

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

СЗ46.48

П-312

1/VI-64.

P-1883



В.И. Петрухин, Ю.Д. Прокошкин

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

РАДИАЦИОННЫЙ ЗАХВАТ
ОСТАНОВИВШИХСЯ π^- -МЕЗОНОВ ЯДРАМИ

*Sov. Phys., 1965, v 66, n 3,
p. 669-672.*

1964

В.И. Петрухин, Ю.Д. Прокошкин

P-1663

РАДИАЦИОННЫЙ ЗАХВАТ
ОСТАНОВИВШИХСЯ π^- -МЕЗОНОВ ЯДРАМИ

Направлено в Nuclear Physics



Дубна 1964

2458/3 ур.

Радиационный захват остановившихся π^- -мезонов ядрами



протекающий с испусканием γ -квантов высокой энергии, наблюдался лишь для самых легких ядер - водорода^{1/} и гелия-3^{2/}. Для более тяжелых ядер реакция (1) должна быть резко подавлена интенсивным конкурирующим процессом развала ядра. Ниже описываются поисковые эксперименты, целью которых являлось наблюдение радиационного захвата π^- -мезонов сложными ядрами.

Эксперименты были выполнены на синхротроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ в 1962 г. Для регистрации γ -квантов, образующихся в процессе (1), был использован черенковский спектрометр полного поглощения, обладающий высокой эффективностью и не чувствительный к фону постороннего излучения^{3/}. π^- -мезоны с начальной энергией 70 Мэв проходили через ряд сцинтилляционных счетчиков, тормозились при по-

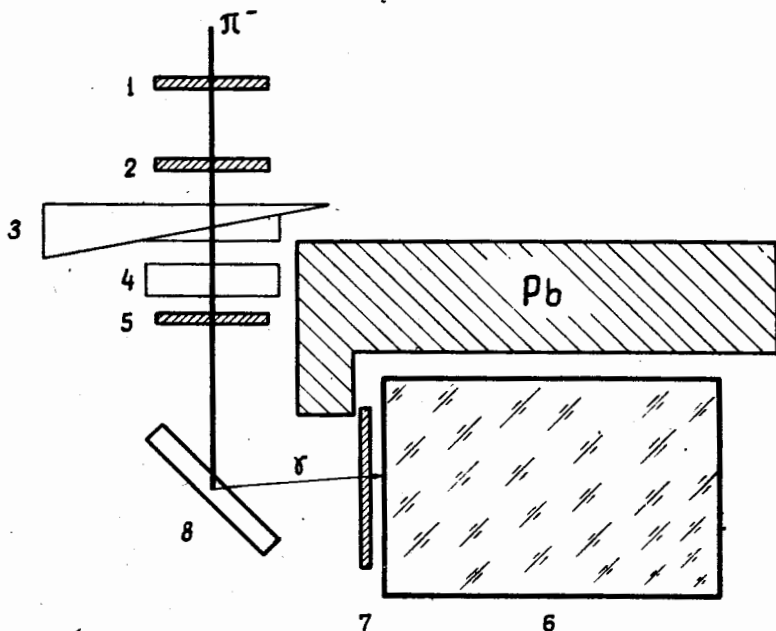


Рис. 1. Схема эксперимента. 1, 2 - сцинтилляционные счетчики монитора пучка π^- -мезонов, 3, 4 - тормозящие фильтры, 5 - сцинтилляционный счетчик, 6 - черенковский спектрометр полного поглощения, 7 - сцинтилляционный счетчик, включенный на антисовпадение, 8 - мишень, Pb - свинцовая защита.

моши фильтров и останавливались в мишени (рис. 1). Совпадения импульсов, возникающих на выходах спектрометра и помещенного в пучок π^- -мезонов сцинтилляционного счетчика 5 регистрировались наносекундной схемой совпадений^{14/}.

Наладка и калибровка аппаратуры была выполнена в экспериментах, где в качестве мишени использовался жидкий водород. Энергетический порог регистрации γ -квантов спектрометром был выбран равным 30 Мэв. При этом скорость счета γ - π^- совпадений достигала 1000 сек^{-1} . С удалением жидководородной мишени скорость счета падала в 50 раз. Измеренная зависимость скорости счета γ - π^- совпадений N_γ от толщины тормозящего фильтра R (рис. 2) совпадает с распределением π^- -мезонов по пробегам. Это подтверждает, что регистрируемые γ -кванты испускаются при захвате остановившихся π^- -мезонов.

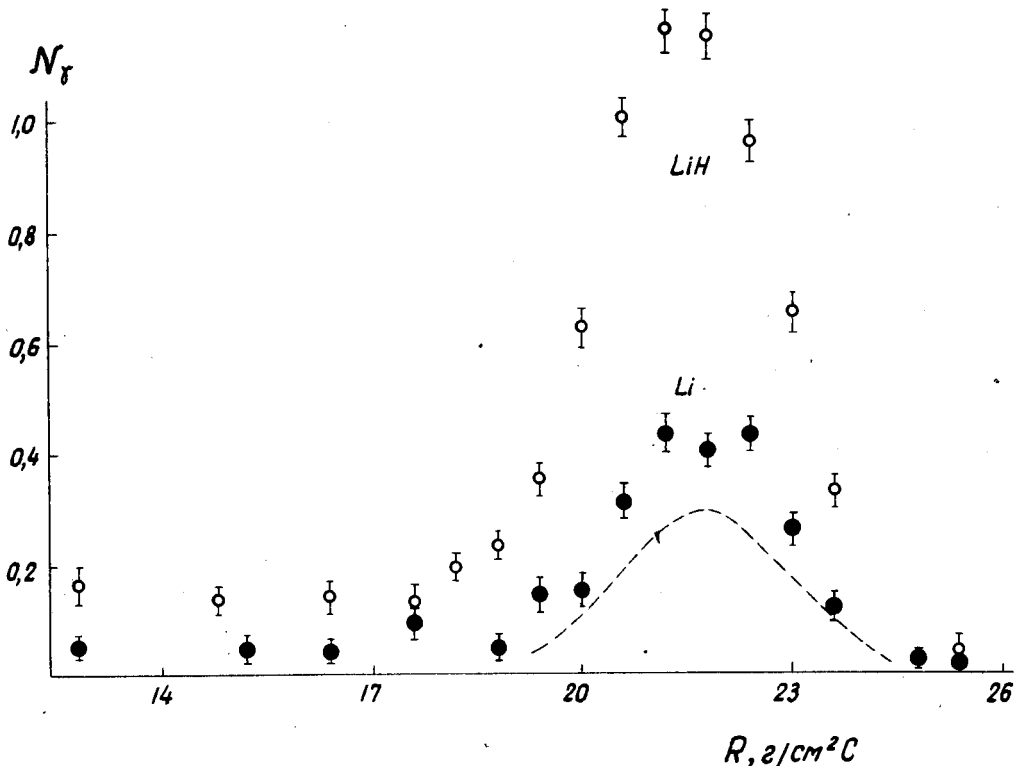


Рис. 2. Зависимость скорости счета γ - π^- совпадений N_γ (в относительных единицах) от толщины тормозящего фильтра R . \circ - мишень из гидрида лития, \bullet - мишень из лития. Пунктирная кривая - жидководородная мишень (масштаб 1/50).

Аналогичные измерения были проведены также с мишенями из водородосодержащих веществ (LiH, CH₂, CH), где захват π⁻-мезонов протонами резко подавлен благодаря интенсивному перехвату π⁻-мезонов ядрами, связанными с водородом^{/5/}. Полученная в этих опытах зависимость N_γ(R) в районе "пика" совпадает с наблюдавшейся в случае водорода. γ-кванты, регистрируемые установкой в области меньшей толщины R (рис. 2), возникают в результате перезарядки π⁻-мезонов на лету. С увеличением R сечение этого процесса быстро падает^{/3/}.

После проведения предварительных экспериментов в пучок π⁻-мезонов была помещена мишень из лития. Измеренная зависимость N_γ(R) приведена на рис. 2. Как видно из этого рисунка, зависимость N_γ(R) в случае литиевой мишени имеет тот же характер, что и для мишеней, содержащих водород. Аналогичные кривые были получены при использовании мишеней из графита, титана и свинца. Сопоставление скоростей счета N_γ при включенном и выключенном счетчике антисовпадений 7 показало, что спектрометр регистрирует практически только γ-кванты - примесь регистрируемых заряженных частиц не превышала 1%. Наличие в зависимостях N_γ(R) четко выраженного "пика" в области остановок π⁻-мезонов показывает, что зарегистрированный малоинтенсивный процесс (1) протекает в сложных ядрах при захвате остановившихся π⁻-мезонов.

Идентификация наблюдающегося процесса является однозначной, поскольку в предыдущих экспериментах^{/6/} было показано, что вероятность перезарядки остановившихся π⁻-мезонов

$$\pi^- + (Z)_A \rightarrow \pi^0 + (Z-1)_A, \quad \pi^0 + 2\gamma, \quad (2)$$

при которой также испускаются γ-кванты, подавлена в исследуемых сложных ядрах более, чем в 10⁴ раз. Эти же эксперименты дают низкий верхний предел для вероятности испускания трех и более γ-квантов высокой энергии.

Величина вероятности V радиационного захвата (P) была определена тремя различными методами путем сопоставления скоростей счета γ-квантов, испускаемых из исследованных мишеней. 1) Отношение выходов γ-квантов N_γ^{*} (за вычетом небольшого вклада от перезарядки на лету^{/5/}) из жидководородной и литиевой мишеней оказалось равным 36 ± 6. С учетом различия в числе остановок π⁻-мезонов в мишенях это дает для лития V_{Li} = (2,3 ± 0,6) · 10⁻². 2) Отношение величин N_γ^{*} для мишеней из Li и LiH получено равным (0,36 ± 0,06). Отсюда на основании известной величины вероятности поглощения π⁻-мезонов ядрами водорода, связанными в LiH^{/8/}, получаем V_{Li} = (2,1 ± 0,6) · 10⁻². 3) Величина V_{Li} может быть найдена также путем сопоставления измеренных отношений скоростей счета одиночных γ-квантов (N_γ^{*})_{LiH} / (N_γ^{*})_{LiH} и пар γ-квантов (N_γ^{*})_{H₂} / (N_γ^{*})_{LiH}^{/5/} для мишени из гидрида лития и жидководород-

ной мишени. Этим методом получено $V_{Li} = (2,5 \pm 0,9) \cdot 10^{-2}$. Усреднение полученных разными методами величин дает

$$V_{Li} = (2,3 \pm 0,5) \cdot 10^{-2}$$

Аналогичным способом была определена вероятность радиационного захвата в углероде

$$V_o = (1,8 \pm 0,4) \cdot 10^{-2}$$

Сравнение выходов γ -квантов N^*_γ из различных мишеней показало, что вероятность радиационного захвата практически не изменяется с ростом заряда и массы ядра:

Ядро (x)	Li	C	Ti	Pb
V_x / V_o	$1,3 \pm 0,2$	1,00	$1,2 \pm 0,3$	$1,0 \pm 0,2$
$V_x \cdot 10^{-2}$	$2,3 \pm 0,5$	$1,8 \pm 0,4$	$2,2 \pm 0,6$	$1,8 \pm 0,5$

Сведения об энергетическом спектре γ -квантов, испускаемых при радиационном захвате пионов ядрами, были получены путем сравнения скоростей счета N^*_γ при различных энергетических порогах черенковского спектрометра $E_{п} = 30$ и 45 Мэв. Отношение величин $(N^*_\gamma)_{Li} / (N^*_\gamma)_{H_2}$ для этих порогов оказалось равным $1,1 \pm 0,1$. Отсюда следует, что спектр испускаемых из лития γ -квантов является столь же "жестким", как и в случае водорода, где средняя энергия спектра составляет 85 Мэв.

Отношения выходов γ -квантов при различных порогах спектрометра были измерены для углерода, лития и свинца. При этом получено

$$\left[\frac{(N^*_\gamma)_{Li}}{(N^*_\gamma)_o} \right]_{E_{п} = 45 \text{ Мэв}} / \left[\frac{(N^*_\gamma)_{Li}}{(N^*_\gamma)_o} \right]_{E_{п} = 30 \text{ Мэв}} = 1,0 \pm 0,1$$

Для свинца аналогичная величина равна $1,2 \pm 0,1$. Отсюда следует, что энергетический спектр γ -квантов, испускаемых при радиационном захвате пионов ядрами слабо зависит от заряда и веса ядра.

Л и т е р а т у р а

1. W.K.H. Panofsky, R.L. Amos, J. Hadley, Phys. Rev., 81, 565 (1951).
2. О.А. Займидорога, М.М. Кулюкин, Р.М. Суляев, И.В. Фаломкин, А.И. Филиппов, В.М. Цупко-Ситников, Ю.А. Шербаков. ЖЭТФ, 44, 1180 (1963).
3. А.Ф. Дунайцев, В.И. Петрухин, Ю.Д. Прокошкин, В.И. Рыкалин. ЖЭТФ, 42, 632 (1962); Nuovo Cim., 24, 405 (1962); Phys. Lett., 1, 138 (1962).
4. А.Ф. Дунайцев, Ю.Д. Прокошкин. ПТЭ, в печати (1964). Препринт 1425, Дубна (1963).
5. A.F. Dunatsev, V.I. Petrukhin, Yu.D. Prokoshkin, Dubna, Preprint E-1471 (1963); V.I. Petrukhin, Yu.D. Prokoshkin. Nuovo Cim., 28, 99 (1963).
6. В.И. Петрухин, Ю.Д. Прокошкин. Препринт P-1470, Дубна (1963). Nuclear Phys., 54, in print (1964).

Рукопись поступила в издательский отдел
30 апреля 1964 г.