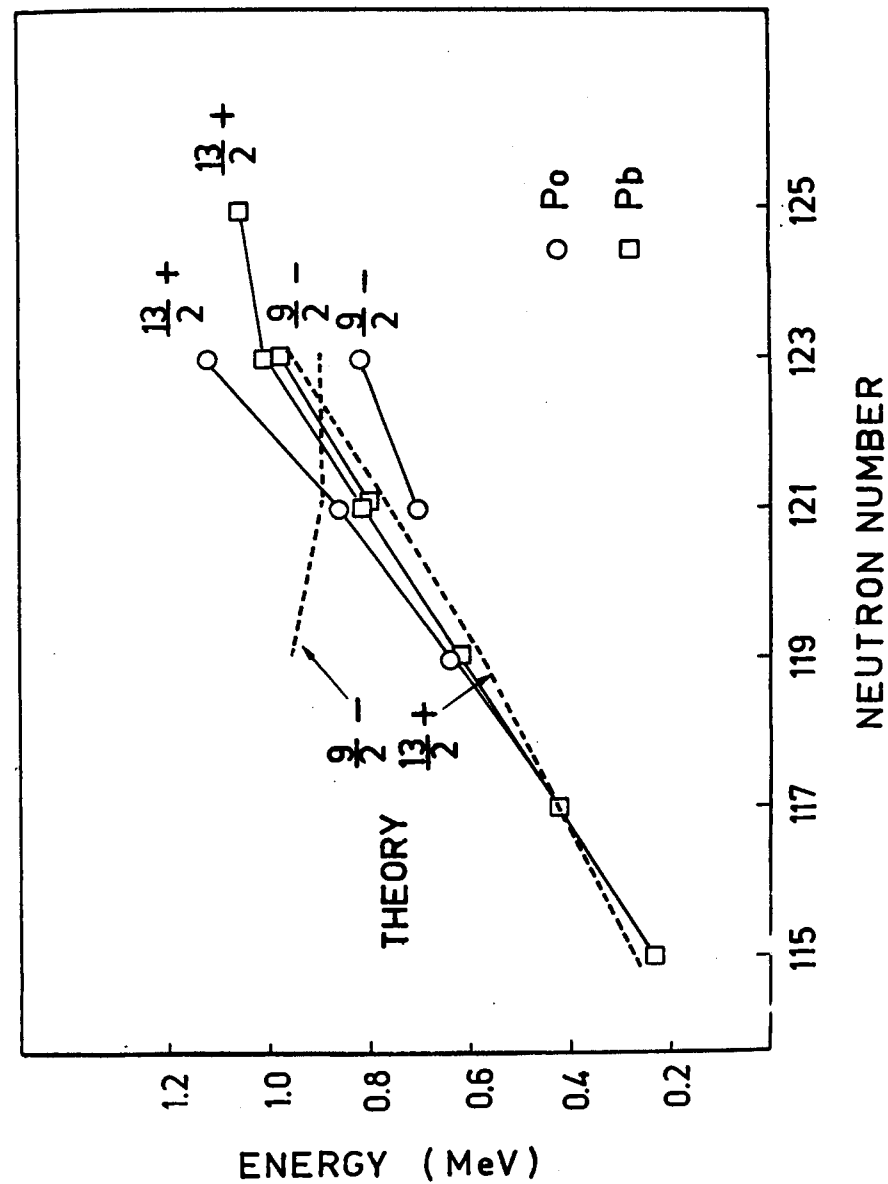


Рис. 7. Положение уровня $13/2+$ и $9/2-$ в ядрах изотопов Po и Pb.