

624

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ



М.Я.Кузнецова, Мин Нам Бук, В.Н.Рыбаков, В.А.Халкин

P-624

ОБРАЗОВАНИЕ Te^{127} ИЗ J^{127}
ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПРОТОНОВ
ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ

Дубна 1960 год

М.Я.Кузнецова, Мин Нам Бук, В.Н.Рыбаков, В.А.Халкин

P-624

ОБРАЗОВАНИЕ Te^{127} ИЗ J^{127}
ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПРОТОНОВ
ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ

Направлено в журнал
"Радиохимия"

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

8
914/9 48-

При бомбардировке меди протонами высоких энергий среди многочисленных продуктов ядерных реакций радиохимическим методом был обнаружен Ni^{65} -ядерный изобар ядра мишени $Cu^{65/1,2,3,4/}$. Как установлено в работе ^{/3/} наиболее вероятным процессом образования Ni^{65} является реакция $Cu^{65}(p, p\pi^+)Ni^{65}$.

Однако попытки получить данные об этой реакции, используя для облучения мишени из La^{139} и $Au^{197/4/}$, результата не дали. Поэтому нам казалось интересным еще раз изучить этот процесс на элементе средней части периодической системы Д.И.Менделеева. В настоящей работе изучалось образование Te^{127} из J^{127} при бомбардировке протонами с энергией 120-660 Мэв.

Экспериментальная часть

Для облучения использовался металлический йод высокой чистоты ^{/5/}. Загрязнение йода более тяжелыми элементами могло бы привести к завышенному выходу теллура за счет реакций глубокого расщепления и деления. Степень загрязненности препарата была оценена по Sb^{127} ($T_{1/2} = 90$ ч), образующейся при облучении йода протонами с энергией 200 и 600 Мэв. Ответственными за образование этого изотопа могут быть только примеси более тяжелых элементов ^{x/}. Сурьма выделялась из облученного йода по методике Сайлер ^{/6/}. Из радиохимически чистого препарата сурьмы 2-3 раза с интервалом в двое суток производились выделения теллура. При измерениях выделенного препарата Te^{127} не был найден. Это позволило сделать заключение, что содержание примесей тяжелых элементов не превышает $10^{-3}\%$ в предположении, что сечение образования Sb из этих элементов составляет величину $\sim 10^{-26}$ см^{2/7/}. Для облучения 0,5-0,8 г йода запаивались в стеклянную ампулу диаметром 5 мм, длиной 30-35 мм с толщиной стенок 0,5 мм. Ампула заворачивалась в Al фольгу, являющуюся монитором протонного пучка и укреплялась в специальном держателе.

Облучения проводились на внутреннем пучке синхроциклотрона Объединенного института ядерных исследований. Энергия протонов менялась путем

^{x/} При энергиях выше порога образования 2-х π^+ -мезонов принципиально возможно образование Sb^{127} в реакции $J_{53}^{127}(p, p2\pi^+)Sb_{51}^{127}$

постановки мишени на различные радиусы орбиты ускоряемых частиц.

Примерно через час после облучения ампула с йодом раздавливалась в переносной колбе, содержащей 30 мл 3М HNO_3 , 15 мг Te , 20 мг SB и небольшие количества обратных носителей (As , Se , Sn , Cd , Cu и др.). Йод отгонялся, а раствор в колбе упаривался до выпадения метасурьмяной кислоты, с которой практически полностью соосаждался теллур. Осадок промывался концентрированной азотной кислотой и растворялся горячей 6М HCl . Дальнейшая очистка и выделение теллура производились по схеме, описанной в работе ^{/8/}.

Препаратом для измерений служил элементарный теллур, нанесенный на подложку из фильтрованной бумаги.

Измерения радиоактивности Te^{127} ($T_{1/2} = 9,3$ часа) очень затрудняются присутствием в выделенном препарате нейтронодефицитных изотопов теллура, получающихся из йода в реакциях глубокого расщепления с сечениями 10^{-26} см². Для того, чтобы избавиться от излучения этих изотопов, которые преимущественно испытывают захват орбитального электрона или испускают позитрон, измерения электронной компоненты излучения мишени проводились при помощи магнитного анализатора ^{/9/}.

Измерения выполнялись при нескольких значениях тока, питающего электромагнит. При каждом значении тока проводились измерения спада β -активности и фона от γ -излучения ^{x)}. При разложении полученных кривых выделялась составляющая с периодом полураспада ~ 10 час. Далее строился график зависимости величины радиоактивности с $T_{1/2} \sim 10$ часов от тока, питающего электромагнит. Естественно, что площадь под кривой на этом графике пропорциональна суммарной радиоактивности десятичасовой компоненты в момент измерений. Измерения Na^{24} , выделенного из алюминиевой фольги-монитора пучка протонов, проводились таким же образом. В этом случае при всех токах наблюдался единственный период полураспада, равный 15 часам. Сечение образования Te^{127} рассчитывалось по следующей формуле:

x) Фон от γ -излучения измерялся с алюминиевым фильтром толщиной 4 мм, закрывающим окно счетчика. Для данной серии измерений при всех значениях тока величина фона, как и следовало ожидать, практически не менялась.

$$\sigma_{Te^{127}} = \frac{S_{Te} \cdot A_J (1 - e^{-\lambda_{Na} t_1}) \cdot P_{Al} \cdot g_{Na}}{(1 - e^{-\lambda_{Te} t_1}) \cdot P_J \cdot g_{Te} \cdot A_{Al} \cdot S_{Na}} \cdot \sigma_{Na^{24}},$$

где S_{Te} и S_{Na} - площади под кривыми зависимости интенсивности излучения от тока, питающего электромагнит анализатора Te^{127} и Na^{24} в момент конца облучения; P_{Al} - вес мониторирующей алюминиевой фольги, A_{Al} и A_J - атомные веса Al и J соответственно; P_J - вес йода в ампуле; t_1 - длительность облучения мишени; g_{Na} и g_{Te} - химические выходы натрия из Al и теллура из йода; λ_{Na} и λ_{Te} - постоянные распада Na^{24} и Te^{127} ; $\sigma_{Na^{24}}$ - сечение образования Na^{24} из Al , которое мы принимали в нашем интервале энергии протонов равным 10^{-26} см²/10/.

Экспериментальные величины сечений образования Te^{127} из йода в зависимости от энергии бомбардирующих протонов, представлены в таблице 1. Предельная относительная ошибка для всех определений не превышает $\pm 30\%$, но из-за систематической ошибки метода измерения найденные сечения, возможно, в 2-3 раза отличаются от истинных значений.

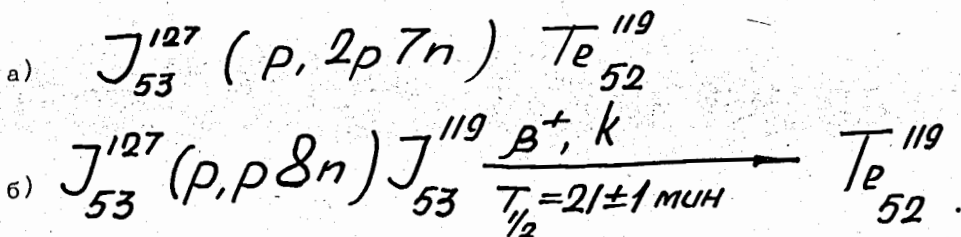
Т а б л и ц а 1

Зависимость сечения образования Te^{127} из J^{127} от энергии бомбардирующих протонов

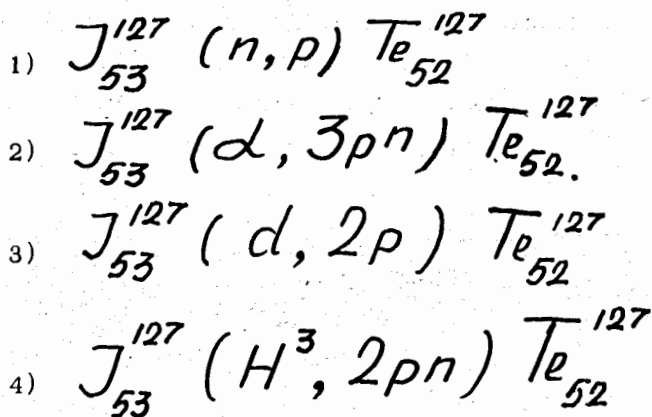
№№ опыта	Энергия протонов в Мэв	Сечения образования Te^{127} в мб	№№ опыта	Энергия протонов в Мэв	Сечения образ. Te^{127} в мб.
1.	120	0,16	12.	320	0,14
2.	120	0,14	13.	360	0,13
3.	160	0,24	14.	480	0,10
4.	180	0,41	15.	480	0,17
5.	180	0,32	16.	600	0,06
6.	220	0,32	17.	600	0,12
7.	220	0,27	18.	600	0,09
8.	240	0,20	19.	660	0,09
9.	240	0,39	20.	660	0,15
10.	260	0,33	21.	660	0,09
11.	280	0,11	22.	660	0,13

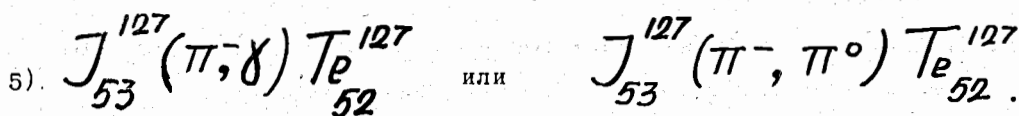
Обсуждение результатов

Прежде всего, следует отметить, что однозначная интерпретация экспериментальных результатов чрезвычайно осложняется присутствием в измеряемом препарате Te^{119} (K, γ ; $E_{\gamma} = 660$ Кэв; $T_{1/2} = 13 \pm 2,4$ часа)^{11/}. Этот изотоп даже при небольшом коэффициенте внутренней конверсии ($\sim 10^{-2}$), будет завывать выход Te^{127} , Te^{119} образуется при протонной бомбардировке йода в реакциях глубокого расщепления, которые можно записать схематически следующим образом:



Согласно полученным нами данным, сечения реакции типа (p, pxn) на йоде^{12/} и $(p, 2pxn)$ на теллуре при $X \geq 4$ не зависят от энергии протонов в интервале 120-660 Мэв. Поэтому вклад, вносимый Te^{119} в измеряемое сечение образования Te^{127} , тоже должен быть постоянным в этом интервале энергий, т.е. Te^{119} не может быть ответственным за повышенные значения экспериментально полученных сечений в интервале энергии бомбардирующих протонов 160-260 Мэв. Не удастся объяснить максимум и в том случае, если предположить, что Te^{127} образуется при облучении йода за счет реакций со вторичными частицами:





Из этих реакций наибольший вклад в образование Te^{127} , очевидно, приходится на долю первой, но отсутствие экспериментальных данных о функции возбуждения (n, p) реакций на йоде не позволяет провести точный расчет зависимости выхода продукта вторичной (n, p) реакции от энергии налетающих протонов. Однако, исходя из того, что в реакции (n, p) на йоде основную роль играет процесс непосредственного выбивания протонов ^{/13,14/}, когда E_n больше энергии связи протона, а число таких нейтронов должно возрасть с энергией бомбардирующих протонов ^{/15,16/}, можно предположить, что сечение образования Te^{127} монотонно возрастает. Сечение образования теллура - 127 за счет реакций на вторичных дейтронах, тритонах и α -частицах будет $\leq 10^{-29} \text{ см}^2$. Такое заключение было сделано из сопоставления сечений захвата этих частиц ядрами йода, сечений их образования при бомбардировке сложных ядер частицами высоких энергий и вероятностей испускания протонов и нейтронов возбужденными ядрами с $Z \approx 50$. Для оценки величины абсолютного сечения использовались данные по вторичным реакциям на α -частицах ^{/17,18/}. Сечение реакции $J_{53}^{127}(\pi^-, \pi^0) Te_{52}^{127}$ ^{/19,20/} на вторичных мезонах, оцененное на основании анализа литературных данных, должно быть меньше, чем 10^{-28} см^2 в области энергии налетающих протонов 150-350 Мэв.

Таким образом за счет вторичных реакций не удается объяснить наблюдаемую зависимость сечения образования Te^{127} от энергии бомбардирующих протонов. Нам кажется, что повышенный выход Te^{127} при энергии бомбардирующих протонов в области 220 Мэв можно объяснить образованием теллура по реакции

$J_{53}^{127}(p, p\pi^+) Te_{52}^{127}$. В этом случае увеличение сечения образования Te^{127} при энергии протонов менее 230 Мэв можно объяснить осуществлением реакции $p+p \rightarrow p+n+\pi^+$ внутри ядра с последующим вылетом из ядра протона и π^+ -мезона. При увеличении энергии налетающего протона, по-видимому, увеличивается вероятность вылета нейтрона, что приводит к уменьшению сечения образования Te^{127} .

Следует отметить, что при исследовании реакции $(p, p\pi^+)$ на меди ^{/3,4/}

функция возбуждения не проходила через максимум, а наблюдалось лишь замедление роста сечения реакции в интервале энергий 480-660 Мэв.

В ы в о д ы

1. Радиохимическим методом было обнаружено образование Te^{127} при бомбардировке J^{127} протонами с энергией 120-660 Мэв.
2. Наиболее вероятной реакцией, ответственной за повышенный выход Te^{127} в интервале энергий протонов 160-260 Мэв, является реакция $J_{53}^{127} (p, p\pi^+) Te_{52}^{127}$.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 октября 1960 года.

Л и т е р а т у р а

1. R.E.Batzel, D.R.Miller, G.T.Seaborg. Phys.Rev. 84, 671 (1951).
2. А.И.Виноградов, И.П.Алимарин, В.И.Баранов, А.К.Лаврухина, Т.В.Баранова, Ф.И.Павлоцкая. Сессия АН СССР по мирному использованию атомной энергии. Изд. АН СССР, стр.132, Москва, 1955г.
3. Si-Chang, A.Turkevich, Phys.Rev. 95, 176 (1954).
4. А.К.Лаврухина, И.М.Гречищева, Б.А.Хотин. Атомн.энерг., 6, вып.2.145, (1959).
5. Брауэр. Руководство по препаративной неорганической химии. Москва, ИИЛ, стр.147 (1956).
6. I.A.Seiler. Radiochem.Studies: the Fission Products. Book 3, 1589, 1951.
7. А.П.Виноградов, И.П.Алимарин, и др. Сессия АН СССР по мирному использованию атомной энергии. Заседание отделения химических наук. Изд.АН СССР, стр. 97, Москва, 1955г.
8. М.Я.Кузнецова, В.Н.Мехедов, В.Н.Рыбаков, В.А.Халкин. Атомная энергия, 4, вып. 6, 583 (1958).
9. М.Я.Кузнецова, В.Н.Мехедов. Изв. АН СССР, сер.физ. т.ХХI, № 7, 1020 (1958).
10. Ю.Д.Прокошкин, А.А.Тяпкин. ЖЭТФ, 32, 177,19.
11. Н.Г.Зайцева, М.Я.Кузнецова, И.Ю.Левенберг, В.Н.Покровский, В.А.Халкин. Изв. АН СССР, сер.физ. 24, № 9, 1083 (1960).
12. М.Я.Кузнецова, В.Н.Мехедов, В.А.Халкин. ЖЭТФ, 34, вып.5, 1096 (1958).
13. E.V.Paul, R.L.Clarke. Canadian Journal of Physics 31, No.2,267 (1953).
14. L.Colli, U.Facchini, I.Iori, M.Marcazzan, A.Sona. Nuovo Cim., XIII, No. 4, 730, 1959.
15. N.Metropolis, R.Bivins, M.Storm, A.Turkevich, J.M.Miller, G.Friedlander. Phys.Rev. 119, 185 1958.
16. N.Metropolis, R.Bivins, M.Storm, J.Miller, G.Friedlander, A.Turkevich. Phys.Rev. 110, 204, 1958.
17. М.Я.Кузнецова, В.Н.Мехедов, В.А.Халкин. Атомная энергия, 5, вып.4,455, 1958.
18. Ван Юн-юй, В.В.Кузнецов, М.Я.Кузнецова, В.А.Халкин. ЖЭТФ, 39, №2,230, 1960.
19. C.R.Richman, N.Weissbluth, H.A.Wilcox. Phys.Rev. 85,161 (1952).
20. W.Winsberg. Phys.Rev. 95, 198 (1954).