



INDC(CCP)-242/G

ЦЕНТР ДАННЫХ ФОТОЯДЕРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

# ФОТОЯДЕРНЫЕ ДААННЫЕ

P H O T O N U C L E A R   D A T A

## № 7    1983

ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

1984



МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОЛЖАБЫНСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

---

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ЦЕНТР ДАННЫХ ФОТОНЕРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В.Б.Варламов, И.М.Капитонов, А.П.Черняев

ФОТОНЕРНЫЕ ДАННЫЕ - 1983

Информационный бюллетень

№ 7

Издательство Московского университета

1984

Барламов В.В., Капитонов И.М., Черняев А.П. Фотоядерные данные - 1983. Информационный бюллетень № 7. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984, 80 стр., 1 табл.

Настоящий информационный бюллетень включает в себя сведения об экспериментальных работах, посвященных исследованию фотоядерных процессов в атомных ядрах и опубликованных в 1983 году в периодической литературе.

С77(02)-94-заказная



Издательство Московского университета, 1984 г.





ЦЕНТР ДАННЫХ ФОТОЯДЕРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ  
119899 Москва, Ленинские горы, МГУ, НИИЯФ

CENTRE FOR PHOTONUCLEAR EXPERIMENTS DATA  
Institute of Nuclear Physics, MSU, 119899, USSR

Настоящий Информационный бюллетень подготовлен Центром данных фотоядерных экспериментов Научно-исследовательского института ядерной физики Московского государственного университета.

Бюллетень включает в себя сведения о работах, опубликованных в течение 1983 года в периодической научной литературе и посвященных экспериментальному исследованию ядерных реакций под действием фотонов, электронов, и процессов радиационного захвата. В сборник включены работы, выполненные в области энергий возбуждения атомных ядер, заключенной между нуклонным и мезонным порогами. Бюллетень содержит сведения о самих работах, особенностях использованных экспериментальных методик, основных полученных физических результатах, а также библиографию и авторские аннотации работ, авторский указатель.

Кроме подготовки изданий информационного характера Центр данных фотоядерных экспериментов компилирует в рамках международного обменного формата EXFOR экспериментальные данные по фотоядерным реакциям, полученные в работах советских авторов.

Надеюсь, что обмен информацией между Центром данных фотоядерных экспериментов и физиками, работающими в области фотоядерных исследований, будет способствовать прогрессу этих исследований.

Руководитель  
Центра данных фотоядерных экспериментов,  
профессор

Head  
of the Centre for Photonuclear Experiments Data,  
Professor

The present information bulletin has been prepared in the Centre for Photonuclear Experiments Data at the Institute of Nuclear Physics of Moscow State University.

The bulletin includes information about the works that has been published during 1983 in the periodical scientific literature, and is devoted to the experimental investigation of nuclear reactions with photons, electrons and the processes of radiative capture. The works carried out in the excitation energy range between nucleon and meson thresholds are included. The bulletin contains information about the works themselves, features of the experimental methods used, fundamental physical results obtained, and also the bibliography and author abstracts of the works, and the author index.

In addition to the preparation of the information publications, the Centre for Photonuclear Experiments Data compiles, by means of international exchange format EXFOR, the experimental photonuclear reaction data obtained in the works of Soviet authors.

I hope that information exchange between the Centre for Photonuclear Experiments Data and physicists that are working in the field of photonuclear studies will assist in the progress in these studies.

Б.С.ИШКАНОВ

B.S. ISHKANOV

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий информационный бюллетень является продолжением бюллетеней № 1-6, опубликованных ранее.

Бюллетень № 7 включает в себя таблицу фотоядерных данных, в которой систематизированы результаты экспериментальных исследований, опубликованных в 1983 году, аннотации работ и авторский указатель.

При подготовке информационного бюллетеня № 7 были использованы указанные советские и иностранные журналы.

1. Ядерная физика
2. Изв. АН СССР. Сер. физическая
3. Изв. АН Каз.ССР. Сер. физико-математическая
4. Изв. АН Лат.ССР. Сер. физических и технических наук
5. Письма в ЖЭТФ
6. Атомная энергия
7. Вестн. Моск. ун-та. Сер. Физика. Астрономия
8. Известия высших учебных заведений. Физика
9. Украинский физический журнал
10. Сб. "Проблемы ядерной физики и космических лучей". Харьков
11. Сб. "Вопросы атомной науки и техники". Серия: Общая и ядерная физика
12. Сб. "Вопросы атомной науки и техники". Серия: Ядерные константы
13. Nuclear Physics, A
14. Physics Letter, B
15. Physical Review, C
16. Physical Review Letters
17. Zeitschrift für Physik, A
18. Canadian Journal of Physics
19. Australian Journal of Physics
20. Journal of Physical Society of Japan
21. Journal of Physics G: Nuclear Physics
22. Nuclear Instruments and Methods
23. Il Nuovo Cimento

PREFACE

The present information bulletin is the continuation of bulletins No. 1-6 which have been published previously.

The bulletin No.7 includes the table of photonuclear data, in which the results of the experimental studies published in 1983 are systematized, abstracts of papers, an author index.

In the preparation of information bulletin No.7 the following Soviet and foreign journals have been used.

## ПОЯСНЕНИЯ К ТАБЛИЦЕ

В таблицу "ФОТОНУКЛЕАРНЫЕ ДАННЫЕ" включены сведения о работах, содержащих информацию об электромагнитных возбуждениях в атомных ядрах, кроме результатов исследования процессов радиационного захвата тепловых нейтронов, имеющих весьма специфическую природу.

Включенные в таблицу экспериментальные результаты относятся к области энергий возбуждения, заключенной между нуклонным и мезонным порогами.

Экспериментальная информация в таблице приводится, как правило, отдельно для каждого из исследованных ядер, расположенных в порядке возрастания атомного номера элемента (в ограниченном числе случаев допущены исключения из этого правила, вызванные соображениями удобства расположения информации). Принципы, положенные в основу построения таблицы, хотя и приводят к некоторым повторениям, облегчают пользование таблицей.

Термины, обозначающие графы таблицы, имеют следующее содержание:

- "NUCLEUS" - символ элемента с указанием массового числа (слева, выше); в случае использования мишени из естественной смеси изотопов массовое число не указывается;
- "REACTION" - символ реакции вне зависимости от способа ее исследования и исследованного канала (указано далее); например, фотонейтронная реакция, исследованная с помощью  $\gamma$ -квантов, сопровождающих распад уровней конечного ядра, обозначается  $(\gamma, n)$ ; реакция радиационного захвата обозначается  $(p, \gamma)$ ,  $(\alpha, \gamma)$  и так далее, несмотря на то, что в большинстве случаев речь идет лишь о канале образования конечного ядра в основном состоянии; в случае (квази-)монохроматического  $\gamma$ -излучения используется символ " $\gamma$ ";

## EXPLANATION OF TABLE

Table "PHOTONUCLEAR DATA" contains information about the electromagnetic excitations in atomic nuclei with the exception of the results of studies of the processes of radiation capture of thermal neutrons, which are of highly specific nature.

The experimental results included here refer to the excitation energy region between the nucleon and meson thresholds.

Experimental information is given, as a rule, separately for each of the studied nuclei in the order of increasing atomic number of the element (there are few exceptions made for the convenience of presentation of the material). The principles underlying the arrangement of the table, though sometimes lead to repetitions, facilitate the use of it.

The terms designating the columns of the table are as follows:

- is the element symbol with the mass number (left, above) indicated; when a target made of a natural mixture of isotopes is used, the mass number is not indicated;
- is a symbol of reaction regardless the method of its investigation and the channel under study (indicated later); for instance, a photoneutron reaction studied using the de-excitation of  $\gamma$ -quanta is denoted by  $(\gamma, n)$ , the radiative capture reactions are designated as  $(p, \gamma)$ ,  $(\alpha, \gamma)$ , and so forth, despite the fact that it is only the channel of formation of the final nucleus in the ground state that is discussed in most cases; for the (quasi-)monochromatic  $\gamma$ -radiation the symbol " $\gamma$ " is used.

"ENERGY" - энергия или область энергий возбуждения (в МэВ) в случае реакций с фотонами; для реакций с электронами и для реакций радиационного захвата в ряде случаев приводятся энергии или области энергий налетающих частиц (при этом дается подстрочный символ налетающей частицы, например, в случае реакций с электронами -  $E_e$ );

"METHOD-  
-DEVICE" - метод получения данных или основной элемент экспериментальной установки;

"ANGLES" - значения или диапазоны углов (в градусах), для которых проводились измерения;

"RESULTS" - краткое перечисление основных результатов выполненных измерений и изложение информации, извлекаемой и/или обсуждаемой авторами (упоминаются лишь фактические результаты, приводимые в работах в виде рисунков, таблиц или численных значений);

В данной графе таблицы в случае, если приводятся результаты, относящиеся к реакции иного типа, чем указанная в графе "REACTION", в частности, в случае парциального канала основной реакции, даются соответствующие указания;

"No." - порядковый номер соответствующей работы в списке аннотаций статей.

В тех случаях, когда в работе отсутствуют конкретные данные, соответствующие выделенным графам таблицы (например, при ссылке на ранее опубликованную методику измерений или при новом анализе полученных ранее данных), в графах таблицы дается прочерк " - ".

- is the excitation energy or the energy region (in MeV) for the reactions induced by photons; for electron-induced reactions and for radiative capture the energies or energy range of incident particles is sometimes indicated (then, the incident particle is denoted by a subscript, e.g., for electron-induced reactions -  $E_e$ );

- is the method of data extraction or the principal device of the experimental setup used;

- are the values or ranges of the angles (in degrees) at which measurements were made;

- is a brief list of the main results of the measurements made and the description of information extracted and/or discussed by the authors (only the actual results given in papers as diagrams, tables, or numerical values are mentioned);

If the indicated results refer to a reaction different from that given in the column "REACTION", in particular for the partial channel of the basic reaction, it is specially mentioned;

- is the index of the work in the list of the abstracts.

In those cases when the work referred to has no specific data corresponding to the columns of table (e.g., in referring to the earlier published methods of measurement or in a new analysis of the previously obtained data) the columns contain the symbol " - ".

## PHOTONUCLEAR DATA

Table

NUCLEUS	REACTION	ENERGY (MeV)	METHOD - DEVICE	ANGLES (DEGREES)	RESULTS	No.
1	2	3	4	5	6	7
$^2\text{H}$	(e, e')	$E_e = 380$	energy loss of spectrometer	160	spectra of the electrons; relative yields; cross sections; form factors	1
$^2\text{H}$	(J, n)	6-13	scintillator	90	polarization	2
$^2\text{H}$	(J, p)	40-70	scintillator	75-90	asymmetry parameters of the cross sections	3
$^3\text{He}$	(J, 2p)	80-170	scintillator	90	spectra of the protons; cross section	4
$^3\text{He}$	(e, d); (J, d)	$E_e = 100$	magnetic spectrometer	30-160	angular distribution of the deuterons; isochromats; cross sections; E1 and E2 strengths	5
$^3\text{He}$	(J, d)	$\leq 350$	magnetic spectrometer	72-103	spectra of the deuterons; differential cross sections	6
$^3\text{He}$	(p, J)	$E_p = 18-45$	NaJ	34-135	angular distributions of the photons; differential cross sections for (p, J <sub>0</sub> ) reaction	7
$^3\text{He}$	(p, J)	21-32	NaJ	35-135	spectra and angular distributions of the photons; differential cross sections	8

1	2	3	4	5	6	7
$^3\text{He}$	(p, $\gamma$ )	$E_p = 6.5-16.0$	NaJ	30-150	angular distributions of the photons	9
$^4\text{He}$	( $\gamma$ ,p)	50-140	-	-	impulse distribution of the protons; differential cross section	10
$^4\text{He}$	(p, $\gamma$ ); ( $\gamma$ ,p)	$E_p = 8.34-13.60$	NaJ	90	spectra and yields of the photons; cross sections	11
$^4\text{He}$	(e,e')	$E_e = 400$	magnetic spectrometer	35-130	spectra of the electrons; differential cross sections; form factors	12
$^7\text{Li}$	(e,e')	$E_e = 80-300$	energy loss spectrometer	150-180	form factors	13
$^7\text{Li}$	( $\gamma$ ,n); ( $\gamma$ ,p)	60-120	magnetic spectrometer (recoil-ion technique)	30-150	differential cross sections for the ( $\gamma$ ,n <sub>0</sub> +n <sub>2</sub> ) and ( $\gamma$ ,p <sub>0</sub> ) reactions; integrated cross sections; cross section ratios	14
$^7\text{Be}$	( $\alpha$ , $\gamma$ ); ( $^3\text{He}$ , $\gamma$ )	$E_\alpha = 2.66$ $E_{^3\text{He}} = 2.15$	Ge(Li); NaJ(Tl)	-	spectra of the photons; cross sections; zero-energy factor S(0)	15
$^7\text{Be}$	( $^4\text{He}$ , $\gamma$ )	$E_{^4\text{He}} = 5.48-$ $6.00$	activity	-	cross section; zero-energy factor S(0)	16

continuation

1	2	3	4	5	6	7
$^7\text{Be}$	( $^3\text{He}, \gamma$ )	$E_{^3\text{He}} = 19-26$	NaJ(Tl)	90	spectrum of the photons; differential cross sections	17
$^9\text{Be}$	(e, e')	$v_e = 100-285$	magnetic spectrometer	90-160	spectrum of the electrons; form factors	18
$^9\text{Be}$	( $\gamma, n$ )	1.576	$\text{BF}_3$	-	cross section	19
$^{10}\text{Be}$	(n, $\gamma$ )	$E_n = 0.5-11.0$	Ge	-	energies of the levels; neutron separation energy	20
Be	(e, e')	$E_e = 200-350$	energy-loss spectrometer	20	differential cross-section; integrated cross section	21
$^8\text{B}$	(p, $\gamma$ )	$E_p = 0.40-0.55$	NaJ(Tl)	90	excitation function; total cross section	22
$^8\text{B}$	(p, $\gamma$ )	$E_p = 0.117-1.23$	Si(Li)	-	total cross section; S-factor	23
$^{11}\text{C}$	(p, $\gamma$ )	$E_p = 0.07-2.20$	Ge(Li)	0-55	spectra and angular distribution of the photons; excitation functions; spectroscopic factors;	24

1	2	3	4	5	6	7
$^{12}\text{C}$	(p, $\gamma$ )	$E_p = 18-45$	NaJ	34-135	spectra and angular distributions of the photons; differential cross sections for reactions (p, $\gamma_x$ )	7
$^{12}\text{C}$	(p, $\gamma$ ) ( $\gamma$ ,p)	$E_p = 18-43$	NaJ	35-145	spectrum and angular distribution of the photons; differential cross sections for reactions (p, $\gamma_x$ ), ( $\gamma$ ,p), ( $\gamma$ ,p <sub>0</sub> ); cross sections; integrated cross sections	25
$^{12}\text{C}$	( $\gamma$ ,pn)	$\leq 150$	diffusion cloud chamber in magnetic field	0-180	angular distributions of the products; differential cross sections	26
$^{12}\text{C}$	( $\gamma$ , $\gamma$ )	20-40	NaJ(Tl)	45-135	angular distributions of the photons; differential cross sections; E2 cross section	27
$^{12}\text{C}$	(e,e')	$E_e = 130-260$	magnetic spectrometer	42-140	form factors; cross section suppression factors; momentum transfers	28
$^{12}\text{C}$	(e,e')	$E_e = 2100$	magnetic spectrometer	15.5	spectrum of the electrons	29
$^{12}\text{C}$	( $\gamma$ ,p)	$\leq 800$	E $\Delta$ E	41	differential cross section	30

continuation

1	2	3	4	5	6	7
$^{12}\text{C}$	(e,e')	$E_0 = 120-680$	magnetic spectrometer	30-145	response functions	31
$^{13}\text{C}$	(J,p)	$\leq 28$	activity	-	cross section; integrated cross sections; isospin components	32
C	(e,e')	$E_0 = 200-350$	energy-loss spectrometer	20	differential cross section; integrated cross section	21
$^{15}\text{N}$	(n,J)	$E_n = 0.5-11.0$	Ge	-	energies of the levels; neutron separation energy	20
$^{15}\text{N}$	(J,n)	$\leq 25$	time-of-flight	45-140	spectra and angular distributions of the neutrons; cross sections for the reactions (J,n), (J,n <sub>0</sub> )	33
$^{15}\text{N}$	(e,e')	$E_0 = 70.4-326.7$	magnetic spectrometer	180	cross sections; form factors	34
$^{15}\text{N}$	(t,J); (J,t)	15.5-24.5	NaJ	55-125	spectra and angular distributions of the photons; cross section; cross sections for the (t,J <sub>0</sub> ) and (J,t <sub>0</sub> ) reactions	35
$^{16}\text{O}$	(p,J)	$E_p = 18-45$	NaJ	34-135	spectra and angular distributions of the photons; differential cross sections for reactions (p,J <sub>x</sub> )	7

1	2	3	4	5	6	7
$^{16}\text{O}$	( $\gamma, \gamma$ )	20-40	NaJ(Tl)	45-135	angular distribution of the photons; differential cross sections; E2 cross section	27
$^{16}\text{O}$	( $\gamma, n$ )	17-33	$\text{BF}_3$	$4\pi$	cross sections for the reactions ( $\gamma, 1n$ ), ( $\gamma, 2n$ )	36
$^{16}\text{O}$	( $p, \gamma$ )	$E_p = 2.5-9.5$	NaJ	45-135	spectra and angular distributions of the photons; cross sections for the reactions ( $p, \gamma$ ), ( $p, \gamma_1$ ), ( $p, \gamma_{12}$ ); spins, parities, isospins, widths of the levels; transition strengths; transition matrix elements	37
$^{16}\text{O}$	( $p, \gamma$ )	$E_p = 18-40$	NaJ	34.5-135.6	spectra and angular distributions of the photons; differential cross sections; cross sections for various final states	38
$^{16}\text{O}$	( $e, e'$ )	16-20	energy-loss spectrometer	93-165	spectra and angular distributions of the electrons; transition radii; reduced transition probabilities	39
$^{16}\text{O}$	( $\gamma, \text{tot}$ )	$\leq 38$	time-of-flight	90	cross section; integrated cross sections; sum-rule exhaustion	40
$^{17}\text{O}$	( $e, e'$ )	11.0-15.3	magnetic spectrometer	129-153	spectra and angular distributions of the electrons; transition strengths; reduced transition probabilities	41

continuation

1	2	3	4	5	6	7
$^{17}\text{O}$	$(\alpha, \gamma)$	9-11	Ge(Li)	-	spectra of the photons; transition strengths	42
$^{18}\text{O}$	$(e, e')$	16.40-18.87	magnetic spectrometer	105-153	spectra and angular distributions of the electrons; energies, spins, parities and widths of the levels; reduced transition probabilities	43
$^{17}\text{F}$	$(^3\text{He}, \gamma)$	$E_{^3\text{He}} = 3-19$	NaJ(Tl)	20-140	angular distribution of the photons; differential cross sections for the reactions $(^3\text{He}, \gamma_{0+1}), (^3\text{He}, \gamma_2), (^3\text{He}, \gamma_3)$ ; energies, spins, parities and widths of the levels	17
$^{18}\text{F}$	$(^3\text{He}, \gamma)$	$E_{^3\text{He}} = 3-19$	NaJ(Tl)	80-140	angular distributions of the photons; differential cross sections for the reactions $(^3\text{He}, \gamma), (^3\text{He}, \gamma_0), (^3\text{He}, \gamma_{1-4})$ ; energies, spins, parities and widths of the levels	17
$^{19}\text{Ne}$	$(^3\text{He}, \gamma)$	$E_{^3\text{He}} = 3-19$	NaJ(Tl)	80-140	angular distributions of the photons; differential cross sections for the reactions $(^3\text{He}, \gamma), (^3\text{He}, \gamma_{0-2}), (^3\text{He}, \gamma_{3-5}), (^3\text{He}, \gamma_6)$ ; energies, spins, parities and widths of the levels	17
$^{20}\text{Ne}$	$(\alpha, \gamma)$	$E_{\alpha} = 8.162-$ $-8.170$	NaJ(Tl)	90	spectra and yields of the photons; cross sections for the reactions $(\alpha, \gamma), (\alpha, \gamma_0)$	44
$^{22}\text{Na};$ $^{23}\text{Na}$	$(p, \gamma)$	$E_p = 0.3-1.6$	Ge(Li)	39-116	spectra and angular distributions of the photons; excitation functions; transition strengths; spectroscopic factors	45

1	2	3	4	5	6	7
$^{23}\text{Mg}$	$(^3\text{He}, \gamma)$	$E_{^3\text{He}} = 3-19$	NaJ(Tl)	20-140	angular distributions of the photons; differential cross sections for the reactions $(^3\text{He}, \gamma)$ , $(^3\text{He}, \gamma_{0+1})$ ; energies, spins, parities and widths of the levels	17
$^{24}\text{Mg}$	$(\alpha, \gamma)$	$E_{\alpha} = 0.55-3.20$	Ge(Li)	30-120	spectra and angular distributions of the photons; branching ratios; mixing ratios; resonance strengths; spins, parities, isospins, widths of the levels	46
$^{24}\text{Mg}$	$(\gamma, p)$ ; $(\gamma, n)$ ; $(\gamma, \alpha)$	$\leq 28$	Ge(Li); magnetic spectrometer	90-153	spectra of de-excitation $\gamma$ -rays; spectra of the protons; differential cross sections for the $(\gamma, p_0)$ , $(\gamma, p_1)$ , $(\gamma, \alpha_0)$ and $(\gamma, \alpha_1)$ reactions; integrated cross sections	47
$^{27}\text{Al}$	$(\gamma, p)$	$\leq 800$	E $\Delta$ E	41	differential cross section	30
$^{27}\text{Al}$	$(p, \gamma)$	$E_p = 0.386-0.393$	NaJ(Tl)	0	yield; response strength	48
$^{27}\text{Al}$	$(e, e')$	$E_e = 60.3-339.1$	magnetic spectrometer	90-180	spectrum and angular distribution of the electrons; form factors; cross sections	49

Continuation

1	2	3	4	5	6	7
$\Lambda 1$	(e,e')	$E_e = 200-350$	energy-loss spectrometer	20	differential cross section; integrated cross section	21
$^{28}\text{Si}$	(p,J)	11.58-14.36	NaJ	90	yields; cross sections; resonance strengths; spectroscopic factors	50
$^{28}\text{Si}$	( $J,p$ ); ( $J,\infty$ )	15.6 - 22.5	Si(Li)	4T	spectra of the products; cross sections for various final states; total cross sections	51
$^{28}\text{Si}$	( $\infty,J$ ); ( $J,\infty$ )	14 - 22	NaJ(Tl)	45-132	spectra and angular distributions of the photons; cross sections for the reactions ( $\infty,J$ ), ( $\infty,J_0$ ), ( $J,\infty_0$ ); integrated cross sections; E1, E2 contributions; branching ratios; isospin mixing	52
$^{28}\text{Si}$	( $J,n$ )	13.4-33.1	$\text{BF}_3$	4T	cross section; integrated cross sections and moments	53
$^{28}\text{Si}$	(p,J)	$E_p = 11-39$	NaJ	-	spectra of the photons; cross sections for various final states; resonance strengths; spectroscopic strengths	54

## Continuation

1	2	3	4	5	6	7
$^{28}\text{Si}$	(e,e')	$E_e = 96-279$	magnetic spectrometer	90-160	spectrum of the electrons; form factors	55
$^{28}\text{Si}$	(e,e')	7.3-7.5	magnetic spectrometer	90-160	spectrum of the electrons; form factors	56
$^{28}\text{Si}$	(p, $\gamma$ )	$E_p = 1.625$	Ge(Li)	0-90	spectra and angular distributions of the photons; differential cross sections	57
$^{29}\text{Si}$	(n, $\gamma$ )	$E_n = 0.5-11.0$	Ge	-	energies of the levels; neutron separation energy	20
$^{29}\text{Si}$	( $\gamma$ ,n)	13.4-33.1	$\text{BF}_3$	4W	cross section; integrated cross sections and moments	53
$^{30}\text{Si}$	(n, $\gamma$ )	$E_n = 0.5-11.0$	Ge	-	energies of the levels; neutron separation energy	20
$^{30}\text{Si}$	( $\gamma$ ,n); ( $\gamma$ ,2n); ( $\gamma$ ,tot)	13.4-33.1	$\text{BF}_3$	4W	cross sections; integrated cross sections and moments	53
Si	( $\gamma$ ,n)	13.4-33.1	$\text{BF}_3$	4W	cross section; integrated cross sections and moments	53

Continuation

1	2	3	4	5	6	7
$^{36}\text{Ar}$	( $\gamma, \gamma$ )	10.31-11.08	NaJ	0-180	spectra and angular distributions of the photons; energies, spins and parities of the resonances; resonance strengths	58
$^{40}\text{Ar}$	( $\gamma, n$ ); ( $\gamma, 2n$ ); ( $\gamma, p$ ); ( $\gamma, d$ ); ( $\gamma, np$ ); ( $\gamma, 2p$ ); ( $\gamma, Xn$ ); ( $\gamma, \text{tot}$ )	$\leq 28$	activity; $\text{BF}_3$	- 4 $\pi$	cross sections; integrated cross sections	59
$^{40}\text{Ca}$	( $e, \gamma$ ); ( $\gamma, \gamma$ )	10.5-32.5	-	90	cross sections; E1, E2 components	60
$^{40}\text{Ca}$	( $e, e'$ )	$E_0 = 100-375$	magnetic spectrometer	90-140	response functions; integrated response functions	61
$^{42}\text{Ca};$ $^{44}\text{Ca}$	( $e, e'$ )	$E_0 = 62.5-75.0$	magnetic spectrometer	55-97	differential form factors	62
$^{48}\text{Ca}$	( $e, e'$ )	$E_0 = 30.05-$ $-145.03$	magnetic spectrometer	105-165	spectra and angular distributions of the electrons; cross sections; transition strengths; reduced transition probabilities; form factors	63

1	2	3	4	5	6	7
$^{41}\text{Sc}$	(p, $\gamma$ )	$E_p = 2.1-3.1$	Ge(Li)	0-90	spectra and angular distributions of the photons; differential cross sections; resonance strengths; spectroscopic factors	64
$^{43}\text{Tl}$	( $^3\text{He}, \gamma$ )	$E_{^3\text{He}} = 19-26$	NaJ(Tl)	90	differential cross sections for the reactions ( $^3\text{He}, \gamma$ ), ( $^3\text{He}, \gamma_{0-2}$ )	17
$^{46}\text{Tl}$	(p, $\gamma$ )	$E_p = 1.78-1.80$	Ge(Li)	90	spectra of the photons; lifetimes of the levels; transition strengths	65
$^{48}\text{Tl}$	( $\gamma, p$ )	$\leq 800$	E $\Delta$ E	41	differential cross section	30
$^{48}\text{Tl}$	( $\gamma, \gamma'$ )	6.60-7.36	Ge(Li)	100-150	spectra and angular distributions of the photons; cross sections; spins, parities, widths of the levels	66
$^{51}\text{V}$	(e,e')	8-11	magnetic spectrometer	3-165	spectra and angular distributions of the electrons; correlation coefficients; cross sections; reduced transition probabilities	67
V	(e,e')	$E_e = 200-350$	energy-loss spectrometer	20	differential cross section; integrated cross section	21

## Continuation

1	2	3	4	5	6	7
$^{50}\text{Cr};$ $^{52}\text{Cr}$	(e,e')	$E_e = 30-400$	magnetic spectrometer	35-120	spectra and angular distributions of the electrons; cross sections; form factors; charge distributions	68
$^{52}\text{Cr}$	(p, $\gamma$ )	$E_p = 1.17-2.15$	pair-spectrometer; NaJ(Tl)	55	partial cross sections; cross sections	69
$^{52}\text{Cr}$	( $\gamma$ , $\gamma$ )	9.14	Ge(Li); NaJ	130-136	cross sections; transition strength; spins, parities, widths of the resonances	70
$^{54}\text{Cr}$	(e,e')	$E_e = 30-400$	magnetic spectrometer	35-120	spectra and angular distributions of the electrons; cross sections; form factors; charge distributions	68
$^{53}\text{Mn}$	(p, $\gamma$ )	$E_p = 2.72-4.71$	NaJ(Tl)	0-180	spectra and angular distributions of the photons; excitation functions; branching ratios; Coulomb displacement energies; energies, spins, parities, widths of isobaric analog resonances	71
$^{55}\text{Mn}$	(p, $\gamma$ )	$E_p = 1.5-3.0$	Ge(Li)	55	spectra of the photons; partial cross sections; excitation functions; radiative strength functions	72

1	2	3	4	5	6	7
$^{56}\text{Mn}$	(n, $\gamma$ )	$E_n = 0.1-10.0$	activity	-	reaction rate	73
$^{56}\text{Fe}$	( $\gamma$ , $\gamma$ )	9.14	Ge(Li); NaJ	130-136	cross sections; transition strength; spins, parities, widths of the resonances	70
$^{56}\text{Fe}$	(p, $\gamma$ )	$E_p = 0.8-2.4$	Ge(Li)	55	cross section; thermonuclear reaction rates	74
$^{58}\text{Ni}$	(e,e')	$E_e = 700$	magnetic spectrometer	37-137	cross sections	75
$^{58}\text{Ni}$	(e,e')	$E_e = 124-180$	magnetic spectrometer	0-180	spectra and angular distributions of the electrons; cross sections; electric multipole strength	76
$^{60}\text{Ni}$	(p, $\gamma$ )	$E_p = 1.17-2.15$	pair-spectrometer; NaJ(Tl)	55	partial cross sections; cross sections	69
Ni	( $\gamma$ ,p)	$\leq 25$	activity	-	interference coefficients	77
$^{69}\text{Cu}$	(p, $\gamma$ )	$E_p = 2.12-3.46$	Ge(Li)	0-90	spectra and angular distributions of the photons; energies, spins and parities of the resonances	78
$^{61}\text{Cu}$	(p, $\gamma$ )	$E_p = 1.57-1.90$	Ge(Li); NaJ(Tl)	-	transition multiplicities; excitation function	79

Continuation

1	2	3	4	5	6	7
$^{63}\text{Cu}$	(J,p)	$\leq 800$	E $\Delta$ E	41	differential cross section	30
$^{64}\text{Cu}$	(n,J)	$E_n = 0.1-10.0$	activity	-	reaction rate	73
$^{65}\text{Cu}$	(p,J)	$E_p = 1.5-3.0$	Ge(Li)	55	spectra of the photons; partial cross sections; excitation functions; radiative strength functions	72
$^{65}\text{Cu}$	(e,p)	$E_e = 13-28$	-	42-138	angular distributions of the protons; cross sections for the reactions (e,p), (e,p <sub>0</sub> ); E1, E2 contributions	80
$^{65}\text{Cu};$ $^{64}\text{Zn}$	(p,J)	$E_p = 1.00-3.45$ $E_p = 1.05-4.70$	Ge(Li)	55	cross sections	81
$^{64}\text{Zn};$ $^{66}\text{Zn}$	(p,J)	$E_p = 1.17-2.15$	pair-spectrometer; NaJ(Tl)	55	partial cross sections; cross sections	69
$^{66}\text{Zn}$	(p,J)	$E_p = 1.05-3.25$	Ge(Li)	55	cross section	81
$^{68}\text{Zn}$	(J,J')	6.60-7.36	Ge(Li)	100-150	spectra and angular distributions of the photons; cross sections; spins, parities, widths of the levels	66

1	2	3	4	5	6	7
$^{69}\text{Ga}$	(p, $\gamma$ )	$E_p = 2.18-3.56$	Ge(Li)	55	spectrum of the photons; transition intensities; radiative strength function	82
$^{89}\text{Y}$	(p, $\gamma$ )	9.97-12.07	Ge(Li); pair-spectrometer	90	spectra of the photons; energies and widths of the resonances; spectroscopic factors; transition matrix elements	83
Y	( $\gamma$ , $\gamma$ )	$\leq 25$	activity	-	interference coefficients	77
$^{90}\text{Zr}$	(e,p)	$E_e = 17-105$	magnetic spectrometer	90	spectra of the protons; differential cross section for the reactions (e,p), (e,p <sub>0</sub> ); isochromats	84
$^{92}\text{Zr}$	(e,e')	$E_e = 220$	magnetic spectrometer	32-61	spectra of the electrons; form factors; transition strengths; sum-rule exhaustion	85
Zr	(e,e')	$E_e = 200-350$	energy-loss spectrometer	20	differential cross section; integrated cross section	21
$^{108}\text{Ag}$	( $\gamma$ ,p)	$\leq 800$	E Δ E	41	differential cross section	30

## Continuation

1	2	3	4	5	6	7
In	(J,p)	$\leq 25$	activity	-	interference coefficients	77
<sup>119</sup> Sn	(J,p)	$\leq 800$	E Δ E	41	differential cross section	30
Sn	(J,p)	$\leq 25$	activity	-	interference coefficients	77
Sn	(λ,tot)	30-140	scintillator	4 T	cross section; integrated cross sections	86
La	(J,p)	$\leq 25$	activity	-	interference coefficients	77
Ce	(λ,tot)	30-140	scintillator	4 T	cross section; integrated cross sections	86
<sup>151</sup> Eu; <sup>153</sup> Eu; <sup>156</sup> Gd	(J,n)	$\leq 35$	BF <sub>3</sub>	4 T	cross sections for the (J,n)+2(J,2n) and (J,n)+(J,2n) reactions; integrated cross sections and moments; deformation parameters; quadrupole moments	87
<sup>181</sup> Ta	(J,tot) (J,e <sup>+</sup> e <sup>-</sup> )	$\leq 28$	time-of-flight	90	cross section; integrated cross sections	88
Ta	(e,e')	E <sub>0</sub> = 200-350	energy-loss spectrometer	20	differential cross section; integrated cross section	21

continuation

1	2	3	4	5	6	7
Ta	( $\gamma$ , tot)	30-140	scintillator	4 $\pi$	cross section; integrated cross sections	86
$^{186}\text{Re}$	(n, $\gamma$ )	$E_n = 0.002-0.11$	Ge(Li)	-	spectra of the photons; energies, spins, parities and widths of the resonances	89
$^{198}\text{Au}$	(n, $\gamma$ )	$E_n = 0.1-10.0$	activity	-	reaction rate	73
$^{206}\text{Pb};$ $^{208}\text{Pb}$	( $\gamma$ , n)	8.999-9.720 7.819-10.054	$^3\text{He}$ -detector	20-160	spectra and angular distributions of the neutrons; multipole mixing; reduced transition probabilities	90
$^{208}\text{Pb}$	( $\gamma$ , p)	$\leq 800$	E $\Delta$ E	41	differential cross section	30
$^{208}\text{Pb}$	(e, e')	$E_e = 23.3-61.2$	magnetic spectrometer	165	spectra and angular distributions of the electrons; form factors; M1 contributions	91
$^{208}\text{Pb}$	( $\gamma$ , $\gamma$ )	4.2-9.3	-	1.0-1.7	spectra of the photons; differential cross sections	92
$^{208}\text{Pb}$	( $\gamma$ , n)	$\leq 560$	-	4 $\pi$	total cross section	93

continuation

1	2	3	4	5	6	7
$^{208}\text{Pb}$	(e, e')	$E_e = 45 - 65$	magnetic spectrometer	93	spectra of the electrons; strength functions; reduced transition probabilities	94
Pb	( $\gamma$ , tot)	30-140	scintillator	47	cross section; integrated cross sections	86
Pb	( $\gamma$ , $\gamma$ )	4.2-9.3	-	1.0-1.7	spectra of the photons; differential cross sections	92
Pb	( $\gamma$ , n)	$\leq 1200$	$\text{BF}_3$	90	yields	95
$^{209}\text{Bi}$	( $\gamma$ , tot); ( $\gamma$ , e <sup>+</sup> e <sup>-</sup> )	$\leq 28$	time-of-flight	90	cross sections; integrated cross sections	88
$^{209}\text{Bi}$	( $\gamma$ , $\gamma$ )	4.2-9.3	-	1.0-1.7	spectra of the photons; differential cross sections	92
$^{209}\text{Bi}$ ; $^{232}\text{Th}$	( $\gamma$ , $\gamma$ ); ( $\gamma$ , $\gamma$ )	8.533-11.383	Ge(Li); NaJ(Tl)	60-120	spectra and angular distributions of the photons; differential cross sections	96
$^{232}\text{Th}$	( $\gamma$ , $\epsilon$ )	$\leq 5.75$	mica foils	-	cross section	97
$^{232}\text{Th}$	( $\vec{\gamma}$ , $\epsilon$ )	$\leq 12$	PPAD	0-360	angular distributions of the fission fragments; polarization; anisotropy; asymmetries	98

continuation

1	2	3	4	5	6	7
$^{232}\text{Th}$	(J,f)	$\leq 6.8$	mica foils	0-90	yield; anisotropy	99
$^{232}\text{Th}$	(J,f)	$\leq 15$	activity	-	kinetic functions for delayed neutrons	100
$^{234}\text{U};$ $^{235}\text{U}$	(J,f)	$\leq 3.5$ $\leq 5.75$	mica foils	-	cross sections	97
$^{235}\text{U}$	(J,f)	$\leq 15$	activity	-	kinetic functions for delayed neutrons	100
$^{236}\text{U}$	(J,f)	$\leq 3.5$	mica foils	-	cross section	97
$^{236}\text{U}$	(J,f)	$\leq 4.8$	mica foils	-	yield	99
$^{237}\text{U}$	(n,J)	$E_n=0.166-1.145$	activity	-	cross section	101
$^{238}\text{U}$	( $\lambda, \lambda'$ ); ( $\lambda, \lambda'$ )	8.533-11.388	Ge(Li); NaJ(Tl)	60-120	spectra and angular distributions of the photons; differential cross sections	96
$^{238}\text{U}$	(J,f)	$\leq 15$	activity	-	kinetic functions for delayed neutrons	100
$^{238}\text{U}$	( $\lambda, \lambda'$ )	4.220-6.128	Ge(Li); NaJ	90-130	spectra of the photons differential cross sections	102

continuation

1	2	3	4	5	6	7
$^{238}\text{U}$	(J,f)	6.070-6.076	Kimfol track detector	-	spectrum of fission fragments	103
$^{238}\text{U}$	(J,J')	$\leq 12.0$	PPAD	-	time distribution of fission events; half-life of shape isomer $^{238\text{m}}\text{U}$ ; isomeric fission cross section; branching ratio	104
$^{239}\text{U}$	(J,f)	$\leq 15$	activity	-	kinetic functions for delayed neutrons	100
U	(J,tot)	30-140	scintillator	4	cross section; integrated cross sections	86
$^{237}\text{Np}$ ; $^{239}\text{Pu}$	(J,f)	$\leq 15$	activity	-	kinetic functions for delayed neutrons	100
$^{244}\text{Pu}$	(J,f)	$\leq 30$	heavy ion detectors	-	kinetic and mass distributions of fission fragments; cross section	105

- 1 Dunn P.C., Kowalski S.B., Rad P.N., Sargent C.P., Purohinetz W.E., Goloskie R., Saylor D.P.  $^3\text{He}$  MAGNETIC FORM FACTOR. Phys. Rev., 227, 71-88

Магнитный форм-фактор ядра  $^3\text{He}$  измерен в области переданных импульсов от 0,7 до 11,0 ферми<sup>-2</sup> с точностью, превышающей точность предыдущих экспериментов. Зарядовый форм-фактор измерен для переданных импульсов меньших 1 ферми<sup>-2</sup>. Определены зарядовый (1.935±0.030 ферми) и магнитный (1.935±0.040 ферми) радиусы. Сравнение полученных данных с результатами расчетов, включающих поправки на мезонную перезарядку, свидетельствует об их хорошем согласии.

The  $^3\text{He}$  magnetic form factor has been measured for momentum transfers between 0.7 and 11 fm<sup>-2</sup> with improved precision over previous measurements. The charge form factor has been measured for momentum transfers less than 1 fm<sup>-2</sup>. The charge radius was determined to be 1.935±0.03 fm, and the magnetic radius 1.935±0.04 fm. Comparisons are made with calculations which include meson exchange corrections and reasonable agreement is found.\*

- 2 Holt R.J., Stephenson K., Specht J.R. MESON-EXCHANGE CURRENTS AND THE REACTION  $^2\text{H}(\gamma, n_{\text{pol}})\text{H}$ . Phys. Rev. Lett., 50, 577-579

Поляризация нейтронов из реакций  $^2\text{H}(\gamma, n_{\text{пол}})\text{H}$  измерена с высокой точностью под углом 90° в области энергий фотонов от 6 до 13 МэВ. Обнаружено, что данные расходятся с предсказанными теоретически значениями, полученными с учетом токов мезонной перезарядки.

The neutron polarization for the reaction  $^2\text{H}(\gamma, n_{\text{pol}})\text{H}$  was measured with high accuracy at an angle of 90° and in the photon energy range 6 to 13 MeV. The results were found to be in disagreement with present theoretical predictions which include meson-exchange currents.\*

- 3 Баранник В.П., Горбенко В.Г., Гущин В.А., Жебровский Ю.В., Колесников Л.Я., Кулиш Ю.В., Рубашкин А.Л., Сорокин П.В. ИССЛЕДОВАНИЕ АСИММЕТРИИ СЕЧЕНИЙ В ФОТОРАСЩЕПЛЕНИИ ДЕЙТРОНА ПОЛЯРИЗОВАННЫМИ  $\gamma$ -КВАНТАМИ ПРИ НИЗКИХ ЭНЕРГИЯХ. Ядерная физика, 38, 1108-1110

Приведены результаты измерения параметра асимметрии сечений в реакции фоторасщепления дейтрона на пучке линейно-поляризованных фотонов в интервале энергий 40-70 МэВ для углов вылета протонов 75 и 90° в с.ц.я. Экспериментальные данные сравниваются с теоретическими расчетами Партови, Ареновела, а также нашими расчетами, выполненными в ковариантном подходе с градиентно-инвариантными амплитудами в полюсном приближении.\*

Results are presented on measured asymmetry parameter in the cross sections of the deuteron photodisintegration in linearly polarized photon beam in the energy range 40-70 MeV for the proton emission angles of 75 and 90° in the c.m.s. The experimental data are compared with the theoretical calculations by Partovi, Arenovel, as well as with calculations by the present authors, performed within an invariant approach with gauge-invariant amplitudes in the pole approximation.\*

\* Звездочками обозначены аннотации, содержащиеся в указанных работах.

\* The asterisked abstracts have been taken from the works mentioned.

- 4 Peridier C.A., Matthews J.L., Leitch M.J., Jeremie H., Irshad M., Roberts B.L. THE  ${}^3\text{He}(\gamma, 2p)n$  REACTION FOR  $E_\gamma = 80-170$  MeV. Z. Phys., **A310**, 317-328

Сечение реакции  ${}^3\text{He}(\gamma, 2p)$  измерено в кинематически замкнутом эксперименте в области энергий  $E_\gamma = 80-170$  МэВ для углов  $\theta_{p1} = \theta_{p2} = 90^\circ$ . Такая конфигурация была выбрана с целью исследования роли протон-протонного взаимодействия в конечном состоянии в процессах трехчастичного расщепления. Обнаружено, что измеренные протонные спектры согласуются с предсказанными на основе использования формализма Ватсона-Мигдала. Величина изученного сечения явно превышает оценку фазового пространства предположительно за счет сильного протон-протонного взаимодействия в конечном состоянии. Экспериментальные данные в пределах их ограниченной статистической точности согласуются с результатами теоретических расчетов, учитывающих этот эффект.

The cross section for the  ${}^3\text{He}(\gamma, 2p)$  reaction has been measured in a complete kinematics experiment in the energy range  $E_\gamma = 80-170$  MeV, for  $\theta_{p1} = \theta_{p2} = 90^\circ$ . This configuration was selected in order to investigate the role of proton-proton final state interactions in the three-body breakup process. The measured proton spectra are seen to be consistent with a prediction using the Watson-Migdal formalism. The magnitude of the observed cross section clearly indicates an enhancement over phase space, presumably due to the strong proton-proton interaction in the final state. The experimental results agree, within their limited statistical accuracy, with a theoretical calculation which includes this effect.\*

- 5 Skopik D.M., Asai J., Beck D.H., Rielschneider T.P., Pywell R.E., Retzlaff G.A.  ${}^3\text{He}(e, d)e'p$  ISOCHROMATS AND ANGULAR DISTRIBUTION MEASUREMENTS. Phys. Rev. **C28**, 52-56

С целью изучения важности учета E2 возбуждений в области энергий вблизи максимума сечения реакции  ${}^3\text{He}(e, d)e'p$  измерены угловое распределение и изохроматы реакции  ${}^3\text{He}(\gamma, d)p$ . Угловое распределение проанализировано с помощью как точного, так и приближенного спектра виртуальных фотонов. На основании сравнения изохромат с предсказанными моделью плоских волн, а также с результатами аппроксимации по методу наименьших квадратов определяются относительные вклады E1 и E2 возбуждений.

An angular distribution and isochromats for the reaction  ${}^3\text{He}(e, d)e'p$  were measured to determine the importance of E2 strength near the peak of the  ${}^3\text{He}(\gamma, d)p$  cross section. The angular distribution was analyzed using both a complete and approximate virtual photon spectrum. The isochromats were compared to a plane wave model prediction and least squares fitted to determine the relative amounts of E1 and E2 strength.\*

- 6 Scber D.I., Crannell H., Neikens B.M.K., Briscoe W.J., Fitzgerald D.H., Goloskie R., Sapp W.W. TWO-BODY PHOTODISINTEGRATION OF  ${}^3\text{He}$  BETWEEN 150 AND 350 MeV. Phys. Rev., **C28**, 2234-2248

Дифференциальные сечения реакции  ${}^3\text{He}(\gamma, d)^1\text{H}$  в области энергий налетающих частиц между 150 и 350 МэВ и для углов вылета протонов в системе центра масс около  $60^\circ$  и  $90^\circ$  измерены с абсолютной погрешностью меньшей 6%. В эксперименте использовались одноплечевой спектрометр, газовая мишень и неколлимированный пучок тормозного излучения. Результаты хорошо согласуются с новыми данными измерений для обращенной во времени реакции  ${}^2\text{H}(p, {}^3\text{He})\gamma$ , не давая свидетельств нарушения

Differential cross sections for  ${}^3\text{He}(\gamma, d)^1\text{H}$  for incident energies between 150 and 350 MeV at center-of-mass proton angles near  $60^\circ$  and  $90^\circ$  have been measured with an absolute uncertainty of less than 6%. The experiment used a single-arm spectrometer, a gas-target, and an uncollimated bremsstrahlung beam. The results are in good agreement with new measurements of the time-reversed reaction,  ${}^2\text{H}(p, {}^3\text{He})\gamma$ , giving no evidence for a violation of time-reversal invariance. The

инвариантности относительно обращения времени. Дифференциальные сечения плавно уменьшаются с ростом энергии и содержат лишь малые вклады резонанса  $\Delta(1232)$ .

differential cross sections decrease smoothly with energy and show only a small contribution from the  $\Delta(1232)$  resonance.\*

- 7 Anghinolfi M., Corvisiero P., Guarnone M., Ricco G., Sanzone M., Taiuti M., Zucchiatti A. RADIATIVE PROTON CAPTURE BY LIGHT NUCLEI ABOVE THE GDR. Il Nuov. Cim., 76A, 159-171

Измерены дифференциальные сечения захвата протонов  $(p, \gamma_x)$  ядрами  $^{12}\text{C}$ ,  $^{16}\text{O}$  и  $^3\text{He}$  при энергиях протонов от 18 до 45 МэВ и углах в интервале  $(34 - 135)^\circ$ . В угловом распределении  $(p, \gamma_0)$  обнаружены эффекты интерференции E1-E2 при энергии возбуждения выше  $(30 - 40)$  МэВ. В сечениях для переходов между возбужденными состояниями обнаружены как в ядре  $^{12}\text{C}$ , так и в ядре  $^{16}\text{O}$ , широкие резонансы, которые интерпретируются как гигантские резонансы, образованные возбужденными состояниями 1p-1h.\*

Differential capture  $(p, \gamma_x)$  cross sections in  $^{12}\text{C}$ ,  $^{16}\text{O}$  and  $^3\text{He}$  have been measured at proton energies between 18 and 45 MeV at several angles in the  $(34 - 135)^\circ$  interval. The  $(p, \gamma_0)$  angular distribution shows relevant E1-E2 interference effects at excitation energy above  $(30 - 40)$  MeV. Resonances built on residual 1p-1h states both in  $^{12}\text{C}$  and  $^{16}\text{O}$  have been systematically observed in the  $(p, \gamma_x)$  cross-sections above 20 MeV.\*

- 8 Anghinolfi M., Corvisiero P., Guarnone M., Ricco G., Zucchiatti A. TWO-BODY PHOTODISINTEGRATION OF  $^3\text{He}$ . Nucl. Phys. A410, 173-179

Сечение двухчастичного фоторасщепления ядра  $^3\text{He}$  измерено в области энергий возбуждения между 21 и 32 МэВ и под различными углами с применением обратной реакции  $^2\text{H}(p, \gamma_0)^3\text{He}$ . Обнаружено, что коэффициенты углового распределения зависят от компонентов  $^4\text{D}$  и  $^2\text{S}$  трехчастичной волновой функции основного состояния.

The two-body photodisintegration cross section on  $^3\text{He}$  has been measured at excitation energies between 21 and 32 MeV and at several angles, using the inverse  $^2\text{H}(p, \gamma_0)^3\text{He}$  reaction. The angular distribution coefficients seem to be dependent on the  $^4\text{D}$  and  $^2\text{S}$  components of the three-body ground-state wave function.\*

- 9 King S.E., Roberson M.R., Weller H.R., Tilley D.R. EFFECTS OF THE  $^3\text{He}$  D STATE IN THE REACTION  $^2\text{H}(p, \gamma)^3\text{He}$ . Phys. Rev. Lett., 51, 877-880

В области энергий протонов  $E_p$  от 6.5 до 16.0 МэВ измерены угловые распределения  $\gamma$ -квантов из реакции  $^2\text{H}(p, \gamma)^3\text{He}$ . Сравнение определенных с помощью экспериментальных данных коэффициентов  $a_2$  с результатами эффективных двухчастичных расчетов выявило чувствительность к компоненте D-состояния волновой функции ядра  $^3\text{He}$ . Эти расчеты выполнялись с использованием волновых функций связанных состояний ядра  $^3\text{He}$ , полученных с помощью соотношений типа уравнений Фаддеева. Установлено, что сравнение теоретических трехчастичных волновых функций основного состояния ядра  $^3\text{He}$ , содержащих вклады D-состояния, с величинами 5-9% ( $D_2 = -0.224 - -0.236$ ) с экспериментальными данными свидетельствует о хорошем согласии.

Angular distributions of the reaction  $^2\text{H}(p, \gamma)^3\text{He}$  have been measured for  $E_p$  from 6.5 to 16 MeV. A comparison of the extracted  $a_2$  coefficients with an effective two-body direct calculation indicates a sensitivity to the inclusion of D-state components in the  $^3\text{He}$  wave function. These calculations use  $^3\text{He}$  bound-state wave functions generated from Faddeev-type equations. The theoretical three-body  $^3\text{He}$  ground-state wave functions having D-state probabilities of 5%-9% ( $D_2 = -0.224$  to  $-0.236$ ) are consistent with the present data.\*

- 10 Аркатов Ю.М., Вацет П.И., Воложук В.И., Гурьев В.Н., Иношин Е.В.,  
Золенко В.А., Прохорев И.М. ИМПУЛЬСНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОТОНОВ В  
 $^4\text{He}$  И МЕХАНИЗМ  $(\gamma, p)$ -РЕАКЦИИ. Ядерная физика, 38, 280-283

Проведены оценки импульсного распределе-  
ния протонов  $G(q)$  в ядре  $^4\text{He}$  в диапазоне им-  
пульсов  $220 < q < 600$  МэВ/с, полученные из  
анализа экспериментальных данных для диффе-  
ренциальных сечений  $(\gamma, p)$ -реакции при энер-  
гиях  $\gamma$ -квантов  $E_\gamma = 50-140$  МэВ в приближении  
одночастичного механизма поглощения  $\gamma$ -кван-  
тов и с учетом взаимодействия протона с ос-  
таточным ядром в рамках энергезависимого  
комплексного оптического потенциала.\*

The momentum distributions of protons  
 $G(p)$  in the  $^4\text{He}$  nucleus for  $220 < q < 600$   
GeV/c obtained analysing the  $(\gamma, p)$  diffe-  
rential cross section data at  $E_\gamma = 50-140$   
MeV are estimated in the single-particle  
approximation for  $\gamma$  absorption taking into  
account the proton interaction with the  
residual nucleus via the energy-dependent  
complex optical potential.\*

- 11 Calarco J.R., Hanna S.S., Chang C.C., Diener E.M., Kuhlmann E.,  
Fisher G.A. ABSOLUTE CROSS SECTION FOR THE REACTION  $^3\text{H}(p, \gamma)^4\text{He}$   
AND A REVIEW OF  $^4\text{He}(\gamma, p)^3\text{H}$  MEASUREMENTS. Phys. Rev., C28, 483-488

Дифференциальные сечения реакции  
 $^3\text{H}(p, \gamma)^4\text{He}$  измерены с большой точностью под  
углом  $90^\circ$  при энергиях  $E_p = 8.34$  и  $13.60$  МэВ.  
Ранее опубликованные результаты для реакций  
как  $^3\text{H}(p, \gamma)^4\text{He}$ , так и  $^4\text{He}(\gamma, p)^3\text{H}$  пересматри-  
ваются и сравниваются с полученными данными.  
Кратко обсуждаются теоретические аспекты ре-  
зультатов.

Accurate differential cross sections  
have been measured at  $90^\circ$  for the reaction  
 $^3\text{H}(p, \gamma)^4\text{He}$  at  $E_p = 8.34$  and  $13.60$  MeV. Pre-  
viously published results for both  $^3\text{H}(p, \gamma)^4\text{He}$   
and  $^4\text{He}(\gamma, p)^3\text{H}$  are reviewed and compared with  
the present data. The theoretical implica-  
tions of the results are briefly discussed.\*

- 12 Köbschall G., Ottermann G., Maurer K., Röhrich K., Schmitt Ch., Walther V.H.  
EXCITATION OF THE QUASI-BOUND STATE IN  $^4\text{He}$  BY ELECTRON SCATTERING AT MEDIUM  
MOMENTUM TRANSFER. Nucl. Phys., A405, 648-652

Сечения реакции неупругого рассеяния элек-  
тронов на ядре  $^4\text{He}$ , приводящей к квазисвязан-  
ному состоянию ( $0^+$ ,  $E = 20.1$  МэВ) измерены в  
области переданных импульсов  $q^2 = 0.8-2.4$  фер-  
ми $^{-2}$ . Обнаружено, что переход в это состояние  
является чисто продольным; получено значение  
форм-фактора этого СС перехода.

The cross sections of inelastic electron  
scattering on  $^4\text{He}$  leading to the quasi-bound  
state ( $0^+$ ,  $E = 20.1$  MeV) were measured in the  
momentum transfer range  $0.8 \text{ fm}^{-2} < q^2 < 2.4$   
 $\text{fm}^{-2}$ . We found it to be a pure longitudinal  
transition and give the form factor of this  
CO transition.\*

- 13 Lichtenstadt J., Alster J., Moinester M.A., Dubach J., Hicks R.S.,  
Peterson G.A., Kowalski S. THE LOW LYING LEVELS OF  $^7\text{Li}$  STUDIED BY  
ELECTRON SCATTERING. Phys. Lett., 121B, 377-380

$M1$  и  $M3$  форм-факторы основного состояния  
ядра  $^7\text{Li}$  с  $J^\pi = 3/2^-$  и  $M1$  и  $E2$  форм-факторы  
первого возбужденного состояния с  $J^\pi = 1/2^-$   
при энергии 478 кэВ измерены с помощью рас-  
сеяния электронов на угол  $180^\circ$ . Обнаружено  
хорошее согласие данных с результатами рас-  
четов, использующих оболочечно-модельные ам-

The  $M1$  and  $M3$  form factors of the  $^7\text{Li} J^\pi =$   
 $3/2^-$  ground state and the  $M1$  and  $E2$  form  
factors of the  $J^\pi = 1/2^-$ , 478 keV first ex-  
cited state were measured by  $180^\circ$  electron  
scattering. There is a good agreement be-  
tween the data and calculations using the  
Cohen and Kurath shell model amplitudes.

плитуды Козма и Курата. Для параметра гармонического осциллятора, согласующегося с экспериментальными данными, получено значение  $b = 1.65$  ферми.

The harmonic oscillator parameter consistent with the data is  $b = 1.65$  fm.\*

- 14 Sene M.R., Anthony T., Branford D., Flowers A.G., Snotter A.C., Zimmerman C.H., McGeorge J.C., Owens R.O., Thorley P.J. MECHANISM OF THE  ${}^7\text{Li}(\gamma, n)$  REACTIONS. Phys. Rev. Lett., 50, 1831-1833

Сечения реакций  ${}^7\text{Li}(\gamma, n_0+n_2)$  и  ${}^7\text{Li}(\gamma, p_0)$  измерены в области энергий фотонов 60-120 МэВ. Выполнено сравнение данных с результатами простых расчетов, базирующихся на модифицированной квазидейтронной модели и модели квазисвободного выбивания. Обнаружено, что в рамках первой из них достигается лучшее согласие результатов.

Cross sections for the reactions  ${}^7\text{Li}(\gamma, n_0+n_2)$  and  ${}^7\text{Li}(\gamma, p_0)$  have been measured for photon energies in the range 60-120 MeV. Comparison is made between the data and simple calculations based on the modified quasiduteron and quasifree knockout models, which suggests that the former dominates.\*

- 15 Robertson R.G.H., Dyer P., Bowles T.J., Brown R.E., Jarmie N., Maggiore C.J., Austin S.M. CROSS SECTION OF THE CAPTURE REACTION  ${}^3\text{He}(\alpha, \gamma){}^7\text{Be}$ . Phys. Rev., C27, 11-17

Сечения для имеющих большое значение с точки зрения астрофизики реакций  ${}^3\text{He}(\alpha, \gamma){}^7\text{Be}$  и  ${}^4\text{He}({}^3\text{He}, \gamma){}^7\text{Be}$  измерены в области энергии 900 кэВ в с.ц.м. с помощью регистрации активности ядра  ${}^7\text{Be}$ , образующегося в газовом объеме. Экспериментальные данные приводят к значению  $S(0)=0.63(4)$  кэВ·обн для фактора сечения, экстраполированного к нулевой энергии, которое согласуется с большинством результатов предыдущих измерений. Имеющиеся значения  $S(0)$  обсуждены, рекомендовано значение  $S(0)$  для использования в расчетах эволюции звезд.

The cross sections for the astrophysically significant reactions  ${}^3\text{He}(\alpha, \gamma){}^7\text{Be}$  and  ${}^4\text{He}({}^3\text{He}, \gamma){}^7\text{Be}$  have been measured near 900 keV in the center of mass by measuring the activity of  ${}^7\text{Be}$  produced in a gas cell. The results imply a zero-energy cross-section factor  $S(0)$  of 0.63(4) keV b, consistent with the larger of previous measurements. Extant values of  $S(0)$  are reviewed and a recommended value for use in stellar evolution calculations is presented.\*

- 16 Volk H., Kräwinkel H., Santo R., Wallek L. ACTIVATION MEASUREMENT OF THE  ${}^3\text{He}({}^4\text{He}, \gamma){}^7\text{Be}$  REACTION. Z. Phys., A310, 91-94

Абсолютное значение проинтегрированного по энергии сечения реакции  ${}^3\text{He}({}^4\text{He}, \gamma){}^7\text{Be}$  определено с помощью активационной методики при использовании ветви  $\beta^-$ -распада с периодом 53.44 дня ядра  ${}^7\text{Be}$  в состоянии при энергии 478 кэВ ядра  ${}^7\text{Li}$  и последующего  $\gamma$ -распада. В зависимости от использованного значения отношения ветвления (10.4% или 15.4%) для фактора ядерного сечения, экстраполированного к нулевой энергии, получены значения  $S(0)=0.56\pm 0.03$  кэВ·обн и  $S(0)=0.38\pm 0.03$  кэВ·обн соответственно.

The energy integrated absolute cross section of the  ${}^3\text{He}({}^4\text{He}, \gamma){}^7\text{Be}$  reaction has been determined by an activation measurement, using the branching of the  ${}^7\text{Be}$  53.44 d  $\beta^-$ -decay to the 478 keV state in  ${}^7\text{Li}$  and its subsequent  $\gamma$ -decay. Depending on the branching ratio used (10.4% or 15.4%) we obtain a zero-energy nuclear cross-section factor of  $S(0)=0.56\pm 0.03$  keV barn or  $S(0)=0.38\pm 0.03$  keV barn, respectively.\*

Функции возбуждения для реакций

${}^{16}\text{O}({}^3\text{He}, J_{0-2,3-5,6}){}^{19}\text{Ne}$ ,  ${}^{15}\text{N}({}^3\text{He}, J_{0,1-4}){}^{18}\text{F}$ ,  
 ${}^{14}\text{N}({}^3\text{He}, J_{0,1,2,3}){}^{17}\text{F}$  и  ${}^{20}\text{Ne}({}^3\text{He}, J_{0+1}){}^{23}\text{Mg}$   
 измерены в области энергий  $E_{\text{He}} = 3-19$  МэВ для  
 угла  $\theta = 90^\circ$ . Первая из указанных реакций  
 изучена также при  $\theta = 40^\circ$ . Для угла  $90^\circ$   
 функции возбуждения измерены также для реак-  
 ции  ${}^{40}\text{Ca}({}^3\text{He}, J_{0-2}){}^{43}\text{Ti}$  в области энергий  
 $E_{\text{He}} = 4-17$  МэВ и  ${}^4\text{He}({}^3\text{He}, J_{0+1}){}^7\text{Be}$  в области  
 $E_{\text{He}} = 19-26$  МэВ. Для первых четырех из указан-  
 ных реакций измерены и угловые распределения.

В большинстве функций возбуждения наблю-  
 дается максимум шириной несколько МэВ, распо-  
 ложенный при энергиях  $E_x \approx 20$  МэВ. На него в  
 некоторых случаях накладывались более узкие  
 пики с ширинами  $\approx 1$  МэВ. Для всех наблюдав-  
 шихся резонансов определены энергии и ширины.

Выполнены кластерно-модельные расчеты,  
 аналогичные тем, которые оказались успешными  
 при описании низколежащих состояний в ядрах  
 с  $A=18-19$ . Не обнаружено сколько-нибудь  
 удовлетворительного согласия с эксперименталь-  
 ными данными. Для расчета величин  $\Gamma_{\text{He}}^3$  и  
 $\Gamma_{\text{He}}^4$  для  $1\hbar\omega$  возбуждений в конечных ядрах  
 использована оболочечная модель. Эти значе-  
 ния хорошо согласуются с экспериментальными  
 данными. Полученные результаты соответствуют  
 предположению о возбуждении гигантского ди-  
 польного резонанса в  ${}^3\text{He}$ -захвате, но более  
 слабым, чем в протонном захвате.\*

Excitation functions at  $\theta = 90^\circ$  have  
 been measured for  ${}^{16}\text{O}({}^3\text{He}, J_{0-2,3-5,6}){}^{19}\text{Ne}$ ,  
 ${}^{15}\text{N}({}^3\text{He}, J_{0,1-4}){}^{18}\text{F}$ ,  ${}^{14}\text{N}({}^3\text{He}, J_{0,1,2,3}){}^{17}\text{F}$ ,  
 and  ${}^{20}\text{Ne}({}^3\text{He}, J_{0+1}){}^{23}\text{Mg}$ , in the range  $E_{\text{He}} =$   
 $3-19$  MeV. The first reaction has also been  
 studied at  $\theta = 40^\circ$ . Excitation functions  
 at  $90^\circ$  have also been measured for  
 ${}^{40}\text{Ca}({}^3\text{He}, J_{0-2}){}^{43}\text{Ti}$  for  $E_{\text{He}} = 4-17$  MeV and  
 ${}^4\text{He}({}^3\text{He}, J_{0+1}){}^7\text{Be}$  for  $E_{\text{He}} = 19-26$  MeV. Angu-  
 lar distributions have been measured for the  
 first four reactions.

For the most excitation functions, a  
 broad peak is observed, several MeV wide,  
 centred at about  $E_x \approx 20$  MeV. Superimposed  
 on this, in some cases, are narrower peaks,  
 with widths  $\approx 1$  MeV. Energies and widths  
 have been extracted for all resonances.

Cluster-model calculations have been car-  
 ried out, using methods similar to those  
 which have proved successful for low-lying  
 states in  $A=18-19$  nuclei. No satisfactory  
 correspondence with the present results was  
 found. The shell model has been used to cal-  
 culate  $\Gamma_{\text{He}}^3$  and  $\Gamma_{\text{He}}^4$  for  $1\hbar\omega$  excitation in  
 the final nuclei. These generally show good  
 agreement with the trends of the experimen-  
 tal data. The results are consistent with  
 the excitation of the giant dipole resonance  
 in  ${}^3\text{He}$  capture, but much more weakly than in  
 proton capture.\*

Электромагнитные форм-факторы измерены для  
 двух нижних  $T = 3/2$  состояний ядра  ${}^9\text{Be}$  при  
 энергиях 14.393 и 16.976 МэВ, состояния по-  
 ложительной четности при 17.490 МэВ и для  
 уровня при энергии 16.671, для которого зна-  
 чения  $J^\pi$  были ранее неизвестны. Область эф-  
 фективных переданных импульсов:  $0.9 \leq q_e \leq 2.5$   
 ферми $^{-1}$ . Обнаружено значительное расхождение  
 данных для  $T = 3/2$  состояний с результатами  
 расчетов в рамках оболочечной модели с про-  
 межучастной связью. В частности, в области  
 $q_e \leq 1.5$  ферми $^{-1}$ , в которой доминируют пере-

The electromagnetic form factors have been  
 measured for the lowest two  $T = 3/2$  states  
 in  ${}^9\text{Be}$  at 14.393 and 16.976 MeV, the posi-  
 tive-parity state at 17.490 MeV, and a le-  
 vel of previously unknown  $J^\pi$  at 16.671 MeV.  
 The range of effective momentum transfer is  
 $0.9 \leq q_e \leq 2.5$  fm $^{-1}$ . The data for the  $T = 3/2$   
 states show considerable deviation from the  
 results of intermediate coupling shell-model  
 calculations. In particular, for  $q_e \leq 1.5$   
 fm $^{-1}$ , where the M1 multipole dominates, the  
 data lie well above these calculated values.

ходы с мультипольностью  $M1$ , полученные данные намного превышают рассчитанные значения. Получено подтверждение того, что состояние при энергии 16.671 МэВ имеет положительную четность. Данные для этого состояния сравниваются с расчетами в рамках одночастичной оболочечной модели и модели Нильссона. Установлено, что экспериментальный форм-фактор состояния при энергии 17.490 МэВ может быть описан с помощью расчетов в одночастичной оболочечной модели в  $2s-1d$  пространстве.

There is some evidence that the state at 16.671 MeV has positive parity. The results of single-particle shell-model and Nilsson-model calculations are compared with the data for this state. The experimental form factor for the 17.490-MeV state can be fitted with single-particle shell-model results in the  $2s-1d$  space.\*

- 19 Fujishiro M., Okamoto K., Tsujimoto T. CROSS SECTION OF DIRECT THREE-BODY BREAKUP OF  ${}^9\text{Be}$  FOR 1576-keV GAMMA RAYS. Can. J. Phys., 61, 1579-1581

При использовании  $\gamma$ -квантов с энергией 1576 кэВ от источника  ${}^{142}\text{Pr}$  измерено сечение прямого трехчастичного расщепления ядра  ${}^9\text{Be}$  -  $(4.0 \pm 1.8) \times 10^{-10}$  мкбн. Это значение находится в неплохом согласии с теоретической оценкой Сэлайерса, основанной на кластерной модели ядра  ${}^9\text{Be}$ .

Using 1576-keV  $\gamma$ -rays from  ${}^{142}\text{Pr}$ , the cross section of the direct three-body breakup of  ${}^9\text{Be}$  was measured and found to be  $(4.0 \pm 1.8) \times 10^{-10}$   $\mu\text{b}$ . This result is in approximate agreement with Salyers' theoretical estimate based upon a cluster model of  ${}^9\text{Be}$ .\*

- 20 Kennett T.J., Prestwich W.V., Tervo R.J., Tsai J.S. EVALUATION OF A METHOD FOR THE DETERMINATION OF ACCURATE TRANSITION ENERGIES IN THE  $(n, \gamma)$  REACTION. Nucl. Instrum. and Meth., 215, 159-165

Рассматриваются проблемы определения энергии высокоэнергетичных гамма-квантов и неопределенности соответствующей процедуры. Исследуется возможность использования максимумов в спектрах, возникающих как результат рождения пар, в частности для проверки формы дифференциальной линейности системы спектрометра. Показано, что при условии применения соответствующей техники спектрального анализа интервал между такими максимумами составляет  $m_0 c^2$  с погрешностью 15 эВ. Качество преобразования амплитуды импульса в энергию оценивалось с помощью смешанных  $(n, \gamma)$  источников, имеющих совершенно разные значения  $Q$  реакции. В заключение предложена процедура подгонки, связывающая номер канала с параметрами преобразования к энергиям уровней для изучаемой схемы смешанных распадов. Приводятся энергии уровней ядер  ${}^{10}\text{Be}$ ,  ${}^{15}\text{N}$ ,  ${}^{29}\text{Si}$ ,  ${}^{30}\text{Si}$ , а также энергии отделения нейтрона.

The problems and limitations that are associated with energy determination of high-energy gamma-ray transitions are examined. The possibility of making use of the escape peaks arising as a result of pair production is explored, particularly with regard to sensing the form of the differential linearity of the spectrometer system. It is demonstrated that, provided appropriate techniques are employed to achieve spectral analysis, the spacing between escape peaks is  $m_0 c^2$  within an error of 15 eV. The fidelity of the pulse-height to energy transformation was assessed through the use of mixed  $(n, \gamma)$  sources which had quite different reaction  $Q$ -values. Finally a constrained fitting procedure is presented which couples the channel number to energy transformation parameters to the level energies for the mixed decay schemes studied. Energies are reported for levels in  ${}^{10}\text{Be}$ ,  ${}^{15}\text{N}$ ,  ${}^{29}\text{Si}$  and  ${}^{30}\text{Si}$  as well as for the respective neutron separation energies.\*

- 21 O'Connell J.S., Hayward E., Lightbody J.W., Maruyama K.K., Bosted P., Blomqvist K.I., Franklin G., Adler J-O., Hansen K., Schroder B. TOTAL NUCLEAR INELASTIC ELECTRON SCATTERING CROSS SECTIONS COMPARED TO SUM RULE CALCULATIONS. Phys. Rev., C27, 2492-2499

Ядерный отклик на неупругое рассеяние электронов с энергиями 200-350 МэВ на угол  $20^\circ$  измерен для 6 ядер с  $A$  от 9 до 181. Полученный интеграл по энергии возбуждения сравнивается с результатами трех вариантов теоретического расчета полного сечения неупругого рассеяния.

The nuclear response to 200-350 MeV electrons inelastically scattered at  $20^\circ$  for six nuclei ranging from  $A=9$  to 181 is given. An excitation energy integral is formed and compared with three theoretical calculations of the total inelastic scattering cross section.\*

- 22 Filippone B.W., Elwyn A.J., Davids C.N., Koetke D.D. PROTON CAPTURE CROSS SECTION OF  ${}^7\text{Be}$  AND THE FLUX OF HIGH ENERGY SOLAR NEUTRINOS. Phys. Rev., C28, 2222-2229

Сечение реакции  ${}^7\text{Be}(p,\gamma){}^8\text{B}$  в области малых энергий измерено путем регистрации запаздывающих  $\alpha$ -частиц, сопровождающих бета-распад ядра  ${}^8\text{B}$ . Детально обсуждаются результаты анализа характеристик радиоактивной мишени  ${}^7\text{Be}$ , включавшего в себя два независимых метода определения поверхностной плотности ядер  ${}^7\text{Be}$ . Для определения резонансных параметров первого возбужденного  $1^+$  состояния ядра  ${}^8\text{B}$  вклад прямого захвата в сечение вычитался из полного сечения. Астрофизический фактор нулевой энергии  $S$ , определенный в настоящем эксперименте, сравнивается с предыдущими значениями. Обсуждается также эффект захвата солнечных нейтрино ядром  ${}^{37}\text{Cl}$  предсказываемый стандартной солнечной моделью.

The low energy cross section for the  ${}^7\text{Be}(p,\gamma){}^8\text{B}$  reaction has been measured by detecting the delayed  $\alpha$  particles from the  ${}^8\text{B}$  beta decay. Detailed discussion is presented of the analysis of the radioactive  ${}^7\text{Be}$  target including the use of two independent methods to determine the  ${}^7\text{Be}$  areal density. The direct capture part of the cross section is subtracted from the total cross section to deduce resonance parameters for the  $1^+$  first excited state in  ${}^8\text{B}$ . The zero-energy astrophysical  $S$  factor inferred from the present experiment is compared with previous values. The effect on the  ${}^{37}\text{Cl}$  solar neutrino capture rate, predicted by the standard solar model, is also discussed.\*

- 23 Filippone B.W., Elwyn A.J., Davids C.N., Koetke D.D. MEASUREMENT OF THE  ${}^7\text{Be}(p,\gamma){}^8\text{B}$  REACTION CROSS SECTION AT LOW ENERGIES. Phys. Rev. Lett., 50, 412-416.

Абсолютное значение полного сечения реакции  ${}^7\text{Be}(p,\gamma){}^8\text{B}$  измерено в области энергий  $E_{\text{ц.м.}}=117-1230$  кэВ с помощью регистрации запаздывающих  $\alpha$ -частиц, сопровождающих  $\beta$ -распад ядра  ${}^8\text{B}$ . Для определения поверхностной плотности мишени  ${}^7\text{Be}$  применены два независимых метода. Для фактора нулевой энергии  $S$  получено значение  $S_{17}(0)=0.0216\pm 0.0025$  кэВ·об. Это значение приводит к уменьшению предсказанной ранее величины скорости захвата солнечных нейтрино ядром  ${}^{37}\text{Cl}$  на  $\sim 25\%$ .

The absolute total cross section for the reaction  ${}^7\text{Be}(p,\gamma){}^8\text{B}$  has been measured for  $E_{\text{c.m.}}=117-1230$  keV detecting the delayed particles following the  ${}^8\text{B}$   $\beta$  decay. Two independent methods have been used to determine the areal density of the  ${}^7\text{Be}$  target. The inferred zero-energy  $S$  factor from the present experiment is  $S_{17}(0)=0.0216\pm 0.0025$  keV·b. This value reduces the predicted  ${}^{37}\text{Cl}$  solar-neutrino capture rate by 25%.\*

- 24 Wiescher M., Boyd R.N., Blatt S.L., Rybarczyk L.J., Spizucolo J.A., Azuma R.E., Clifford E.T.H., King J.D., Görres J., Rolfs C., Vliaks A.  $^{11}\text{C}$  LEVEL STRUCTURE VIA THE  $^{10}\text{B}(p,\gamma)$  REACTION. Phys. Rev. **92B**, 1431-1442

Реакция  $^{10}\text{B}(p,\gamma)^{11}\text{C}$  исследована в области энергий  $E_p=0.07-2.20$  МэВ. Широкий резонанс при энергии около  $E_p=1.2$  МэВ, наблюдавшийся ранее для переходов в основное состояние, обнаружен также для  $\gamma$ -переходов в возбужденные состояния. Полученные функции возбуждения так же, как и угловые распределения  $\gamma$ -квантов могут быть объяснены в рамках предположения о частичном перекрытии нескольких широких резонансов. Низкоэнергетичные данные ( $E_p < 0.6$  МэВ) выявляют существование двух  $s$ -волновых резонансов при энергиях  $E_p=0.010$  и  $0.56$  МэВ. Спектроскопические факторы для различных конечных состояний были получены путем наблюдения процессов прямого захвата протонов на эти состояния; они хорошо согласуются с результатами, полученными при исследовании реакций срыва. Кроме того, полученные результаты дают информацию о парциальной и полной ширине состояний с энергией  $E^*=8-9$  МэВ. Исследуемый энергетический интервал соответствует интервалу температур  $T=(0.01-5)\times 10^9$  К. Значения скоростей термоядерных реакций, полученные из настоящих результатов, сравниваются с ранее опубликованными значениями.

- 25 Anginolfi M., Corvisiero P., Ricco G., Baiuti M., Zucchiatti A. PROTON CAPTURE BY  $^{11}\text{B}$  ABOVE THE GIANT RESONANCE. Nucl. Phys., **A399**, 66-82

Сечения захвата протонов ядром  $^{11}\text{B}$  с образованием конечного ядра  $^{12}\text{C}$  в основном и возбужденных состояниях измерены в области энергий между 18 и 43 МэВ. Сечение реакции для основного состояния хорошо согласуется с результатами теоретических расчетов, учитывающих корреляции. Наблюдались также фотоны, сопровождающие захват на все  $1p-1h$  состояния конечного ядра  $^{12}\text{C}$ , имеющие доминирующую дырочную конфигурацию  $1p_{3/2}^{-1}$ : в соответствующих сечениях систематически проявляются гигантские резонансы, энергии которых возрастают при увеличении энергии возбуждения уровня "фона". Резонансы при энергиях 27.4, 31.0, 33.2, 37.0 и 43.0 МэВ обнаруживают отчетливые интерференционные эффекты.

The reaction  $^{10}\text{B}(p,\gamma)^{11}\text{C}$  has been investigated in the energy range  $E_p=0.07-2.20$  MeV. The broad resonant structure previously observed in the ground state transition near  $E_p=1.2$  MeV has been seen also in  $\gamma$ -ray transitions to excited states. The observed excitation functions as well as the  $\gamma$ -ray angular distributions can be explained by assuming several broad overlapping resonances. The low-energy data ( $E_p < 0.6$  MeV) reveal the existence of two  $s$ -wave resonances at  $E_p=0.010$  and  $0.56$  MeV. Spectroscopic factors for several final states have been obtained from observation of direct capture processes to them; they are in fair agreement with results from stripping reaction studies. The present data also provide information on partial and total widths of the states at  $E^*=8-9$  MeV. The energy range investigated corresponds to the temperature range of  $T=(0.01-5)\times 10^9$  K. The thermonuclear reaction rates deduced from the present results are compared with previously reported values.\*

The cross sections for proton capture by  $^{11}\text{B}$  to the ground and excited states of  $^{12}\text{C}$  have been measured in the proton energy interval between 18 and 43 MeV. The ground-state cross section shows good agreement with theoretical calculations including correlations. Capture photons have also been observed to all the residual  $1p-1h$  states of  $^{12}\text{C}$  having a dominant  $1p_{3/2}^{-1}$  hole: the corresponding cross sections systematically show a giant resonance whose energy increases with the increasing excitation energy of the "background" level. The resonances at 27.4, 31.0, 33.2, 37.0 and 43.0 MeV, seem to show observable interference effects.\*

Дифференциальные сечения в с.п.м. продуктов реакции  $^{12}\text{C} + \gamma \rightarrow p + n + \alpha + ^6\text{Li}$  в энергетических интервалах 32-50, 50-75 и 75-150 МэВ измерены с помощью диффузионной камеры в магнитном поле, облучавшейся пучком тормозного  $\gamma$ -излучения. Результаты качественно подтверждают справедливость квази-дейтронной модели в области промежуточных энергий.

Differential cross-sections in cms of the reaction products from  $^{12}\text{C} + \gamma \rightarrow p + n + \alpha + ^6\text{Li}$  in the energy intervals of 32-50, 50-75 and 75-150 MeV were measured by means of the diffusion chamber in a magnetic field exposed to the bremsstrahlung  $\gamma$ -quantum beam. Results confirm qualitatively the validity of the quasi-deuteron model in the intermediate energy band.\*

Сечения упругого рассеяния фотонов на ядрах  $^{12}\text{C}$  и  $^{16}\text{O}$  измерены в областях энергий 23.5-29.0 и 25.0-39.0 МэВ соответственно. Эти данные сравнивались с сечениями полного фото-ядерного поглощения, измеренными в Майнце, и интерпретировались в терминах форм-факторов с целью определения масштабов величин амплитуды томсоновского рассеяния и E2-амплитуды. Для E2-возбуждений в ядре  $^{12}\text{C}$  получено значение полной (изоскалярной плюс изовекторной) энергетически взвешенной суммы  $1.9^{+0.8}_{-0.7}$  в ядре  $^{16}\text{O}$  -  $1.25^{+1.3}_{-0.9}$ . Все данные для ядра  $^{12}\text{C}$ , взятые при энергии 23.5 МэВ (максимум гигантского резонанса), где действительная часть амплитуды рассеяния близка к нулю, использованы для определения величины полного сечения фотопоглощения при этой энергии -  $19.7 \pm 0.4$  мбн. Определено значение отношения ветвления  $\Gamma_{4.4}/\Gamma_0$  при энергии 23.5 МэВ -  $0.23 \pm 0.07$ .

The elastic scattering cross sections for  $^{12}\text{C}$  and  $^{16}\text{O}$  have been measured in the energy ranges 23.5-29.0 and 25.0-39.0 MeV, respectively. These data have been compared with the Mainz total photonuclear absorption cross sections and interpreted in terms of a form factor applied to the gauge term of the Thomson amplitude as well as an E2 amplitude. For  $^{12}\text{C}$  the E2 strength found is  $1.9^{+0.8}_{-0.7}$  total, isoscalar plus isovector, energy-weighted sums, and for  $^{16}\text{O}$   $1.25^{+1.3}_{-0.9}$ . All of the  $^{12}\text{C}$  data taken at 23.5 MeV, the peak of the giant resonance, where the real part of the scattering amplitude vanishes, have been combined to determine the total photonuclear absorption cross section at that energy,  $19.7 \pm 0.4$  mb. The branching ratio  $\Gamma_{4.4}/\Gamma_0$  at 23.5 MeV was found to be  $0.23 \pm 0.07$ .\*

Квазиупругое рассеяние электронов (QES) на ядре  $^{12}\text{C}$  исследовано на электронном линейном ускорителе Харьковского физико-технического института ЛУЭ-300. Определены продольный и поперечный форм-факторы в области QES-максимума, QES форм-факторы и факторы подавления сечения, а также и переданные импульсы, соответствующие QES-максимуму. Полученные данные сравниваются с результатами аналогичных экспериментов и теоретических расчетов.

Quasi-elastic electron scattering (QES) by the  $^{12}\text{C}$  nucleus has been measured by ЛУЭ-300 electron linac at the Kharkov Physicotechnical Institute. Transverse and longitudinal form factors at the QES maximum, QES form factors and cross-section suppression factors as well as momentum transfers corresponding to the QES maximum have been determined. The obtained results are compared with other similar measurements and theoretical calculations.\*

Амбарцумян В.Г., Арутюнян С.С., Багдасарян Д.С., Бояхчян Е.М., Казарян Г.Б., Маркарян Э.Р., Мкртчян Г.Г., Петросян О.П., Трошеникова И.А. УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОНОВ С ЯДРАМИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГИЙ ДО 5 ГэВ. Сб. "Вопросы атомной науки и техники". Серия: Общая и ядерная физика, 1(22), 3-4

Приведены характеристики установки, предназначенной для исследования взаимодействия электронов с ядрами в области энергии до 5 ГэВ. Анализ рассеянных электронов можно проводить в интервале импульсов 0.5...2.0 ГэВ/с и углов 15...90°. Магнитный спектрометр обеспечивает импульсный захват около 10% с разрешением около 1.5%, угловой захват - около 1.6 мср при точности определения угла рассеянного электрона около 2.5°. Регистрирующая аппаратура состоит из сцинтилляционных счетчиков, ливневого детектора и импульсного годоскопа. Комплексная наладка и калибровка установки проводилась по измерениям в области квазиупругого рассеяния электронов на ядре  $^{12}\text{C}$  при начальной энергии 2.1 ГэВ под углом 15.5°. \*

The parameters of the facility for the investigation of electron-nucleus interactions in the energy range up to 5 GeV are described. The analysis of scattered electrons may be fulfilled in the ranges of impulse from 0.5 to 2.0 GeV/c and of angles from 15° to 90°. The magnetic spectrometer has the impulse acceptance near 10% with the resolution near 1.5%, angular acceptance near 1.6 msr with the precision of determination of the scattered electron angle near 2.5°. The detection system consists of the scintillator counters, shower detector and impulse godoscope. The complex adjustment and calibration were done with respect to the measurements of quasielastic scattering of 2.1 GeV electrons on  $^{12}\text{C}$  at angle 15.5°.

Стибунов В.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДА ФОТОПРОТОНОВ ИЗ ЯДЕР. Сб. "Вопросы атомной науки и техники". Серия: Общая и ядерная физика, 1(22), 65-66

На Томском электронном синхротроне 1.5 ГэВ измерены дифференциальные сечения образования фотопротонов с энергией  $E=140\pm 10$  МэВ на ядрах C, Al, Ti, Cu, Ag, Sn, Pb. Измерения проведены на тормозном лучке фотонов с максимальной энергией 800 МэВ с помощью сцинтилляционного телескопа, включающего времяпролетную систему с временным разрешением 0.9 нс. Результаты проанализированы в плосковолновом импульсном приближении. Рассчитаны выходы протонов от процессов фотообразования одиночных мезонов и пар мезонов на квазисвободных нуклонах ядра. Из полученных сечений фоторасщепления квазидейтронных ассоциаций получено число эффективных ассоциаций для ядра  $^{12}\text{C}$   $N_e=12.4\pm 2.2$ , для  $^{27}\text{Al}$   $N_e=32.8\pm 4.0$ , для  $^{48}\text{Ti}$   $N_e=56\pm 7.1$ , для  $^{64}\text{Cu}$   $N_e=79\pm 10$ ,  $^{108}\text{Ag}$   $N_e=156\pm 22$ , для  $^{119}\text{Sn}$   $N_e=149\pm 20$ , для  $^{208}\text{Pb}$   $N_e=328\pm 45$ . С применением соотношения Левинжера получена и проанализирована зависимость фактора Левинжера от массы ядра. \*

The differential cross sections for the production of photoprotons with energy  $E=140\pm 10$  MeV on the C, Al, Ti, Cu, Ag, Sn, and Pb nuclei have been measured on 1.5 GeV-electron synchrotron of Tomsk. The measurements have been fulfilled on the bremsstrahlung beam with end-point energy 800 MeV, used the scintillator telescope and time-of-flight facility with the resolution 0.9 ns. The data have been analysed in the plane-waves approximation. The yields of protons in photoproduction of single mesons and of meson pairs on quasifree nucleons of nuclei have been calculated. The number of effective associations have been obtained for  $^{12}\text{C}$  ( $N_e=12.4\pm 2.2$ ),  $^{27}\text{Al}$  ( $N_e=32.8\pm 4.0$ ),  $^{48}\text{Ti}$  ( $N_e=56\pm 7.1$ ),  $^{64}\text{Cu}$  ( $N_e=79\pm 10$ ),  $^{108}\text{Ag}$  ( $N_e=156\pm 22$ ),  $^{119}\text{Sn}$  ( $N_e=149\pm 20$ ). Using the Levinger-relation the nucleus mass dependence of Levinger-factor have been analysed.

- 31 Barreau P., Bernheim M., Brussel M.K., Capitani G.P., De Sanctis E., Duclos J., Finn J.M., Frullani S., Garibaldi F., Isabelle D.B., Jans E., Mezzani Z., Morgenstern J., Mougey J., Saghai B., Sick I., Tarnowski D., Turck-Chiese S., Zimmerman P.D. COULOMB SUM RULE ON  $^{12}\text{C}$ . Il Nuov. Cim., 76A, 361-368

Глубоко неупругое рассеяние электронов на углероде измерялось при энергиях вплоть до области при углах  $36^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  и  $145^\circ$ . Получено систематическое разложение поперечных и продольных функций отклика с помощью анализа Розенблута данных в области переданных импульсов  $200 \text{ МэВ}/c < |q| < 550 \text{ МэВ}/c$ . Проводится сравнение с результатами теоретических вычислений, которые охватывают квази-упругую область и область  $\Delta$  пика. Показано, что уменьшение различий между данными и теорией, по-видимому, может быть получено при введении мезонных обменных токов, резонансного и нерезонансного рождения мезонов и использовании оболочечной модели. Экспериментальные оценки кулоновского правила сумм при высоких  $|q|$  согласуются с предсказаниями модели независимых частиц.\*

We have measured the deep inelastic electron scattering from carbon up to and including the  $\Delta$  region at  $36^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  and  $145^\circ$ . The systematic decomposition of the transverse and longitudinal response functions has been obtained by means of a Rosenbluth-type analysis of the data in the momentum transfer interval  $200 \text{ MeV}/c < |q| < 550 \text{ MeV}/c$ . A comparison with theoretical calculations which extend over the quasi-elastic and peak regions is presented. A reduction of the differences between our data and theory seems obtainable through the introduction of meson exchange currents, resonant and nonresonant meson production and the use of the shell model. Our experimental Coulomb sum rule estimates at higher  $|q|$  agree with independent-particle model predictions.\*

- 32 Zubanov D., Sutton R.A., Thompson M.N., Jury J.W.  $^{13}\text{C}(\gamma, p)$  CROSS SECTION. Phys. Rev., 27, 1957-1966

Измерение сечения реакции  $^{13}\text{C}(\gamma, p)$  выполнено с высоким разрешением в области энергий от порога до 28 МэВ. При использовании известных данных по сечению реакции  $^{13}\text{C}(\gamma, n)$  получена оценка полного сечения поглощения, которая сравнивается с современными теоретическими предсказаниями. Оценка распределения изоспиновых компонент гигантского дипольного резонанса свидетельствует о том, что изоспиновое расщепление и соотношение  $T <$  и  $T >$  сил хорошо согласуются с предсказаниями.

A high resolution measurement of the  $^{13}\text{C}(\gamma, p)$  cross section is presented from threshold to 2 MeV. In combination with the known  $^{13}\text{C}(\gamma, n)$  cross section an estimate of the total absorption cross section is obtained and compared with current theoretical predictions. An estimate of the distribution of the isospin components in the giant dipole resonance shows that isospin splitting and the relative  $T <$  and  $T >$  strengths are in agreement with predictions.\*

- 33 Watson J.D., Jury J.W., Kuo P.C.-K., Davidson W.F., Sherman N.K., McNeill K.G. GROUND-STATE PHOTONEUTRON REACTIONS IN  $^{15}\text{N}$ . Phys. Rev. C27, 506-514.

В области энергий возбуждения от 15 до 25 МэВ с помощью техники времени-пролета измерены угловые распределения фотонейтронов из реакции  $^{15}\text{N}(\gamma, n_0)^{14}\text{N}$ . Сечение образования конечного ядра в основном состоянии получено при изменении максимальной энергии тормозного излучения в исследованной области с шагом 2 МэВ. С помощью аппроксимации данных по спектрам серий полиномов Лежандра были оп-

Photoneutron angular distributions were measured by time-of-flight techniques for the reaction  $^{15}\text{N}(\gamma, n_0)^{14}\text{N}$  over the region of excitation energy from 15 to 25 MeV. Ground state cross sections were obtained by stepping the bremsstrahlung end-point over the energy region of interest in 2 MeV intervals. By fitting the spectral data to a series of Legendre polynomials, angular distribution

делены коэффициенты углового распределения, которые интерпретируются на основании простой одночастичной модели. Обнаружено, что заметная часть силы поглощения, связанная с распадами по каналу основного состояния, обусловлена образованием состояний ядра  $^{15}\text{N}$  с  $J^\pi=3/2^+$ ,  $T=1/2$ , которые затем распадаются посредством испускания d-волновых нейтронов. Полученные данные свидетельствуют в пользу приближения чисто электрического дипольного поглощения. Наличие небольшого вклада эмиссии s-волновых нейтронов, интерферирующих с доминирующими  $p_{1/2} \rightarrow d_{3/2}$  переходами, согласуется с наблюдаемой величиной коэффициента  $a_2/a_0 = -0.7 \pm 0.2$ . Установлено, что сечение  $(J, n_0)$  реакции, проинтегрированное в области энергий от порога до 30 МэВ, исчерпывает около одной трети полной силы нейтронного канала. Состояние, идентифицированное при энергии 17.3 МэВ, согласуется по энергии и составу с теоретическими предсказаниями, базировавшимися на оболочечно-модельных расчетах, выполненных при использовании остаточного взаимодействия со связью Сопера обменных сил.

34 Singhal R.P., Dubach J., Hicks R.S., Lindgren R.A., Parker B., Peterson G.A. ELECTRON SCATTERING AT  $180^\circ$  FROM THE "SINGLE-HOLE" STATES IN  $^{15}\text{N}$ . Phys. Rev., C28, 513-520

Представлены результаты исследования рассеяния электронов на угол  $180^\circ$  на ядре  $^{15}\text{N}$  с образованием конечного ядра в основном  $1/2^-$  и возбужденном  $3/2^-$  (6.32 МэВ) состояниях. Область переданных импульсов охватывала значения  $q=0.70-3.25$  ферми $^{-1}$ . Проводится сравнение полученных данных с предсказаниями протонно-дырочной Op-оболочечной модели, оболочечной модели с большим базисом  $2k\omega$  и модели поляризации кора. В общем было обнаружено, что теоретическое описание данных существенно улучшается при расширении модельного пространства, однако в области  $q > 2.4$  ферми $^{-1}$  предсказываемые сечения оказываются систематически меньше экспериментальных. Полученные данные приводят к малому значению параметра Мигдала  $g'$ , необходимого для описания  $(e, e')$  - рассеяния на ядрах  $^{12}\text{C}$  и  $^{13}\text{C}$ , и не поддерживают ранее высказанное предположение о том, что эффекты пионной конденсации играют важную роль в конечных ядерных системах.

coefficients were extracted and interpreted on the basis of a simple single particle model. It appears that a large fraction of the photoabsorption strength leading to decays via the ground state channel is due to the formation of  $J^\pi=3/2^+$ ,  $T=1/2$  states in  $^{15}\text{N}$  which decay by d-wave neutron emission. The data support an approximation of purely electric dipole absorption in the region measured. Some small amount of s-wave neutron emission interfering with the dominant  $p_{1/2} \rightarrow d_{3/2}$  transition is consistent with an observed value for the  $a_2/a_0$  coefficient of  $-0.7 \pm 0.2$ . The  $(J, n_0)$  cross section integrated between threshold and 30 MeV is estimated to represent about one-third of the total strength in the neutron channel. A state identified at 17.3 MeV is consistent in energy and composition with a theoretical prediction based on a small model calculation using a residual interaction with a Soper mixture of exchange forces.\*

Results are presented for the scattering of electrons through  $180^\circ$  from the  $1/2^-$  ground state and the  $3/2^-$  excited state at 6.32 MeV in  $^{15}\text{N}$ . The range of the momentum transfer  $q$  is from 0.70 to 3.25 fm $^{-1}$ . Comparisons are made with the predictions of the Op-shell proton-hole model, a large basis  $2k\omega$  shell model calculation, and core polarization models. In general, it was found that the theoretical description of the data improved markedly as the model space was expanded, but the predicted cross sections were consistently below the data for  $q > 2.4$  fm $^{-1}$ . The present data rule out the low value of the Migdal parameter  $g'$  needed to describe the  $(e, e')$  data for  $^{12}\text{C}$  and  $^{13}\text{C}$ , and do not support the previous suggestion that pion-condensation effects are important in finite nuclear systems.\*

Сечение реакции  $^{12}\text{C}(t, \gamma)^{15}\text{N}$  измерено под углом  $90^\circ$  для энергий  $E_t$  в области от 2.3 до 6.5 МэВ. Угловые распределения  $\gamma$ -квантов захвата поляризованных и неполяризованных тритонов получены при энергиях  $E_t = 2.27, 3.24$  и 5.95 МэВ. Определенные коэффициенты  $a_2$  и  $b_2$  сравниваются с предсказаниями модели прямого захвата (кластера). Модель дает достаточно хорошее качественное описание поведения сечения, наблюдавшегося в эксперименте, хотя предсказывает абсолютную величину сечения, на порядок меньшую, чем экспериментальная.

The  $90^\circ$  cross section for the  $^{12}\text{C}(t, \gamma)^{15}\text{N}$  reaction was measured for  $E_t$  from 2.3 to 6.5 MeV. Polarized and unpolarized angular distribution data were obtained for  $E_t = 2.27, 3.24$  and 5.95 MeV. The resulting  $a_2$  and  $b_2$  coefficients are compared to the predictions of a direct capture (cluster) model. This model gives a reasonably good description of the qualitative behavior observed in the experiment, although it predicts an absolute cross section which is an order of magnitude smaller than any observed cross section.\*

Фотонейтронное сечение для ядра  $^{16}\text{O}$  измерено на пучке моноэнергетических фотонов в области энергий от 17 до 33 МэВ. Это измерение выполнено путем вычитания выхода фотонейтронов для Si из выхода для мишени  $\text{SiO}_2$ , что уменьшает неопределенность в эффективности регистрации нейтронов, связанную с замедлением нейтронов водородом в водном образце. Полученное сечение согласуется с данными ряда предыдущих измерений, выполненных с моноэнергетическими фотонами, и устраняет некоторые расхождения относительно максимума при энергии 22.1 МэВ. Обнаружено, что средняя энергия фотонейтронов оказывается весьма большой в области энергий фотонов от 26 до 28 МэВ и подтверждает доминирующую роль в формировании сечения  $(\gamma, n)$  реакции переходов в основное состояние.

The photoneutron cross section for  $^{16}\text{O}$  has been measured with monoenergetic photons from 17 to 33 MeV. This measurement was carried out by subtracting the photoneutron yield for Si from that for  $\text{SiO}_2$ , thus reducing the uncertainty in the neutron detection efficiency associated with the neutron moderation by the hydrogen in a water sample. The present cross-section results agree with the mean of several previous measurements with monoenergetic photons, and resolve a prior discrepancy at the 22.1-MeV peak. The measured average photoneutron energy is quite large in the photon energy region from 26 to 28 MeV, signifying that ground-state transitions dominate the  $(\gamma, n)$  cross section there.\*

Измерены функции возбуждения реакций испускания  $\gamma$ -квантов при облучении ядра  $^{15}\text{N}$  поляризованными и неполяризованными протонами с энергиями в области  $E_p = 2.5-2.9$  МэВ с выделением дипольных переходов в первое ( $0^+$ ) и второе ( $3^-$ ) возбужденные состояния ядра  $^{16}\text{O}$ . В функции возбуждения  $J_{12}$  обнаружены резонансы при энергиях  $E_x = 16.21, 16.45, 16.82, 17.12, 18.03, 18.98, 19.90$  и 20.41 МэВ. Резонансы при

We have measured excitation functions of the  $\gamma$  rays resulting from the bombardment of  $^{15}\text{N}$  by polarized and unpolarized protons in the energy range  $E_p = 2.5-9.5$  MeV with emphasis on identifying dipole decays to the first ( $0^+$ ) and second ( $3^-$ ) excited states in  $^{16}\text{O}$ . Resonances in  $J_{12}$  are observed at  $E_x = 16.21, 16.45, 16.82, 17.12, 18.03, 18.98, 19.90,$  and 20.41 MeV. The 16.21 and 17.12 MeV resonances in

энергиях 16.21 и 17.12 идентифицированы как M1 распады в ядре  $^{16}\text{O}$  с уровней  $1^+$  с  $T=1$  в состояние  $0^+$  при энергии 6.05 МэВ. Определены отношения приведенных вероятностей распада с уровня при  $E^x=16.21$  МэВ  $B(M1, \gamma_1)/B(M1, \gamma_0)=0.48\pm 0.03$  и с уровня при  $E^x=17.12$  МэВ  $=0.55\pm 0.04$ . Показано, что резонанс при  $E^x=18.03$  МэВ обусловлен  $3^-, T=1$  состоянием ядра  $^{16}\text{O}$  с силой  $\Gamma_p\Gamma_{\gamma_2}/\Gamma=(1.96\pm 0.27)$  эВ, а резонанс при  $E^x=18.98$  МэВ —  $4^-, T=1$  размытым частично-дырочным состоянием с силой  $(0.85\pm 0.10)$  эВ. Определены абсолютные значения частичных и  $\gamma$ -ширин указанных состояний. M1  $\gamma_2$ -ширина состояния при энергии 18.98 МэВ  $(7.1\pm 3.1$  эВ) согласуется с результатами оболочечно-модельных расчетов. Обнаружены  $\gamma_3$ -резонансы при энергиях 16.82 и 17.27 МэВ и  $\gamma_4$ -резонанс при энергии 17.88 МэВ. Энергии возбуждения и ширины уровней так же, как и силы  $\gamma$ -переходов свидетельствуют о  $T=1$  характере всех резонансов, для которых наблюдались  $\gamma$ -кванты захвата. Показано соответствие обнаруженных резонансов уровням ядра  $^{16}\text{N}$ . Большие вероятности распадов по  $\alpha_1$ -каналу свидетельствуют о нечистоте изоспина. Гамма-ширины распадов, включая M1 распады в основное состояние, а также вероятности разрешенных  $\beta^-$ -переходов в ядрах с  $A=16$  сравниваются с результатами оболочечно-модельных расчетов, отмечается неплохое согласие. Приводятся результаты дополнительных оболочечно-модельных расчетов для M1- и гамов-теллеровских распадов в ядрах с  $A=14, 15, 17$  и  $18$ , свидетельствующие о том, что гамов-теллеровские матричные элементы исчерпывают  $\sim 20\%$  от величины, предсказываемой оболочечной моделью, и от спиновых частей M1 матричных элементов.

38 Anghinolfi M., Corvisiero P., Ricco G., Sanzone M., Taiuti M., Zucchiatti A.  
 PROTON CAPTURE BY  $^{15}\text{N}$  ABOVE THE GIANT DIPOLE RESONANCE. *Phys. Rev.*, C28,  
 1005-1011.

Сечения реакции протонного захвата с образованием конечного ядра  $^{16}\text{O}$  в основном и возбужденных состояниях измерены для нескольких углов в области энергий протонов от 18 до 40 МэВ. Обнаружено, что угловое распределение  $\gamma$ -квантов, оставляющих конечное ядро в основном состоянии, свидетельствует о наличии сильных эффектов E1-E2 интерференции в области энергий выше 40 МэВ и хорошо согласуется с результатами расчетов в модели полупрямого захвата. Измерены также угловые

$\gamma_{1,2}$  are identified as M1 decays of the  $i^-, T=1$  states to the 6.05 MeV  $0^+$  state in  $^{16}\text{O}$ . The measured ratio of reduced strengths  $B(M1, \gamma_1)/B(M1, \gamma_0)$  is  $0.48\pm 0.03$  for decays from the 16.21 MeV state and  $0.55\pm 0.04$  for decays from the 17.12 MeV state. The 18.03 MeV resonance is due to a  $3^- T=1$  state in  $^{16}\text{O}$  with a strength  $\Gamma_p\Gamma_{\gamma_2}/\Gamma=(1.96\pm 0.27)$  eV and the 18.98 MeV resonance is due to the  $4^- T=1$  stretched particle-hole state with a strength of  $(0.85\pm 0.10)$  eV. We determine absolute particle and  $\gamma$  widths for these states. The M1  $\gamma_2$  width of the 18.98 MeV state,  $(7.1\pm 3.1)$  eV, is in agreement with a shell-model calculation. Resonances in  $\gamma_3$  are observed at 16.82 and 17.27 MeV and in  $\gamma_4$  at 17.88 MeV. The excitation energies and widths of these levels as well as the strengths of the  $\gamma$  transitions suggest a  $T=1$  character for all of the resonances for which capture  $\gamma$  rays are observed. Correspondences of our resonances to levels in  $^{16}\text{N}$  are given. Strong  $\alpha_1$  branches for many of these states indicate isospin impurities. We compare  $\gamma$  widths, including ground-state M1 decays, and allowed  $\beta^-$  transition rates in  $A=16$  nuclei with shell model calculations and obtain rough agreement with the experimental results. Additional shell model calculations for M1 and Gamow-Teller decays in the  $A=14, 15, 17$  and  $18$  nuclei are presented, which indicate that Gamow-Teller matrix elements are quenched by  $\sim 20\%$  relative to shell model predictions and also relative to the spin part of the M1 matrix elements.\*

The proton capture cross sections to the ground and excited states of  $^{16}\text{O}$  have been measured at several angles in the proton energy interval between 18 and 40 MeV. The ground state angular distribution, which shows a significant E1-E2 interference effect above 40 MeV, results in reasonable agreement with semidirect capture calculations. Transitions to final bound and unbound  $1p-1h$  states in  $^{16}\text{O}$  having a dominant  $1p_{1/2}^{-1}$  hole have also been measured. Reso-

распределения  $\gamma$ -квантов переходов в конечные связанные и несвязанные  $1p-1h$  состояния ядра  $^{16}\text{O}$ , имеющие доминирующую дырочную конфигурацию  $1p_{1/2}^{-1}$ . Отмечается, что резонансы, построенные на этих конечных состояниях, систематически наблюдаются в области энергий выше  $E_p=20$  МэВ. Обсуждается возможная интерпретация этих состояний как гигантских дипольных резонансов, построенных на возбужденных состояниях.

39 Kuchler G., Richter A., Spamer E., Steffen W., Knüpfer W.  
HIGH-RESOLUTION ( $e, e'$ ) STUDY OF ISOVECTOR M1 AND M2 TRANSITIONS  
IN THE OXYGEN ISOTOPES (I).  $^{16}\text{O}$ . Nucl. Phys., A406, 473-492

Распределения сил M1 и M2 переходов в ядре  $^{16}\text{O}$  в области энергий возбуждения от 16 до 20 МэВ измерены с высоким разрешением в эксперименте по электронному рассеянию. Установлено, что M1 сила сконцентрирована в трех узких состояниях при энергиях  $E_x^{\pi}=16.22, 17.14$  и  $18.79$  МэВ ( $\pm 0.01$  МэВ) со значениями  $B(M1, k)\uparrow = 0.20 \pm 0.02, 0.32 \pm 0.03$  и  $0.13 \pm 0.03 \mu_N^2$  соответственно. Некоторая дополнительная M1 сила с  $B(M1, k)\uparrow = 0.35 \pm 0.09 \mu_N^2$ , распределенная между восемью слабыми возбужденными состояниями с энергиями в области  $E_x^{\pi}=17.4-18.0$  МэВ, приводит к полному экспериментальному значению  $B(M1, k)\uparrow = 1.0 \pm 0.1 \mu_N^2$ . M2 сила распределена между состояниями при энергиях  $E_x^{\pi}=16.82, 17.78, 18.50$  и  $19.0$  МэВ ( $\pm 0.01$  МэВ) со значениями  $B(M2, k)\uparrow = 19 \pm 2, 13 \pm 2, 59 \pm 7$  и  $341 \pm 51 \mu_N^2 \cdot \text{ферми}^2$ . Измерены также вероятности электрических переходов в состояния при  $E_x^{\pi}=16.45$  МэВ ( $2^+, E2$ ),  $17.30$  МэВ ( $1^+, E1$ ) и  $18.20$  МэВ ( $2^+, E2$ ). Выполнены теоретические расчеты с использованием модифицированного поверхностного  $\Delta$ -взаимодействия в  $2p-2h$  оболочечной модели для M1 переходов и в рамках приближения хаотических фаз для M2 переходов. Результаты свидетельствуют о чувствительности M1 силы к величине корреляций в основном состоянии и сравниваются с данными для реакции  $^{15}\text{N}(p, \gamma)$ .

nances built on these residual states have been systematically observed above  $E_p=20$  MeV; the possible interpretation of these states as giant dipole resonances built on excited states is discussed.\*

The M1 and M2 transition strength distribution for  $^{16}\text{O}$  in the excitation energy range from 16 to 20 MeV has been measured in a high-resolution electron scattering experiment. The M1 strength is concentrated in three sharp states at  $E_x=16.22, 17.14$  and  $18.79$  MeV ( $\pm 0.01$  MeV) with  $B(M1, k)=0.20 \pm 0.02, 0.32 \pm 0.03$  and  $0.13 \pm 0.03 \mu_N^2$ , respectively. An additional strength of  $0.35 \pm 0.09 \mu_N^2$ , distributed over eight weakly excited states with excitation energies  $E_x=17.4$  to  $18.0$  MeV, brings the total measured M1 strength to  $B(M1, k)\uparrow = 1.0 \pm 0.1 \mu_N^2$ . The experimental M2 strength is distributed over states at  $E_x=16.82, 17.78, 18.50$  and  $19.0$  MeV ( $\pm 0.01$  MeV) with  $B(M2, k)\uparrow = 19 \pm 2, 13 \pm 2, 59 \pm 7$  and  $341 \pm 51 \mu_N^2 \cdot \text{fm}^2$ , respectively. Electric transitions were also measured to states at  $E_x=16.45$  MeV ( $2^+, E2$ ),  $17.30$  MeV ( $1^+, E1$ ) and  $18.20$  MeV ( $2^+, E2$ ). Calculations were performed using the modified surface delta interaction in a  $2p-2h$  shell model for the M1 transitions and the random phase approximation for the M2 transitions. The results show the sensitivity of the M1 strength as a measure of ground-state correlations and compare well with results from the  $^{15}\text{N}(p, \gamma)$  reaction.\*

40 Sherman N.K., Davidson W.F., Claude A. MEASUREMENT OF THE TOTAL  
PHOTONUCLEAR CROSS SECTION FOR  $^{16}\text{O}$  IN THE REGION OF THE GIANT  
DIPOLE RESONANCE. J. Phys. G: Nucl. Phys., 9, 1519-1526

Полное сечение поглощения для ядра  $^{16}\text{O}$  измерено в области энергий от 3 до 38 МэВ при использовании  $\gamma$ -спектрометра, состоящего из жидко-дейтериевой мишени и фотонейтронного времяпролетного детектора. Полная фотоядерная

Using a  $\gamma$ -ray spectrometer consisting of a liquid deuterium target and a photoneutron time-of-flight detector, the total absorption cross section of  $^{16}\text{O}$  was measured in the energy range from 3 to 38 MeV. The total

компонента сечения, проинтегрированного в области энергий от 10 до 30 МэВ, имеет величину  $(182 \pm 16)$  МэВ·мбн, что составляет  $(0.76 \pm 0.07)$  от значения, предсказываемого правилом сумм ТРК. Этот результат сравнивается с данными предыдущих измерений, обсуждается его важность для теории токов мезонного обмена.

photonuclear component of the cross section integrated from 10 to 30 MeV was found to be  $(182 \pm 16)$  MeV·mb, or  $(0.76 \pm 0.07)$  TRK sum-rule units. This result is compared with previous measurements, and its significance to the theory of meson-exchange currents is discussed.\*

- 41 Rangacharyulu C., Ansaldo E.J., Bender D., Richter A., Spamer E.  
HIGH-RESOLUTION (e,e') STUDY OF ISOVECTOR M1 AND M2 TRANSITIONS  
IN THE OXYGEN ISOTOPES. (II). <sup>17</sup>O. Nucl. Phys., A406, 493-503

В эксперименте по рассеянию электронов, выполненном с высоким разрешением, изучено заселение шести уровней ядра <sup>17</sup>O с изоспином T=3/2 и энергиями возбуждения в области 11.0-15.3 МэВ. Установлено, что пять переходов в состояния с энергиями E<sup>\*</sup>=11.08, 12.47, 12.99, 14.23 и 14.75 МэВ имеют преимущественно M2 природу и значения  $B(M2, k) \uparrow = 6.1 \pm 1.9, 6 \pm 3, 6 \pm 3, 46 \pm 7$  и  $27 \pm 9 \chi_N^2$  ферми<sup>2</sup> соответственно. Отмечается, что переход на уровень при E<sup>\*</sup>=15.10 МэВ имеет природу M1 со значением  $B(M1, k) \uparrow = 0.14 \pm 0.04 \chi_N^2$ . Оказывается возможной интерпретация этого уровня как состояния с J<sup>\*</sup>=3/2<sup>+</sup>. Предполагается также интерпретация уровня при E<sup>\*</sup>=14.75 МэВ как состояния с J<sup>\*</sup>=9/2<sup>-</sup>. Сравнение силы перехода на уровень при энергии 11.08 МэВ с предсказанием, основанным на характеристиках аналогичного уникального запрещенного β<sup>-</sup>-распада основного состояния ядра <sup>15</sup>N, свидетельствует о важности включения p<sub>3/2</sub>-дырочных конфигураций в волновую функцию основного состояния ядра <sup>17</sup>O. Сравнение, выполненное для соответствующих E1 переходов в ядре <sup>17</sup>F с помощью определения продольной компоненты перехода на уровень при энергии 14.23 МэВ и в рамках предположения о чистой E1 природе перехода на уровень при энергии 12.99 МэВ, свидетельствует о том, что зеркальные асимметрии в массовых парах с A=17 могут иметь величины, отличные от 0.

In a high-resolution electron scattering experiment, six isospin T=3/2 levels in the excitation energy region of 11-15.3 MeV were populated in <sup>17</sup>O. Five transitions at E<sub>x</sub> = 11.08, 12.47, 12.99, 14.23 and 14.75 MeV are predominantly of M2 nature with transition strengths  $B(M2, k) \uparrow = 6.1 \pm 1.9, 6 \pm 3, 6 \pm 3, 46 \pm 7$  and  $27 \pm 9 \chi_N^2$  fm<sup>2</sup>, respectively. The transition to the 15.10 MeV level is mainly M1 with  $B(M1, k) \uparrow = 0.14 \pm 0.04 \chi_N^2$ . For this level, a tentative spin-parity assignment of J<sup>\*</sup>=3/2<sup>+</sup> is possible. Also, a spin assignment of J<sup>\*</sup>=9/2<sup>-</sup> is preferred for the 14.75 MeV level. The comparison of the transition strength to the level at 11.08 MeV with the prediction from the analogous unique first-forbidden β<sup>-</sup> decay of the <sup>17</sup>N ground state indicates that it may be important to include p<sub>3/2</sub>-hole configurations in the ground-state wave function of <sup>17</sup>O. A comparison made with the corresponding E1 transitions in <sup>17</sup>F, by estimating the possible longitudinal component for the 14.23 MeV transition and assuming that the 12.99 MeV transition is pure E1, shows that mirror asymmetries in the mass 17 pair may be of non-zero magnitudes.\*

Измерения сил E1-переходов с уровнями  $J^{\pi} = 1/2^{-}$  при энергиях 11.078 и 9.148 МэВ на уровень при энергии 0.871 МэВ в реакции  $^{13}\text{C}(\alpha, \gamma)^{17}\text{O}$  привели к значениям  $(10.4 \pm 1.6) \times 10^{-3}$  и  $(2.4 \pm 0.5) \times 10^{-3} e^2 \text{ ферми}^2$  соответственно. Отношение этих сил переходов приводит к величине заряда поляризации  $e_{\text{пол.}} \approx -0.6$ . Величина силы E1-перехода с уровня при энергии 11.078 МэВ очень хорошо согласуется с результатами расчетов поляризации кора Тоунера и Харди. Для асимметрии соответствующих изовекторных E1-переходов в ядрах  $^{17}\text{O}$  и  $^{17}\text{F}$  получено значение  $1.21^{+2.08}_{-0.93}$ , сравнимое с величиной асимметрии аналоговых  $\beta^{\pm}$ -распадов ядер  $^{17}\text{N}$  и  $^{17}\text{Ne}$ .

In the  $^{13}\text{C}(\alpha, \gamma)^{17}\text{O}$  reaction, measurements of E1 transition strengths from the 11.078 and 9.148 MeV ( $J^{\pi} = 1/2^{-}$ ) levels to the 0.871 MeV level give  $(10.4 \pm 1.6) \times 10^{-3}$  and  $(2.4 \pm 0.5) \times 10^{-3} e^2 \text{ fm}^2$ , respectively. The ratio of these transition strengths results in a polarization charge  $e_{\text{pol}} \approx -0.6$ . The E1 transition strength from the 11.078 MeV level is in excellent agreement with the core-polarization calculation of Towner and Hardy. The asymmetry for the corresponding isovector E1 transitions in  $^{17}\text{O}$  and  $^{17}\text{F}$  is found to be  $1.21^{+2.08}_{-0.93}$ , comparable in magnitude with the asymmetry for the analogous decays of  $^{17}\text{N}$  and  $^{17}\text{Ne}$ .\*

Область энергий возбуждения ядра  $^{18}\text{O}$   $E_x = 11-27$  МэВ изучена в эксперименте по неупругому рассеянию электронов, выполненном с малыми переданными импульсами, но с высоким разрешением. В спектре рассеянных электронов обнаружены два острых отчетливо выраженных максимума, соответствующих возбуждению уровней с  $T=2$  при энергиях  $16.399 \pm 0.005$  МэВ ( $J^{\pi} = 2^{-}$ ) и  $18.871 \pm 0.005$  МэВ ( $J^{\pi} = 1^{+}$ ). Других заметных M2 переходов не обнаружено, что противоречит теоретическим предсказаниям. Обнаружены широкие максимумы при энергиях 18.5, 19.7, 20.2, 22.5 и 23.8 МэВ, из которых 2 последних представляют собой состояния гигантского дипольного резонанса, известные из данных по фотоядерным реакциям. Поскольку кроме этого спектры содержат значительную тонкую структуру, для их анализа была применена техника корреляционных функций, с помощью которой локализованы 20 слабых переходов малой мультипольности в области энергий возбуждения между 16 и 19 МэВ. Для всех этих уровней предлагается  $J^{\pi}$ -интерпретация. Спектры состояний с изоспином  $T=2$  в ядрах с  $A=18$  обсуждаются в свете результатов существующих экспериментальных и теоретических работ. В заключение обсуждаются распределения изовекторных M1 и M2 сил в трех изотопах кислорода 16, 17,  $^{18}\text{O}$ .

The excitation energy region in  $^{18}\text{O}$  from about  $E_x = 11-27$  MeV has been studied with low-momentum transfer, but high-resolution inelastic electron scattering. Two sharp lines are prominent in the spectra, corresponding to the excitation of  $T=2$  levels at  $16.399 \pm 0.005$  MeV and  $18.871 \pm 0.005$  MeV of  $J^{\pi} = 2^{-}$  and  $1^{+}$ , respectively. In contradiction to theoretical predictions no more strong M2 transitions could be found. Broad peaks were observed at 18.5, 19.7, 20.2, 22.5 and 23.8 MeV, the latter two are due to the giant dipole resonance as known from photonuclear reactions. The spectra show in addition considerable fine structure and the application of a cross correlation function technique for its analysis resulted in the location of twelve more low multipolarity weak transitions in the excitation energy range between 16 and 19 MeV. Tentative  $J^{\pi}$  assignments are given for these levels. The spectra of isospin  $T=2$  states of  $A=18$  nuclei are discussed in view of the existing experimental and theoretical work. Finally, the pattern of the isovector M1 and M2 strength distributions of all the three oxygen isotopes 16, 17,  $^{18}\text{O}$  is discussed.\*

Предпринят поиск уровня с  $J^T=1^+$ , T=1 при энергии 11.264 МэВ в ядре  $^{20}\text{Ne}$ , формируемого как запрещенный по четности резонанс в реакции  $^{16}\text{O}(\alpha, \gamma)^{20}\text{Ne}$ . Выход  $\gamma$ -квантов с энергией 11.26 МэВ измерен как функция энергии  $\alpha$ -частиц в интервале шириной 8 кэВ, расположенном при ожидаемой резонансной энергии уровня  $1^+$ , T=1. Стандарты по энергии и интенсивности обеспечивались характеристиками соседнего  $1^-$ , T=1 резонанса ядра  $^{20}\text{Ne}$  при энергии возбуждения 11.275 МэВ. Существенное улучшение приближения к измеренной кривой выхода было получено для случая учета острого резонанса при ожидаемой энергии  $1^+$ , T=1 уровня. На основании результатов анализа делается вывод о том, что  $1^+$ , T=1 уровень наблюдался с достоверностью 90%. Определенная при таком приближении данных сила резонанса приводит к величине  $\alpha$ -ширины запрещенного по четности перехода  $1^+$ , T=1 уровня  $42(+20) \times 10^{-6}$  эВ. Установлено, что величина соответствующего матричного элемента, не сохраняющего четность и связывающего  $1^+$ , T=1 уровень с  $1^-$ , T=0 состоянием при энергии 11.23 МэВ, оказывается равной  $0.8 \text{ эВ} \leq \langle V_{\text{PNC}}^{\Delta T=1} \rangle \leq 2.6 \text{ эВ}$ .

A search has been carried out for the  $1^+$  T=1 level at 11.264 MeV in  $^{20}\text{Ne}$  formed as a parity-forbidden resonance in the  $^{16}\text{O}(\alpha, \gamma)^{20}\text{Ne}$  reaction. The yield of 11.26 MeV  $\gamma$ -rays was measured as a function of  $\alpha$ -particle energy over an interval of 8 keV centred on the expected resonance energy of the  $1^+$  T=1 level. An energy and intensity standard was provided by the nearby  $1^-$  T=1 resonance at an excitation energy of 11.275 MeV in  $^{20}\text{Ne}$ . A significant improvement in the fit to the measured yield curve was obtained by including a sharp resonance at the expected energy of the  $1^+$  T=1 level. From the analysis it is concluded that the  $1^+$  T=1 level has been observed with 90% confidence. The resonance strength extracted from the fit implies a parity-forbidden  $\alpha$ -particle width of  $42(+20) \times 10^{-6}$  eV for the  $1^+$  T=1 level. The corresponding parity non-conserving matrix element linking the  $1^+$  T=1 level with the  $1^-$  T=0 state at 11.23 MeV therefore lies within the range  $0.8 \text{ eV} \leq \langle V_{\text{PNC}}^{\Delta T=1} \rangle \leq 2.6 \text{ eV}$ .

Процесс прямого захвата в реакциях  $^{21}\text{Ne}(p, \gamma)^{22}\text{Na}$  и  $^{22}\text{Ne}(p, \gamma)^{23}\text{Na}$  исследован в области энергий протонов  $E_p=0.3-1.6$  МэВ при использовании газообразного неона, обогащенного до 91% изотопом  $^{21}\text{Ne}$  и до 99% -  $^{22}\text{Ne}$ . Газ рециркулировал в системе газовой мишени типа квазистатической и квазиточечной сверхзвуковой струи с переменным давлением. Процесс прямого захвата в случае реакции  $^{22}\text{Ne}(p, \gamma)^{23}\text{Na}$  наблюдался для различных конечных состояний ядра  $^{23}\text{Na}$  вплоть до энергии возбуждения  $E_x=8.83$  МэВ. Определенные спектроскопические факторы  $C^2S$  находятся в хорошем соответствии со значениями, полученными из реакций срыва. Переходы, соответствующие захвату в основное состояние ядра  $^{23}\text{Na}$ , свидетельствуют о проявлении широких структурных особенностей, похожих на эриксонские флуктуации. Полученные

The direct capture process in the reactions  $^{21}\text{Ne}(p, \gamma)^{22}\text{Na}$  and  $^{22}\text{Ne}(p, \gamma)^{23}\text{Na}$  has been investigated at  $E_p=0.3-1.6$  MeV using neon gas enriched to 91% in  $^{21}\text{Ne}$  and to 99% in  $^{22}\text{Ne}$ , respectively. The gas was recirculated in a differentially pumped gas target system of the extended-static and quasi-point supersonic jet type. For  $^{22}\text{Ne}(p, \gamma)^{23}\text{Na}$ , the direct capture process has been observed to several final states in  $^{23}\text{Na}$  up to  $E=8.83$  MeV excitation energy. The deduced spectroscopic factors  $C^2S$  are in fair agreement with the corresponding values from stripping reactions. The capture transition into the  $^{23}\text{Na}$  ground state exhibits broad structures, which resemble Ericson fluctuations. The data remove the previously reported discrepancies in  $C^2S$  for the  $^{23}\text{Na}$  ground state. The

данные устраняют ранее отмеченные расхождения значений  $\sigma^2s$  для основного состояния ядра  $^{23}\text{Na}$ . В функции возбуждения для реакции  $^{21}\text{Ne}(p,\gamma)^{22}\text{Na}$  преобладают широкие и интенсивные резонансы, которые затрудняют наблюдение процесса прямого захвата. Обсуждаются ядерные и астрофизические аспекты результатов.

excitation functions for the  $^{21}\text{Ne}(p,\gamma)^{22}\text{Na}$  reaction are dominated by broad and intense resonances, which hampered the measurement of the direct capture process. The nuclear and astrophysical aspects of the results are discussed.\*

- 46 Schmalbrock P., Becker H.W., Buchmann L., Görres J., Kettner K.U., Kieser W.E., Kräwinkel H., Rolfs G., Trautvetter H.P., Hammer J.W., Azuma R.E. STELLAR REACTION RATE OF  $^{20}\text{Ne}(\alpha,\gamma)^{24}\text{Mg}$ . Nucl. Phys., A398, 279-307

При энергиях  $\alpha$ -частиц в области  $E_\alpha(\text{лаб.}) = 0.55-3.20$  МэВ исследована реакция  $^{20}\text{Ne}(\alpha,\gamma)^{24}\text{Mg}$ . Неоновый газ, обогащенный изотопом  $^{20}\text{Ne}$  до 99.95% рециркулировал в системе газовой мишени с переменным давлением двух типов: протяженной и квазиточечной реактивной. Были обнаружены новые резонансы при энергиях  $E_\alpha(\text{лаб.}) = 958, 1226, 1260, 1704$  и  $2277$  кэВ, соответствующие известным состояниям ядра  $^{24}\text{Mg}$ . Для всех резонансов приводятся энергии возбуждения, схемы  $\gamma$ -распадов, угловые распределения  $\gamma$ -квантов, ширины и силы резонансов, значения  $J^\pi$  и T. Получена также информация о низколежащих состояниях ядра  $^{24}\text{Mg}$ . Обсуждаются ядерные и астрофизические аспекты полученных результатов.

The reaction  $^{20}\text{Ne}(\alpha,\gamma)^{24}\text{Mg}$  has been investigated at  $E_\alpha(\text{lab}) = 0.55-3.20$  MeV. Neon gas enriched to 99.95% in  $^{20}\text{Ne}$  was recirculated in differentially pumped gas target systems of the extended and quasipoint jet types. New resonances were found at  $E_\alpha(\text{lab}) = 958, 1226, 1260, 1704$  and  $2277$  keV, which correspond to known states in  $^{24}\text{Mg}$ . Excitation energies,  $\gamma$ -ray decay schemes,  $\gamma$ -ray angular distributions, resonance widths and strengths as well as  $J^\pi$  and T-assignments are reported for all the resonances. Information on low-lying states in  $^{24}\text{Mg}$  is also obtained. The nuclear and astrophysical aspects of the results are discussed.\*

- 47 Ryan P.J., Thompson M.N., Shoda K., Tanaka T. THE PHOTODISINTEGRATION OF  $^{24}\text{Mg}$ . Nucl. Phys. A411, 105-124

Дипольный гигантский резонанс (ДГР) ядра  $^{24}\text{Mg}$  изучен путем измерения распадных спектров двух различных типов: 1) спектров мгновенного гамма-излучения, сопутствующего фоторасщеплению и 2) спектров заряженных фоточастиц. Представлены проинтегрированные по энергии  $(J,n)$  и  $(J,p)$  сечения образования специфических конечных состояний, а также парциальные  $(J,p)$  и  $(J,\alpha)$  сечения. Наблюдавшиеся распадные свойства обсуждаются в рамках  $1p1h$  модели и представлениях об изоспиновой чистоте дипольного гигантского резонанса (ДГР). Однако детальное сравнение с теоретическими моделями показывает, что существующие расчеты не подходят для точного описания как ДГР, так и его  $1p1h$  компонент.

The giant dipole resonance (GDR) of  $^{24}\text{Mg}$  was studied by measuring two different types of decay spectra: (a) prompt de-excitation  $\gamma$ -rays emitted following photodisintegration, and (b) those of charged photoparticles. Energy-integrated  $(J,n)$  and  $(J,p)$  cross sections to specific residual states and also partial  $(J,p)$  and  $(J,\alpha)$  cross sections are presented. The observed decay properties are discussed with reference to the  $1p1h$  model, and the isospin purity of the GDR is assessed. Detailed comparison with theoretical models, however, indicates that the existing calculations fail to describe correctly both the deduced  $1p1h$  composition and structure of the GDR.\*

С помощью реакции  $^{25}\text{Mg}(p,\gamma)^{26}\text{Al}$  измерена полная ширина резонанса при энергии  $E_{\text{ц.м.}} = 37.2$  кэВ в системе  $^{25}\text{Mg}+p - 460 \pm 70$  эВ. Для случая R-матричной параметризации зависимости резонансной ширины от относительной энергии определена сила  $\omega\gamma = 5.7 \times 10^{-16}$  эВ резонанса при энергии 37.2 кэВ, представляющего большой интерес с астрофизической точки зрения. Подобным способом верхний предел  $\omega\gamma \leq 1.0 \times 10^{-11}$  эВ установлен для возможного резонанса при  $E_{\text{ц.м.}} = 94.0$  кэВ.

The total width of the  $E_{\text{c.m.}} = 37.2$  keV resonance in the  $^{25}\text{Mg}+p$  system has been measured using the  $^{25}\text{Mg}(p,\gamma)^{26}\text{Al}$  reaction and is found to be  $460 \pm 70$  eV. From the information, a resonance strength  $\omega\gamma = 5.7 \times 10^{-16}$  eV is obtained for the astrophysically important 37.2 keV resonance in  $^{26}\text{Al}$  through an R-matrix parameterization of the relative energy dependence of the resonance width. In a similar manner, an upper limit  $\omega\gamma \leq 1.0 \times 10^{-11}$  eV is deduced for a possible resonance at  $E_{\text{c.m.}} = 94.0$  keV.\*

Измерены форм-факторы неупругого рассеяния электронов на ядре  $^{27}\text{Al}$  с возбуждением состояний положительной четности с энергиями в области до 7 МэВ. Результаты охватывают область переданных импульсов  $q \approx 0.57-2.80$  ферми $^{-1}$ . Отдельно получена информация о продольных и поперечных форм-факторах, главным образом для состояний при малых энергиях возбуждений. Обнаружено, что в области энергий возбуждения ниже 3.7 МэВ продольные форм-факторы состояний хорошо согласуются с результатами оболочечно-модельных расчетов при условии использования подходящих эффективных зарядов. Такие заряды, однако, зависят от переданного импульса в области до  $q \approx 2$  ферми $^{-1}$ . В противоположность этому, для описания поперечных форм-факторов не требуется учета в расчетах эффективных зарядов или магнитных моментов. Установлено, что оболочечная модель существенно менее успешно описывает возбуждения при больших энергиях, хотя идентификация значений  $J^{\pi}$  выполнена на основе сравнения с современными теоретическими предсказаниями.

Inelastic electron scattering form factors were measured for the even-parity states of  $^{27}\text{Al}$  below 7 MeV. The data span a momentum transfer range of  $q \approx 0.57-2.80$  fm $^{-1}$ . Separate longitudinal and transverse information was obtained, especially for the lowest-energy excitations. For excitations below 3.7 MeV, the longitudinal form factors were found to be well described by shell model calculations provided appropriate effective charges were introduced. These effective charges appear to exhibit little dependence on momentum transfer up to  $q \approx 2$  fm $^{-1}$ . In contrast, effective charges or magnetic moments were not required to account for the corresponding transverse form factors. The shell model was somewhat less successful in its description of the higher-energy excitations, although tentative  $J^{\pi}$  assignments were made for some currently ambiguous states on the basis of a comparison with the theoretical predictions.\*

Snover K.A., Feldman G., Hindi M.M., Kuhlmann E., Harakeh M.N.,  
Sasao M., Noumachi M., Fujita Y., Fujiwara M., Hosono K.  
 $^{27}\text{Al}(p,\gamma)^{28}\text{Si}$  AND  $^{27}\text{Al}(^3\text{He},d)^{28}\text{Si}$  TO THE STRETCHED 11.59 MeV  
( $6^-,0$ ) AND 14.36 MeV ( $6^-,1$ ) LEVELS. Phys. Rev., C27, 493-505

Изучен  $6^-, T=1$  резонанс в реакции  $^{27}\text{Al}(p,\gamma)$  при энергии  $E^x=14.36$  МэВ, определена ширина  $\Gamma_{p0}=\Gamma=4.0\pm 0.2$  кеВ, с помощью которой установлен ( $d_{5/2}^{-1}, f_{7/2}$ ) параметр  $\delta_1^2=0.7$ . Получено также значение  $B(M1)=2.8\pm 0.4$   $\mu_N^2$  или  $0.19\pm 0.03$  от чисто одночастичного ( $d_{5/2}^{-1}, f_{7/2}$ ) значения для M1  $\gamma$ -распада  $6^-, T=1 \rightarrow 6^-, T=0$ . Данные по  $^{27}\text{Al}(^3\text{He},d)$  срыву в состояния  $6^-, T=1$  и  $6^-, T=0$  (11.58 МэВ) приводят к значению  $S_0(p)/S_1(p)=1.1\pm 0.1$  и, следовательно, свидетельствуют о том, что  $6^-, T=0$  уровень имеет конфигурацию ( $d_{5/2}^{-1}, f_{7/2}$ ), сравнимую с конфигурацией  $6^-, T=1$  уровня, в отличие от представлений, основанных на данных по неупругому рассеянию протонов и пионов. В рамках одночастично-однопрочной модели обсуждаются ограничения на характеристики M1 распада и силы возбуждений, предварительно измеренные в процессах неупругого рассеяния электронов, протонов и пионов.

We have studied the  $E_x=14.36$  MeV  $6^-, T=1$  resonance in the  $^{27}\text{Al}(p,\gamma)$  reaction with the result that  $\Gamma_{p0} = \Gamma = 4.0\pm 0.2$  keV, from which we infer a ( $d_{5/2}^{-1}, f_{7/2}$ ) parentage  $\delta_1^2 \approx 0.7$ . We also obtain  $B(M1)=2.8\pm 0.4 \mu_N^2$  or  $0.19\pm 0.03$  of the pure single particle ( $d_{5/2}^{-1}, f_{7/2}$ ) value for the  $6^-, 1 \rightarrow 6^-, 0$  M1  $\gamma$  decay.  $^{27}\text{Al}(^3\text{He},d)$  results for stripping to the  $6^-, 1$  and the  $6^-, 0$  (11.58 MeV) levels indicate  $S_0(p)/S_1(p)=1.1\pm 0.1$  and hence that the  $6^-, 0$  level has a ( $d_{5/2}^{-1}, f_{7/2}$ ) parentage comparable to the  $6^-, 1$  level, contrary to inferences based on inelastic proton and pion scattering data. We discuss the hindrance of the M1 decay and the previously measured inelastic electron, proton, and pion excitation strengths relative to the expectations of a one-particle-one-hole model.\*

Gulbranson R.L., Cardman L.S., Doron A., Erell A., Lindgren K.R.,  
Yavin A.I. CHARGED PARTICLE DECAY OF THE  $^{28}\text{Si}$  GIANT ELECTRIC  
DIPOLE RESONANCE. Phys. Rev., C27, 470-481

С помощью техники меченых фотонов изучались процессы испускания протонов и альфа-частиц из состояний гигантского электрического дипольного резонанса ядра  $^{28}\text{Si}$ ; разрешались дискретные конечные состояния остаточного ядра. Обнаружено, что в протонном распаде доминируют переходы в основное состояние конечного ядра. Сравнение с результатами расчетов Хаузера-Фешбаха и данными по спектроскопическим факторам, полученными в реакциях нуклонного подхвата, свидетельствует о том, что в канале протонного распада имеется значительная нестатистическая компонента. Альфа-частичный канал распада проявил себя как статистический.

We measured protons and alpha particles emitted from the giant electric dipole resonance of  $^{28}\text{Si}$  using tagged photons; discrete final states in the residual nuclei were resolved. The proton decay was found to be dominated by the ground state branch. Comparisons with Hauser-Feshbach calculations and spectroscopic factors from nucleon pickup reactions indicate that most proton decay channels have a significant, nonstatistical component. The alpha decay channels appear to be statistical.\*

Kuhlmann E., Snover K.A., Feldman G., Hindi M. ALPHA CAPTURE INTO THE GIANT  
QUADRUPOLE RESONANCE IN  $^{28}\text{Si}$ . Phys. Rev., C27, 948-959

Угловые распределения  $\gamma$ -квантов из реакции  $^{24}\text{Mg}(\alpha, \gamma_0)^{28}\text{Si}$  исследованы в области энергий возбуждения  $E^x=14-22$  МэВ с мелким шагом. Абсолютные сечения измерены с ошибками, меньшими 10%. Они оказались существенно меньшими по ве-

Angular distributions have been studied in the  $^{24}\text{Mg}(\alpha, \gamma_0)^{28}\text{Si}$  reaction in fine energy steps for excitation energies  $14 \leq E_x \leq 22$  MeV. Absolute cross sections were determined with errors smaller than 10% and were found to be

личине значений, полученных ранее. Для полной E2 силы получено значение  $(3.7 \pm 0.4)\%$  от величины, предсказываемой энергетически взвешенным правилом сумм, хорошо согласующееся с результатами совпадательных  $(\alpha, \alpha' \gamma)$  экспериментов. Сильные интерференционные эффекты так же, как и другие отклонения от предсказаний статистической модели интерпретируются как следствие проявления нестатистических предравновесных процессов как в E1, так и в E2 каналах.

53 Pywell R.E., Berman B.L., Jury J.W., Woodworth J.G., McNeill K.G., Thompson M.N. PHOTONEUTRON CROSS SECTIONS FOR THE SILICON ISOTOPES. *Phys. Rev.*, C27, 960-975

На пучке моноэнергетических фотонов, полученных при аннигиляции на лету быстрых позитронов, при использовании метода подсчета множественности нейтронов в области энергий до 33 МэВ измерены фотонейтронные сечения для ядер  $^{28}\text{Si}$ ,  $^{29}\text{Si}$  и  $^{30}\text{Si}$ . Одновременно с данными по сечениям с помощью техники кольцевых отношений были получены средние энергии нейтронов. Для ядер  $^{28}\text{Si}$  и  $^{30}\text{Si}$  в отличие от ядра  $^{29}\text{Si}$  обнаружена существенная фрагментация дипольного гигантского резонанса. Сечение реакции  $(J, 2n)$  для ядра  $^{30}\text{Si}$  велико, для ядра  $^{29}\text{Si}$  близко к нулю. Сечение  $(J, 1n)$  реакции для ядра  $^{30}\text{Si}$  быстро убывает до значений близких к 0, тогда как сечение  $(J, 2n)$  реакции растет, затем сечение реакции  $(J, 1n)$  начинает вновь возрастать до заметных значений, а сечение  $(J, 2n)$  реакции — уменьшаться; такое необычное соотношение сечений, не наблюдавшееся ранее, обусловлено конкуренцией  $(J, n)$ ,  $(J, 2n)$  и  $(J, pn)$  каналов. Делаются заключения о некоторых свойствах изоспиновых компонент гигантского резонанса. Другие полученные данные, включая интегральные сечения, во многих отношениях оказываются схожими с соответствующими результатами исследований изотопов кислорода и магния. Ядро  $^{28}\text{Si}$  оказывается лучшим "кором" для ядер  $^{29}\text{Si}$  и  $^{30}\text{Si}$ , чем это можно было ожидать из предыдущих оболочечно-модельных описаний.

substantially lower than previously determined. A total E2 strength of  $(3.7 \pm 0.4)\%$  of the energy weighted sum rule was observed, in good agreement with result obtained from  $(\alpha, \alpha' \gamma)$  coincidence experiments. Strong interference effects as well as other deviations from statistical model expectations are interpreted as due to non-statistical preequilibrium effects in both E1 and E2 channels.\*

The photoneutron cross sections for  $^{28}\text{Si}$ ,  $^{29}\text{Si}$ , and  $^{30}\text{Si}$  have been measured up to 33 MeV with monoenergetic photons from the annihilation in flight of fast positrons, using neutron multiplicity counting. Average neutron energies were obtained simultaneously with the cross-section data by the ring-ratio technique. The giant dipole resonances for  $^{28}\text{Si}$  and  $^{30}\text{Si}$  exhibit appreciable fragmentation; that for  $^{29}\text{Si}$  does not. The  $(J, 2n)$  cross section for  $^{30}\text{Si}$  is large; that for  $^{29}\text{Si}$  is consistent with zero. The  $(J, 1n)$  cross section for  $^{29}\text{Si}$  decreases sharply with energy to values near zero as the  $(J, 2n)$  cross section grows, then increases to appreciable values as the  $(J, 2n)$  cross section diminishes; this extreme behavior, although never seen before, is attributable to the competition between the  $(J, n)$ ,  $(J, 2n)$ , and  $(J, pn)$  decay channels. Some properties of the isospin components of the giant resonance are inferred. Other features of the data, including the integrated cross sections, are found to be similar in many respects to corresponding results for the oxygen and magnesium isotopes. The  $^{28}\text{Si}$  nucleus is found to be a better "core" for  $^{29}\text{Si}$  and  $^{30}\text{Si}$  than might have been expected from previous descriptions of its open-shell character.\*

Показано, что в реакции  $(p, \gamma)$ , заселяющей высоковозбужденные состояния ядра  $^{28}\text{Si}$ , доминирующую роль играют дипольные гигантские резонансы, построенные на одночастично-однодырочных состояниях. Каждый гигантский резонанс располагается при энергиях  $E_\gamma \approx 20$  МэВ и имеет ширину, которая возрастает при увеличении энергии одночастично-однодырочных состояний, и силу, которая просто соотносится с силой протонного срыва для одинаковых конечных состояний.

The  $(p, \gamma)$  reaction populating highly excited states in  $^{28}\text{Si}$  is shown to be dominated by giant dipole resonances built upon one-particle, one-hole states. Each giant resonance is centered at  $E_\gamma \approx 20$  MeV, with a width which increases with the energy of the one-particle, one-hole state, and with a strength that is simply related to the proton stripping strength to the same final state.\*

Состояния отрицательной четности ядра  $^{28}\text{Si}$  исследованы с высоким разрешением в реакции неупругого рассеяния электронов. Впервые в области переданных импульсов 0.9-2.4 фм $^{-1}$  определены форм-факторы состояний  $1^-$  (8.904),  $5^-$  (9.702),  $1^-, 2^-$  (9.929),  $3_2^-$  (10.180) и  $4^-$  T=1 (12.664). Состояние  $3_1^-$  (6.879) изучено методом учета результатов теоретического расчета, выполненного для соседнего  $4^+$  (6.889). Установлен верхний предел для форм-фактора состояния  $5^-$  T=1 (13.248). Остались неразрешенными состояния  $3^-$  T=0/6 $^-$  T=0 (11.58). Установлено изменение формы ядра от сплюснутой к вытянутой в области  $3^-$  T=0 состояний. Экспериментальные данные сравниваются с предсказаниями расчетов в рамках приближения хаотических фаз для незаполненных оболочек, сделанных Роувом и Вонгом. Показано, что в ядре  $^{28}\text{Si}$  это приближение оказывается очень чувствительным к используемой в расчетах волновой функции основного состояния, обсуждаются другие возможные ограничения на приближение хаотических фаз для незаполненных оболочек.

Negative-parity states of  $^{28}\text{Si}$  are studied by high-resolution inelastic electron scattering. The form factors of the  $1^-$  (8.904),  $1^-, 2^-$  (2.929),  $3_2^-$  (10.180), and  $4^-$  T=1 (12.664) states are determined for the first time, for momentum transfers between 0.9 and 2.4 fm $^{-1}$ . The  $3_1^-$  (6.879) state is studied by subtracting off the theoretical contribution of the nearby  $4^+$  (6.889) state. An upper limit for the  $5^-$  T=1 (13.248) is established. The  $3^-$  T=0/6 $^-$  T=0 complex (11.58) remains unresolved. We present evidence for oblate-prolate deformation changes in the  $3^-$  T=0 states. The experimental data are compared with predictions of the open-shell random phase approximation of Rowe and Wong. In  $^{28}\text{Si}$ , the open-shell random phase approximation is demonstrated to be extremely sensitive to the ground state wave function used, and other possible limitations of the open-shell random phase approximation are discussed.\*

- 56 Yen S., Pich B.O., Drake T.E., Williamson C.F., Kowalski S., Sargent J.F.  
ELECTROEXCITATION OF  $2^+$  AND  $4^+$  STATES IN  $^{28}\text{Si}$ : A TEST OF THE RENORMALIZED SHELL MODEL. Phys. Lett., 124B, 171-173

С помощью исследования с высоким разрешением реакции рассеяния электронов измерены электромагнитные форм-факторы пяти нижних  $2^+$  и двух нижних  $4^+$  состояний ядра  $^{28}\text{Si}$ , причем некоторые из них впервые. Сравнение экспериментальных данных с результатами перенормированных оболочечно-модельных расчетов Чанга и Вилдентала выявляет трудности в оболочечно-модельном описании указанных состояний.

The electromagnetic form factors of the lowest five  $2^+$  and the lowest two  $4^+$  states in  $^{28}\text{Si}$  are measured via high-resolution electron scattering, some for the first time. Comparison with the renormalized shell model calculations of Chang and Wildenthal reveals deficiencies in the shell model description of these states.\*

- 57 Kicińska-Nabior M., Decowski P., Dabrowska M., Grochulski W., Jaracz F., Matulewicz T., Sikora B., Toke T., Somorjai E. ANALYSIS OF THE  $^{27}\text{Al}(p,\gamma)^{28}\text{Si}$  REACTION AT SUBBARRIER ENERGIES IN TERMS OF THE DIRECT-SEMIDIRECT MODEL. Z. Phys., A312, 89-93

Дифференциальные сечения  $\gamma$ -переходов в 12 состояний ядра  $^{28}\text{Si}$ , сопровождающих нерезонансный захват протонов ядром  $^{27}\text{Al}$  ( $E_p = 1625$  кэВ), измерены и проанализированы в рамках прямой-полупрямой модели. Экспериментальные данные удается описать лишь в том случае, когда используется увеличенное значение комплексной константы связи с ДПР для  $f$ -парциальной волны во входном канале.

Differential cross sections for  $\gamma$ -transitions to 12 states in  $^{28}\text{Si}$  following nonresonant proton capture in  $^{27}\text{Al}$  nuclei ( $E_p = 1.625$  keV) were measured and analysed in terms of the direct-semidirect model. The experimental data are reproduced only when the complex coupling constant with the DGR is enhanced for the  $f$  partial wave in the entrance channel.\*

- 58 Chakrabarty D.R., Eswaran M.A., Ragoowansi N.L. SPIN AND ISOSPIN CHARACTERISTICS OF THE EXCITED STATES OF  $^{36}\text{Ar}$  THROUGH THE REACTION  $^{32}\text{S}(\alpha,\gamma)^{36}\text{Ar}$  IN THE BOMBARDING ENERGY RANGE  $E_\alpha = 4$  TO 5 MeV. Phys. Rev., C28, 1012-1024

В области энергий налетающих  $\alpha$ -частиц от  $E_\alpha = 4.13$  до 5.00 МэВ, что соответствует диапазону энергий возбуждения ядра  $^{36}\text{Ar}$  от  $E_x = 10.31$  до 11.08 МэВ, изучена реакция  $\alpha$ -захвата. Идентифицированы 7 резонансов, определены их силы. Два резонанса распадаются преимущественно на основное состояние, в то время как пять других, главным образом, на первое возбужденное состояние ядра  $^{36}\text{Ar}$ . Проведены измерения угловых распределений  $\gamma$ -квантов доминирующего канала распада, установлены спины и четности всех резонансов. Изоспин двух из указанных пяти резонансов оказался равным  $T=0$ , в то время как трех других -  $T=1$ . Было получено подтверждение действия правила отбора по изоспину для дипольного ( $E1$  и  $M1$ ) и квадрупольного ( $E2$ )  $\gamma$ -распада.

The  $\alpha$  capture reaction  $^{32}\text{S}(\alpha,\gamma)^{36}\text{Ar}$  was studied in the bombarding energy range of  $E_\alpha = 4.13$  to 5.00 MeV corresponding to the excitation energy range of  $E_x = 10.31$  to 11.08 MeV in  $^{36}\text{Ar}$ . Seven resonances have been located and their resonance strengths determined. Two of the resonances decay predominantly to the ground state while the other five decay predominantly to the first excited state of  $^{36}\text{Ar}$ . Angular distribution measurements of the predominant decay gamma ray have been performed and the spin and parity of all the resonances assigned. The isospin of two of the resonances have been assigned as  $T=0$  while  $T=1$  has been assigned for three others. Evidence has been obtained for the operation of the isospin selection rule for the dipole ( $E1$  and  $M1$ ) and quadrupole ( $E2$ ) gamma decay.\*

Сообщается о результатах измерения с высоким разрешением в области энергий фотонов от 10 до 28 МэВ сечений реакций  $(J,n)$ ,  $(J,2n)$ ,  $(J,p)$ ,  $(J,np)$  и  $(J,2p)$  для ядра  $^{40}\text{Ar}$ . С помощью этих данных определено полное сечение фотопоглощения, проинтегрированное до энергии 26 МэВ -  $434 \pm 40$  МэВ-мбн. Сечение фотопоглощения согласуется с результатами расчетов в рамках динамической коллективной модели (DCM), что свидетельствует с применимости DCM в данной области масс ядер. Подтверждено, что важную роль в процессах распада дипольного гигантского резонанса ядра  $^{40}\text{Ar}$  играет изоспин.

High resolution measurements of the  $(J,n)$ ,  $(J,2n)$ ,  $(J,p)$ ,  $(J,np)$  and  $(J,2p)$  cross sections of  $^{40}\text{Ar}$  over a photon energy range of 10 to 28 MeV are reported. From these data, the total photon absorption cross section integrated to 26 MeV is found to be  $434 \pm 40$  MeV mb. The results of a dynamic collective model (DCM) calculation compare favourably with the photoabsorption cross section, supporting the use of the DCM in this mass region. It is confirmed that isospin plays an important role in the decay of the  $^{40}\text{Ar}$  giant dipole resonance.\*

С целью определения интенсивности  $\gamma$ -канала распада возбужденных состояний  $^{40}\text{Ca}$  в области энергии возбуждения 10.5-32.0 МэВ исследованы реакции  $^{40}\text{Ca}(e,\gamma)$  и  $^{40}\text{Ca}(\gamma,\gamma)$ .

The  $^{40}\text{Ca}(e,\gamma)$  and  $^{40}\text{Ca}(\gamma,\gamma)$  reactions have been investigated with the aid of determination of the intensity of the  $^{40}\text{Ca}$  excited states  $\gamma$ -decay channel.

Сечения реакции глубоко неупругого рассеяния электронов на ядре  $^{40}\text{Ca}$  измерены в области энергий от 100 до 375 МэВ для углов рассеяния  $90^\circ$  и  $140^\circ$ . Из экспериментальных данных с помощью процедуры выделения Розенблата извлечены продольные и поперечные функции отклика для величин переданного трехимпульса 330, 370 и 410 МэВ/с. Для указанных значений переданного трехимпульса определены интегральные продольные функции отклика, имеющие значения соответственно 65%, 75% и 90% от величин продольной силы, предсказываемых моделью ферми-газа.

Deep inelastic electron scattering cross sections have been measured from  $^{40}\text{Ca}$  at energies between 100 and 375 MeV and at scattering angles of  $90^\circ$  and  $140^\circ$ . Longitudinal and transverse response functions at three-vector momentum transfers of 330, 370, and 410 MeV/c were extracted from these data using a Rosenbluth separation. The integrated longitudinal response functions for the three momentum transfers are found to have, respectively, 65%, 75%, and 90% of the longitudinal strength predicted by the Fermi gas model.\*

Сечения электровозбуждения гигантских электрических дипольных резонансов ядер  $^{42,44}\text{Ca}$  измерены в области малых переданных импульсов  $0.3 \leq q \leq 0.4$  ферми $^{-1}$ , где вклады квадрупольных переходов в полные спектры составляют 10-20%. Наблюдается уширение дипольных резонансов, имеющих некоторую структуру в случае обоих ядер, что подтверждает вывод предыдущего анализа результатов измерений при больших переданных импульсах.

The cross sections of the electroexcitation of the giant electric-dipole resonances in  $^{42,44}\text{Ca}$  have been measured for low-momentum transfers  $0.3 \leq q \leq 0.4$  fm $^{-1}$ , where the quadrupole transitions is as small as 10-20% of the total spectra. The dipole resonances were observed to be broadened with some structure in both nuclei, supporting the previous analysis for the measurement at high-momentum transfer.\*

Форм-фактор  $1^+$  состояния ядра  $^{48}\text{Ca}$  при энергии 10.23 МэВ измерен в реакции неупругого рассеяния электронов в области переданных импульсов до 1.4 ферми $^{-1}$ . Известно, что данное состояние имеет относительно простую оболочечно-модельную структуру. Однако результаты выполненных оболочечно-модельных расчетов расходятся с экспериментальными данными. Предпринята попытка проанализировать это расхождение в рамках представления о ненуклонных степенях свободы. Показано, что при достаточно сильном  $\Delta$ -дырочном взаимодействии важную роль в уменьшении форм-фактора при малых  $q$  играет  $\Delta$ -дырочная поляризация. Так как коррекции за счет токов мезонного обмена оказываются малыми, оставшиеся эффекты могут быть обусловлены поляризацией нуклонного кора.

The form factor of the 10.23 MeV  $1^+$  state in  $^{48}\text{Ca}$  has been measured by inelastic electron scattering up to a momentum transfer of 1.4 fm $^{-1}$ . The state is known to have a relatively simple shell-model structure. A shell-model calculation is, however, in severe disagreement with the data. We have attempted to analyse this discrepancy in terms of non-nucleonic degrees of freedom. The mechanism of  $\Delta$ -hole polarization is important for the reduction of the form factor at low  $q$  if the  $\Delta$ -hole interaction is sufficiently strong. The remaining quenching may be attributed to nucleonic core polarization while corrections from meson-exchange currents turn out to be small.\*

Функции возбуждения реакции  $^{40}\text{Ca}(p, \gamma)^{41}\text{Sc}$  измерены для углов 0 и 90° в области энергий протонов:  $E_p = 2.1-3.1$  МэВ. Экспериментальные результаты интерпретированы в рамках представления о прямом процессе захвата протонов на первое возбужденное состояние ядра  $^{41}\text{Sc}$ . Переходы прямого захвата на основное состояние наблюдались лишь при нескольких энергиях протонов.

Excitation functions for the  $^{40}\text{Ca}(p, \gamma)^{41}\text{Sc}$  reaction have been measured at 0° and 90° in the proton energy range  $E_p = 2.1-3.1$  MeV. The experimental results have been interpreted in terms of the direct capture process to the first excited state of  $^{41}\text{Sc}$ . The direct capture transition to the ground state has been observed only at a few proton energies.

Для спектроскопического фактора первого возбужденного состояния ядра  $^{41}\text{Sc}$  было получено значение  $1.0 \pm 0.3$ . Величина сечения прямого захвата на основное состояние согласуется со значением спектроскопического фактора, установленным при исследовании реакций срыва.

The spectroscopic factor of the first excited state in  $^{41}\text{Sc}$  has been found to be  $1.0 \pm 0.3$ . The direct capture cross section to the ground state is consistent with the spectroscopic factor reported from stripping reactions.\*

При использовании реакций  $^{45}\text{Sc}(p,p')^{45}\text{Sc}$  и  $^{45}\text{Sc}(p,\gamma)^{46}\text{Ti}$  с помощью метода ослабления доплеровского сдвига измерены времена жизни 15 уровней ядра  $^{45}\text{Sc}$  в области энергий до 2.8 МэВ и 12 уровней ядра  $^{46}\text{Ti}$ . В эксперименте использовалась установка с двумя мишенями,  $\gamma$ -кванты квазисовременно регистрировались в области передних и задних углов. Для извлечения информации о временах жизни из данных по сдвигам, наблюдавшимся в спектрах единичных  $\gamma$ -квантов из реакции  $(p,p')$ , использовались кривые  $F(\zeta)$ , полученные усреднением по всем внутренним скоростям отдачи. При анализе времени жизни состояний обоим ядрам использовался фактор  $f=0.9$  по отношению к теоретической оценке тормозной способности, полученный путем сравнения времен жизни четырех уровней ядра  $^{45}\text{Sc}$  с результатами экспериментов по резонансной флуоресценции. Новые значения времен жизни уровней ядра  $^{46}\text{Ti}$  позволили устранить некоторые расхождения предыдущих данных.

66

Moreh R., Shahal O., Tenenbaum J. PHOTOEXCITATION OF LEVELS AT 6605 keV IN  $^{48}\text{Ti}$  AND 7362 keV IN  $^{68}\text{Zn}$ . J. Phys. G: Nucl. Phys., 9, 755-762

Исследовано фотовозбуждение уровней ядра  $^{48}\text{Ti}$  при энергии 6605 кэВ и ядра  $^{68}\text{Zn}$  при энергии 7362 кэВ с помощью  $\gamma$ -квантов из реакций нейтронного захвата  $V(n,\gamma)$  и  $Cr(n,\gamma)$  соответственно. Измерены ширины и другие спектроскопические характеристики этих уровней. Детально обсуждается возможность использования этих событий резонансного рассеяния для исследования твердых тел.

The lifetimes of 15 levels in  $^{45}\text{Sc}$  up to 2.8 MeV and of 12 levels in  $^{46}\text{Ti}$  have been measured by the Doppler-shift attenuation method, using the reactions  $^{45}\text{Sc}(p,p')^{45}\text{Sc}$  and  $^{45}\text{Sc}(p,\gamma)^{46}\text{Ti}$ . A two-target arrangement for the quasi-simultaneous observation of  $\gamma$ -rays at a forward and a backward angle was used in the measurements. For the extraction of lifetimes from the shifts observed in the  $(p,p')$  singles  $\gamma$ -spectra,  $F(\zeta)$  curves averaged over all initial recoil velocities were employed. A correction factor  $f=0.9$  to the theoretical stopping power, obtained by comparing the lifetimes of four levels in  $^{45}\text{Sc}$  with results from resonance fluorescence measurements, was used in the lifetime analysis for both nuclei. The new lifetime results for  $^{46}\text{Ti}$  help to clarify discrepancies in previous results.\*

Levels at 6605 keV in  $^{48}\text{Ti}$  and 7362 keV in  $^{68}\text{Zn}$  were photoexcited using neutron-capture  $\gamma$  rays emitted by the  $V(n,\gamma)$  and  $Cr(n,\gamma)$  reactions respectively. The widths and other spectroscopic properties of these levels were measured. The possibility of utilising these resonance scattering events for solid-state studies are discussed in detail.\*

67

Bender D., Eulenberg G., Richter A., Spamer E., Metsch B.C., Knüpfner W. SEARCH FOR M1 STRENGTH IN  $^{51}\text{V}$  AND THE DIFFERENCE IN  $^{51}\text{V}(e,e')$  AND  $^{51}\text{V}(p,p')$  SPECTRA. Nucl. Phys. A398, 408-414

В дополнение к результатам исследований распределения M1 силы в четно-четных изотопах с  $N=28$   $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{50}\text{Ti}$ ,  $^{52}\text{Cr}$  и  $^{54}\text{Fe}$ , выполненных с помощью неупругого рассеяния электронов, приводятся результаты поиска M1 переходов в нечетно-четном ядре с  $N=28$   $^{51}\text{V}$ . В отличие от последнего  $(p,p')$  эксперимента в данной работе не обнаружено сильных M1 возбуждений. В настоящее время отсутствует объяснение этого расхождения. Оболочечно-модельные расчеты свидетельствуют о том, что частично оно может

Following the studies of the distribution of M1 strength in the even-even  $N=28$  isotopes  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{50}\text{Ti}$ ,  $^{52}\text{Cr}$  and  $^{54}\text{Fe}$  by inelastic electron scattering, the result of a search for M1 transitions in the odd-even  $N=28$  nucleus  $^{51}\text{V}$  is reported. No strong M1 excitation has been detected, in contrast to a recent  $(p,p')$  experiment. There is no immediate explanation for this discrepancy. Shell-model calculations indicate that a part of it might be accounted for by an interference between the spin and

быть обусловлено интерференцией между спиновым и орбитальным членами оператора электромагнитных переходов в  $(e, e')$  эксперимента.

orbital term of the electromagnetic transition operator in the  $(e, e')$  experiment.\*

- 68 Lightbody J.W., Bellicard J.E., Cavedon J.M., Frois B., Goutte D., Huet M., Lesonte P., Nakada A., Phan Xuan Ho., Platchkov S.K., Turck-Chieze S., De Jager C.W., Lapkás J.J., De Witt Huberts P.K.A. ELASTIC AND INELASTIC ELECTRON SCATTERING FROM  $^{50,52,54}\text{Cr}$ . Cr. Phys. Rev., 027, 113-132

Сечения упругого и неупругого рассеяния электронов на ядрах  $^{50,52,54}\text{Cr}$  приводятся для области переданных импульсов от 0.15 до 2.60 ферми<sup>-1</sup>. С помощью анализа полученных результатов вместе с данными по мюнным атомам установлены зарядовые распределения для спиновых состояний. Приводятся значения среднеквадратичных радиусов зарядовых распределений. Выполнено сравнение экспериментальных данных с результатами зависящих от плотности расчетов Хартри-Фока-Боголюбова. Форм-факторы неупругого рассеяния для состояний  $2^+$ ,  $4^+$  и  $6^+$  при энергиях возбуждения до 4 МэВ приводятся вместе с приближениями, полученными в оболочечной и феноменологической моделях, значениями  $B(EL)$ , мультипольными зависимостями эффективных зарядов и другими параметрами моделей.

Elastic and inelastic electron scattering cross sections are given for  $^{50,52,54}\text{Cr}$  at momentum transfers between 0.15 and 2.6 fm<sup>-1</sup>. Ground state charge distributions are derived from a combined analysis of these data and muonic atom data. Deduced values of the rms charge radii are given. Comparison is made between the experimental charge distributions and density dependent Hartree-Fock-Bogolyubov calculations. Inelastic scattering form factors for  $2^+$ ,  $4^+$ , and  $6^+$  states up to 4 MeV excitation are given along with shell model and phenomenological model fits to those data,  $B(EL)$  values, multipole dependence of effective charges and other model parameters.\*

- 69 Немашкало Б.А., Воронов В.В., Сторижко В.Е. РАДИАЦИОННЫЙ ЗАХВАТ ПРОТОНОВ ЯДРАМИ  $^{51}\text{V}$ ,  $^{59}\text{Co}$ ,  $^{63,65}\text{Cu}$ . Украинский физический журнал, 28, 332-337

Радиационный захват протонов ядрами  $^{51}\text{V}$ ,  $^{59}\text{Co}$ ,  $^{63,65}\text{Cu}$  при энергиях ниже 3.0 МэВ исследован с помощью метода усредненных резонансов. Анализ выполнен в рамках статистической теории.

Radiation proton capture by  $^{51}\text{V}$ ,  $^{59}\text{Co}$ ,  $^{63,65}\text{Cu}$  nuclei at energies below 3.0 MeV was studied by the method of averaged resonances. The analysis was performed in terms of a statistical theory.\*

- 70 Smith Ph.B., Segeth W. ABSOLUTE STRENGTH DETERMINATIONS OF DIPOLE TRANSITIONS AND UNIQUE SPIN-PARITY ASSIGNMENTS IN  $^{52}\text{Cr}$  AND  $^{56}\text{Fe}$ . Nucl. Phys., A398, 397-407

Два сильных уровня в ядрах  $^{52}\text{Cr}$  и  $^{56}\text{Fe}$  при энергии 9.14 МэВ возбуждались в процессах резонансной флуоресценции линейно поляризованными моноэнергетическими гамма-квантами. Оба уровня распадаются в основное состояние с вероятностью практически 100%. Значения азимутальной и полярной асимметрии резонансного рассеяния приводят к идентификации значений спина и четности для уровней ядер  $^{52}\text{Cr}$  и  $^{56}\text{Fe}$  -  $J^\pi = 1^+$  и  $1^-$  соответственно. Данные измерений резонансного поглощения позволяют опреде-

Two strong levels at 9.14 MeV in  $^{52}\text{Cr}$  and  $^{56}\text{Fe}$  have been excited by resonance fluorescence with linearly polarized, mono-energetic, gamma-rays. Both decay to the ground state with essentially 100% probability. The azimuthal and polar asymmetry of the resonance-scattered radiation lead to unique spin-parity assignments of  $J^\pi = 1^+$  and  $J^\pi = 1^-$  for the  $^{52}\text{Cr}$  and  $^{56}\text{Fe}$  levels, respectively. Resonance absorption measurements lead to absolute determination of the ground-state

лить абсолютные величины сил переходов в основные состояния:  $\Gamma_{J_0}(^{52}\text{Cr})=2.68\pm 0.16$  эВ ( $(B(M1))^{\dagger}=0.302\pm 0.018$   $\gamma_N^2$ ) и  $\Gamma_{J_0}=1.26\pm 0.17$  эВ.

transition strengths:  $\Gamma_{J_0}(^{52}\text{Cr})=2.68\pm 0.16$  eV ( $(B(M1))^{\dagger}=0.302\pm 0.018$   $\gamma_N^2$ ) and  $\Gamma_{J_0}(^{56}\text{Fe})=1.26\pm 0.17$  eV.\*

- 71 Kleinwächter P., Gersch H.U., Schobbert H. INVESTIGATION OF ISOBARIC ANALOG RESONANCES IN  $^{53}\text{Mn}$ . Nucl. Phys., A398, 476-492

Изобарические аналоговые резонансы ядра  $^{53}\text{Mn}$  с различными спинами и четностями исследованы с помощью реакций  $^{52}\text{Cr}(p,p)$ ,  $(p,p')$ ,  $(p,p'J)$  и  $(p,J)$ . Получены спектроскопические факторы, выполнено сравнение экспериментальных  $(p,J)$  сил с их теоретическими одночастичными оценками.

The isobaric analog resonances in  $^{53}\text{Mn}$  with different spins and parities are investigated by means of the  $^{52}\text{Cr}(p,p)$ ,  $(p,p')$ ,  $(p,p'J)$ , and  $(p,J)$  reactions. Spectroscopic factors are derived and the experimental  $(p,J)$  strengths are compared with theoretical single-particle estimations.\*

- 72 Немашкало Б.А., Мельник В.П., Сторожко В.Е., Шебеко К.В. РАДИАЦИОННЫЙ ЗАХВАТ ПРОТОНОВ ЯДРАМИ  $^{54}\text{Cr}$  И  $^{64}\text{Ni}$  ВБЛИЗИ ПОРОГА  $(p,n)$ -РЕАКЦИИ. Ядерная физика, 37, 3-13

Изучено поведение парциальных сечений радиационного захвата протонов ядрами  $^{54}\text{Cr}$ ,  $^{64}\text{Ni}$  вблизи порога вылета нейтронов. Наблюдается резкое уменьшение сечений реакции  $(p,J)$ , связанное с конкуренцией нейтронного канала. Анализ экспериментальных данных выполнен в рамках статистической теории. Сечения реакции  $(p,J_1)$  на нижние уровни  $^{55}\text{Mn}$  и  $^{65}\text{Cu}$  удовлетворительно описываются теорией. Вклад валентного механизма реакции, оцененный в рамках полумикроскопического подхода, для исследуемых ядер может достигать  $\approx 10\%$  для переходов  $3s-2p$  и  $2d-2p$  и меньше  $1\%$  для переходов  $2d-1f$ .\*

Behaviour of partial cross sections of radiative capture of protons by nuclei  $^{54}\text{Cr}$ ,  $^{64}\text{Ni}$  near the neutron emission threshold is investigated. A sharp decrease in the cross sections of the reaction  $(p,J)$  is observed that is due to the opening of the neutron channel. Analysis of the experimental data is fulfilled in framework of the statistical theory. The cross sections of the reaction  $(p,J_1)$  with settlement of lower levels of the nuclei  $^{55}\text{Mn}$  and  $^{65}\text{Cu}$  are described satisfactorily by the theory. A contribution from the valence reaction mechanism estimated in framework of the semiempirical approach can amount to about  $10\%$  for the transitions  $3s-2p$  and  $2d-2p$ , and to less than  $1\%$  for the transitions  $2d-1f$ .\*

- 73 Sakurai K. MEASUREMENT AND EVALUATION OF NEUTRON SPECTRA ABOVE 0.1 MeV IN THE JMTR. Nucl. Instrum. and Meth., 213, 359-371

Оценка спектров быстрых нейтронов японского реактора для исследования материалов (JMTR) была произведена путем использования критической сборки JMTR и сочетания метода многофолевой активации и кодов подгонки (SAND II и NEUPAC). Для измерения и оценки спектров нейтронов в области энергий выше 0.1 МэВ применяются резонансные детекторы, такие как марганец, золото или медь, определяющие уровень потока нейтронов в области  $1/E$ , и поро-

The evaluation of fast neutron spectra from the Japan Materials Testing Reactor (JMTR) have been performed by using the critical facility of the JMTR and by a combination of the multi-foil activation method and the adjustment codes (SAND II and NEUPAC). In order to measure and evaluate the neutron spectra above 0.1 MeV, resonance detectors such as manganese, gold and copper have been used to determine the neutron flux level in

говые, такие как серебро, радий, индий, уран, алюминий, магний и титан, определявшие этот уровень в области энергий выше 0.1 МэВ. Фольги для измерения скорости нейтронной реакции облучались раздельно. Реакция  $^{115}\text{In}(n,n')^{115\text{m}}\text{In}$  использовалась для мониторинга среднего потока быстрых нейтронов в период облучения и позволяла корректировать незначительную разность условий облучения.

Предполагаемые спектры для подгонки нейтронных спектров были рассчитаны с помощью одномерных кодов дискретных ординат ANISN и пластинчатой модели активной зоны реактора JMTR. В процессе подгонки нейтронного спектра были отмечены некоторые важные моменты: подгоняемый спектр в области энергий от 0.1 до 1 МэВ зависит от точности данных для нейтронного сечения в случае пороговых детекторов, таких как серебро и радий, а также от точного расчета скоростей этих реакций. Отношения нейтронного потока в области энергии выше 0.183 МэВ к потоку в области энергий выше 1 МэВ были рассчитаны из предполагаемых и подгоняемых спектров и оказались согласующимися друг с другом.

the 1/E region and threshold detectors such as silver, rhodium, indium, uranium, aluminium, magnesium and titanium have been used to determine the neutron flux level above 0.1 MeV. The foils for the measurement of the neutron reaction rate were separately irradiated. The  $^{115}\text{In}(n,n')^{115\text{m}}\text{In}$  reaction is used for the monitoring of the average fast neutron flux in the irradiation period, and the slight difference of each irradiation condition was corrected.

The guess spectra for the neutron spectrum adjustment were calculated by using the one-dimensional discrete-ordinates code ANISN with the slab model for the JMTR core. Some important points were concluded through the adjustment procedure of the neutron spectrum: the adjusted spectrum from 0.1 to 1 MeV depends on the accuracy of the neutron cross section data for the threshold detectors such as silver and rhodium, and also on the accuracy of these reaction rates. The ratios of neutron flux above 0.183 MeV to neutron flux above 1 MeV were calculated from the guess spectra and the adjusted spectra, and the ratios were in good agreement with each other.\*

74 Mitchell L.W., Sargood D.G. THE  $^{55}\text{Mn}(p,\gamma)^{56}\text{Fe}$  AND  $^{55}\text{Mn}(p,n)^{55}\text{Fe}$  CROSS SECTIONS. Austr. J. Phys., 36, 1-6

В области энергий 0.80-2.04 МэВ измерено сечение реакции  $^{55}\text{Mn}(p,\gamma)^{56}\text{Fe}$ , в области от порога до 2.04 МэВ -  $^{55}\text{Mn}(p,n)^{55}\text{Fe}$ . Статистически-модельные расчеты воспроизводят (p,n) сечение с коэффициентом 1.4, однако, экспериментальное (p, $\gamma$ ) сечение оказывается в широкой области энергий меньше теоретического более чем в 2 раза. С помощью полученных данных в области температур  $(1-5)\times 10^9$  К рассчитаны скорости термоядерных реакций.

The cross section of the reaction  $^{55}\text{Mn}(p,\gamma)^{56}\text{Fe}$  has been measured in the energy range 0.80-2.04 MeV and of the reaction  $^{55}\text{Mn}(p,n)^{55}\text{Fe}$  from threshold to 2.04 MeV. Statistical model calculations reproduce the (p,n) cross section to within a factor of 1.4, but with the (p, $\gamma$ ) reaction they fail by a factor 2 over a significant part of the energy range. Thermonuclear reaction rates are calculated from the data for temperatures in the range  $(1-5)\times 10^9$  K.\*

Frois B., Turck-Chieze S., Bellicard J.B., Huet M., Leconte P., Phan Xuan Ho, Sick J., Heisenberg J., Girod M., Kumar K., Grammaticos B. THE EFFECTS OF TRIAXIAL DEFORMATIONS IN THE STRUCTURE OF THE  $2^+_{(1)}$  TRANSITION CHARGE DENSITY IN  $^{58}\text{Ni}$ . Phys. Lett., 112B, 347-350

С целью прецизионного определения зарядовой\* плотности перехода в первое возбужденное состояние  $2^+_{(1)}$  ядра  $^{58}\text{Ni}$  в области переданных импульсов до  $q=3.9$  ферми $^{-1}$  измерены сечения неупругого рассеяния электронов. Результаты интерпретируются в рамках полностью самосогласованного теоретического описания зарядовых плотностей переходов как в состоянии  $2^+_{(1)}$ , так и в основное состояние ядра  $^{58}\text{Ni}$ . Используемая модель представляет собой коллективное описание, в котором динамика движения вызывает ненулевую деформацию с почти максимальной трехосностью ( $\beta=30^\circ$ ). Обнаружено, что для описания измеренной зарядовой плотности перехода необходимо знание коллективной волновой функции.

Inelastic electron scattering cross sections have been measured up to a momentum transfer  $q=3.9$  fm $^{-1}$ , determining very precisely the transition charge density of the first excited  $2^+_{(1)}$  state of  $^{58}\text{Ni}$ . The results have been interpreted in a fully self-consistent theoretical treatment for both the ground state and the  $2^+_{(1)}$  transition charge density of  $^{58}\text{Ni}$ . The model applied is a collective description where the dynamics of the motion induces a non-zero deformation with nearly maximum triaxiality ( $\beta=30^\circ$ ). It is found that an adjustment of the collective wave function is needed to reproduce the measured transition charge density.\*

Klein R., Grabmayr P., Kawazoe Y., Wagner G.J., Friedrich J., Voegler M. DISTRIBUTION OF ELECTRIC MULTIPOLE STRENGTHS IN  $^{58}\text{Ni}$ . Il Nuov. Cim., 76A, 369-376

С энергетическим разрешением 110 кэВ исследовано неупругое рассеяние электронов с энергиями 124 и 180 МэВ на ядре  $^{58}\text{Ni}$  для переданных импульсов  $0.4$  fm $^{-1} \leq q \leq 3.2$  fm $^{-1}$ . При использовании форм-факторов DWBA с плотностями переходов Тасси извлекается сила электрических мультиполей для  $L \leq 4$ , расположенных в 28 дискретных состояниях и в неупругом континууме ниже 22.5 МэВ возбуждения.\*

Inelastic electron scattering of 124 and 180 MeV electrons from  $^{58}\text{Ni}$  has been measured for momentum transfers of  $0.4$  fm $^{-1} \leq q \leq 3.2$  fm $^{-1}$  with an energy resolution of 110 keV. Using DWBA form factors with Tassie transition densities, we have extracted the electric multipole strength for  $L \leq 4$  residing in 28 discrete states and in the inelastic continuum below 22.5 MeV of excitation.\*

Давыдов М.Г., Магера В.Г. ЭФФЕКТЫ НАЛОЖЕНИЯ ЛИНИЙ В СПЕКТРАХ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ГАММА-АКТИВАЦИИ ЯДЕР. Атомная энергия, 55, 252-253.

При  $\gamma$ -активации ядер ряда образцов тормозным излучением линейного ускорителя электронов ( $E_e=25$  МэВ) исследованы эффекты наложения линий в спектрах рентгеновского излучения. Рассмотрены пары Co-Ni, Cd-In, In-Sn, Sr-Y, La-Ba.

The effects of X-rays lines superposition have been investigated with the aid of bremsstrahlung beam from linear electron accelerator ( $E_e=25$  MeV). The pairs of elements Co-Ni, Cd-In, In-Sn, Sr-Y, La-Ba were examined.

- 78 Сигалов В.М., Крафт О.Е., Наумов Ю.В., Паржицкий С.С., Петров Б.Ф., Сизов И.В. ПРОМЕЖУТОЧНАЯ СТРУКТУРА ПРОТОННЫХ РЕЗОНАНСОВ В  $^{59}\text{Cu}$ . Известия АН СССР, 47, 2191-2197

Сообщается о результатах исследования промежуточной структуры протонных резонансов в ядре  $^{59}\text{Cu}$ , возбуждаемых в реакции  $^{58}\text{Ni}(p,\gamma)^{59}\text{Cu}$  в области энергий налетающих протонов от 2120 до 3460 кэВ.

The results of investigation of the intermediate structure of the proton resonances of  $^{59}\text{Cu}$ , excited in  $^{58}\text{Ni}(p,\gamma)^{59}\text{Cu}$  reaction in the range of incident protons from 2120 to 3460 keV are reported.

- 79 Сигалов В.М., Быков А.А., Крафт О.Е., Наумов Ю.В., Паржицкий С.С., Петров Б.Ф., Сизов И.В. МНОЖЕСТВЕННОСТЬ  $\gamma$ -ПЕРЕХОДОВ ПРИ РАСПАДЕ ПРОТОННЫХ РЕЗОНАНСОВ. Известия АН СССР, 47, 66-69

Сообщается о результатах изучения множественности  $\gamma$ -квантов, сопровождающих распад протонных резонансов ядра  $^{61}\text{Cu}$ , возбуждаемых в реакции  $^{60}\text{Ni}(p,\gamma)^{61}\text{Cu}$  при изменении энергии налетающих протонов от 1570 до 1900 кэВ.

The results of investigation of the proton resonances of  $^{61}\text{Cu}$  de-excitation  $\gamma$ -quanta multiplicities in the  $^{60}\text{Ni}(p,\gamma)^{61}\text{Cu}$  reaction for incident protons energies from 1570 to 1900 keV are reported.

- 80 Miyase H., Tsubota H., Kawazoe Y., Tsukamoto T. IDENTIFICATION OF E2 STRENGTH DISTRIBUTION IN  $^{65}\text{Cu}$  BY THE  $(e,p_0)$  REACTION. Phys. Rev. Lett., 50, 821-824

Дважды дифференциальные сечения реакции  $^{65}\text{Cu}(e,p_0)^{64}\text{Ni}$  осн. сост. измерены при 11 значениях угла от  $42^\circ$  до  $138^\circ$  в лаб.с. при изменении энергии налетающих электронов от 13 до 28 МэВ. Сечения с помощью резонансной модели разделялись на E1 и E2 компоненты. Кроме большого E1 сечения отчетливо выделен E2-максимум, расположенный при  $E_x=14.9$  МэВ, имеющий ширину 5.1 МэВ, и соответствующий изоскалярному гигантскому квадрупольному резонансу.

Double-differential cross sections for the reaction  $^{65}\text{Cu}(e,p_0)^{64}\text{Ni}$  g.s. were measured at eleven laboratory angles ranging from  $42^\circ$  to  $138^\circ$  with incident electron energies from 13 to 28 MeV. These have been decomposed into E1 and E2 components by use of a resonance model. Besides the large E1 cross section, the E2 strength is clearly separated at  $E_x=14.9$  MeV with the width of 5.1 MeV corresponding to the isoscalar giant quadrupole resonance.\*

- 81 Seviior M.E., Mitchell L.W., Anderson M.R., Tingwell C.I.W., Sargood D.G. ABSOLUTE CROSS SECTIONS OF PROTON INDUCED REACTIONS ON  $^{65}\text{Cu}$ ,  $^{64}\text{Ni}$  AND  $^{63}\text{Cu}$ . Austr. J. Phys., 36, 463-471

Абсолютные сечения реакций  $(p,\gamma)$  на ядрах  $^{65}\text{Cu}$ ,  $^{64}\text{Ni}$  и  $^{63}\text{Cu}$  измерены в областях энергий протон в 1.05-3.25, 1.00-3.45 и 1.05-4.70 МэВ соответственно, реакций  $(p,n)$  на тех же ядрах - в областях энергий от порогов до значений 3.25, 3.80 и 4.86 МэВ соответственно и реакции  $^{63}\text{Cu}(p,p')^{63}\text{Cu}$  - в области энергий протонов 1.05-4.00 МэВ. Все данные сравниваются с результатами расчетов в рамках обобщенной статистической модели. Согласие с точностью до фактора 2 между экспери-

Absolute cross sections have been measured for  $(p,\gamma)$  reactions on  $^{65}\text{Cu}$ ,  $^{64}\text{Ni}$  and  $^{63}\text{Cu}$  over proton energy ranges of 1.05-3.25, 1.00-3.45 and 1.05-4.70 MeV respectively, for  $(p,n)$  reactions over proton energy ranges from threshold to 3.25, 3.80 and 4.86 MeV respectively, and for  $^{63}\text{Cu}(p,p')^{63}\text{Cu}$  over a proton energy range of 1.05-4.00 MeV. All the data are compared with global statistical model calculations. The agreement, to within a factor of 2, between theory and

ментом и теорией рассматривается как удовлетворительное для обобщенного подхода, однако для случая ядра  $^{64}\text{Ni}$  наблюдаются эффекты, предположительно обусловленные замкнутой оболочкой с  $Z=28$ .

- 82 Nilson K., Erlandsson B., Spanier L., Marcinkowski A. THE  $^{69}\text{Ga}$   $\gamma$ -RAY STRENGTH FUNCTION BETWEEN 6-10 MeV. Nucl. Phys., A401, 460-466

Реакция  $(p, \gamma)$  на ядре  $^{68}\text{Zn}$  изучена в областях энергий протонов 2.18-2.69 и 3.13-3.56 МэВ. Для обеих областей выполнены расчеты типа Хаузера-Фешбаха, которые использованы для определения  $\gamma$ -силовой функции ядра  $^{69}\text{Ga}$  при энергиях 6-10 МэВ.

experiment is regarded as satisfactory for a global code, but the  $^{64}\text{Ni}$  data are suggestive of a closed shell effect at  $Z=28$ .\*

The  $(p, \gamma)$  reaction on  $^{68}\text{Zn}$  has been studied for proton energies between 2.18-2.69 and 3.13-3.56 MeV. Hauser-Feshbach calculations for the two proton energy ranges have been performed. From these calculations the  $^{69}\text{Ga}$   $\gamma$ -ray strength function between 6-10 MeV has been deduced.\*

- 83 Nakayama S., Shibata T., Kishimoto T., Sasao M., Ejiri H. EFFECTIVE COUPLING CONSTANTS FOR SPIN-FLIP AND NON SPIN-FLIP E1 TRANSITIONS IN A  $\sim 90$  NUCLEI. J. Phys. Soc. Jap., 52, 2325-2331

Изучался радиационный захват протонов с возбуждением в ядре  $^{89}\text{Y}$  двух изобарических аналоговых резонансов (ИАР), из которых один -  $2d_{5/2}$  состояние при энергии 12.07 МэВ (выше энергии отделения нейтрона  $B_n$ ), другой -  $2d_{3/2}$  состояние при энергии 14.48 МэВ (много выше  $B_n$ ). E1-переходы с этих ИАР изучены для доминирующего канала без переворачивания спина и изменения радиальных мод и других каналов с переворачиванием спина и/или изменением радиальных мод. Показано, что для  $2d_{3/2}$  ИАР, лежащего много выше  $B_n$ , доминирующие переходы имеют резонансный характер, тогда как недоминирующие - нерезонансный. Для  $2d_{5/2}$  ИАР вблизи  $B_n$ , однако, и доминирующие и недоминирующие переходы имеют резонансный характер. Ненормальное резонансное поведение недоминирующих переходов интерпретируется как следствие проявления компаунд-процессов. Показано, что вероятности всех доминирующих переходов оказываются по величине равными  $\sim 0.3$  от оболочечно-модельных значений.

Radiative proton capture reactions through two isobaric analogue resonances (IAR) in  $^{89}\text{Y}$  were studied, one was the 12.07 MeV  $2d_{5/2}$  state lying just above the neutron threshold energy  $B_n$  another was the 14.48 MeV  $2d_{3/2}$  state lying well above  $B_n$ . E1 transitions from these IAR's were studied for favoured cases with no spin-flip and no change of radial modes, and for unfavoured cases spin-flip and/or change of radial modes. At the  $2d_{3/2}$  IAR lying well above  $B_n$ , the favoured transitions show the resonance feature, but the unfavoured ones not. At the  $2d_{5/2}$  IAR near  $B_n$ , however, both the favoured and unfavoured transitions show the resonance feature. Anomalous resonance feature of the unfavoured transitions is interpreted mainly due to the compound process. Favoured transitions are all found to be reduced by factors  $\sim 0.3$  over the shell model values.\*

- 84 Dodge W.R., Hayward E., Wolynec E. EXPERIMENTAL TEST OF VIRTUAL PHOTON THEORY. Phys. Rev. C28, 150-158

Изохромата E1 виртуального фотонного спектра измерена с помощью подсчета числа фотонов перехода в основное состояние с изобарического аналогового состояния ядра  $^{90}\text{Zr}$  при энергии 16.28 МэВ как функции энергии налетающих электронов в области 17-105 МэВ. При энергиях электронов до 30 МэВ экспериментальные данные хорошо согласуются с результатами

An isochromat of the E1 virtual photon spectrum has been measured by counting the number of ground-state protons emitted by the 16.28 MeV isobaric analog state in  $^{90}\text{Zr}$  as a function of incident electron energy in the range 17-105 MeV. The experimental results reproduce well the distorted wave Born approximation spectra for a point Zr

расчета спектров в рамках борновского приближения с искаженными волнами для точечного ядра Zr. Для определения суммы сечений фото- и электрорасщепления в области энергий 60-100 МэВ использовался радиатор. Установлено, что сечение Дависа-Бете-Максимона для тормозного излучения имеет то же значение, что и сечение электрорасщепления в области энергий ниже 30 МэВ, где поправки на размеры ядра минимальны. При возрастании  $E_0$  до величины 105 МэВ необходимость внесения подобных поправок становится все более очевидной. Несколько таких поправок обсуждаются. Как дополнительный результат исследования определена величина  $\Gamma_{\gamma} \Gamma_{p_0} / \Gamma = 63.8 \pm 1.9$  эВ или  $66.1 \pm 2.0$  эВ в зависимости от того, какой виртуальный фотонный спектр использовался. Определено отношение  $\Gamma_{p_2} / \Gamma_{p_0} = 0.58 \pm 0.02$ . Комбинация указанных значений приводит к  $\Gamma_{\gamma} = 100.8 \pm 5.0$  эВ или  $104.4 \pm 5.2$  эВ.

nucleus for electron energies up to 30 MeV. A radiator was used for electron energies of 60-100 MeV to measure the photodisintegration plus electrodisintegration cross section. These results showed that the Davies-Bethe-Maximon bremsstrahlung cross section magnitude yields the same result as the electrodisintegration results below 30 MeV where size corrections for the finite extent of the nucleus are minimal. As  $E_0$  increases to 105 MeV the need for such corrections becomes manifest. Several such corrections are discussed. As by-products of this study the quantity  $\Gamma_{\gamma} \Gamma_{p_0} / \Gamma$  was determined to be  $63.8 \pm 1.9$  eV or  $66.1 \pm 2.0$  eV depending on the virtual photon spectrum used in analysis. The  $\Gamma_{p_2} / \Gamma_{p_0}$  ratio was also determined to be  $0.58 \pm 0.02$ . Combining these results yields for  $\Gamma_{\gamma}$   $100.8 \pm 5.0$  eV or  $104.4 \pm 5.2$  eV.\*

- 85 Saito T., Fujii Y., Saito K., Torizuka Y., Tohei T., Hirota J.  
ISOSCALAR HIGH-ENERGY OCTUPOLE RESONANCE IN  $^{92}\text{Zr}$  IN INELASTIC  
ELECTRON SCATTERING. Phys. Rev., C28, 652-655

Область гигантских резонансов ядра  $^{92}\text{Zr}$  исследована с помощью неупругого рассеяния электронов при эффективных переданных импульсах  $q_{\text{эфф}} = 0.65 - 1.18$  ферми $^{-1}$ . При энергии  $E_x^* = 25.1 \pm 0.3$  МэВ идентифицирован высокоэнергетичный октупольный резонанс с шириной  $6.3 \pm 0.3$  МэВ, исчерпывающий 39±4% от величины, предсказываемой  $T=0$   $E_3$  энергетически-взвешенным правилом суммы. Этот результат хорошо согласуется с последними ( $^3\text{He}$ ,  $^3\text{He}'$ ) данными, а также с результатами последних расчетов в приближении хаотических фаз. Однако сила резонанса расходится с представлением о малой силе высокоэнергетичных октупольных резонансов, наблюдаемой в реакциях неупругого рассеяния протонов.

The giant-resonance region in  $^{92}\text{Zr}$  has been studied by inelastic electron scattering of the effective momentum transfer range  $0.65 \leq q_{\text{eff}} \leq 1.18$  fm $^{-1}$ . The high-energy octupole resonance was identified at  $E_x = 25.1 \pm 0.3$  MeV with a width of  $6.3 \pm 0.3$  MeV exhausting 39±4% of the  $l=0$   $E_3$  energy weighted sum rule. This result is in good agreement with a recent ( $^3\text{He}$ ,  $^3\text{He}'$ ) result and the recent random-phase approximation calculations, and its strength is consistent with the trend of low strength of the high-energy octupole resonances observed by inelastic proton scattering.\*

- 86 Bergère R. RECENT EXPERIMENTAL STUDIES OF THE TOTAL PHOTONUCLEAR  
CROSS-SECTIONS BETWEEN 30 AND 140 MeV. Il Nuov. Cim., 76A, 147-158

Анализируются недавние экспериментальные данные по полным фотоядерным сечениям в области от 30 до 140 МэВ, полученные на ALS линейном ускорителе Сакле с помощью квазимонохроматических фотонов, образованных при аннигиляции позитронов на лету. Эти полные фотоядерные сечения получены на тяжелых ядрах, как

Recent experimental data concerning the total photonuclear cross-section from 30 to 140 MeV have recently been obtained at the ALS linac of Saclay by means of quasi-monochromatic photons produced by in-flight annihilation of positrons. This total photonuclear cross-section was obtained in the

сумма всех измеренных сечений для парциальных каналов фотонейтронного распада. Сечение, проинтегрированное вплоть до 140 МэВ, обнаруживает эффект усиления  $K \sim 0.76$ , по сравнению с классическим E1 правилом сумм. Эта большая величина  $K$  объясняется влиянием тензорной силы и тензорных корреляций. Зависимость  $\sigma(J, \text{tot}; E_\gamma)$  от энергии согласуется с предсказаниями новых квази-дейтронных моделей.\*

case of heavy nuclei as the sum of all the measured cross-sections for the partial photon-neutron decay channels. The integrated cross-section, integrated up to 140 MeV, shows an enhancement factor  $K \sim 0.76$  above the classical E1 sum rule. This large  $K$  value is well explained by the effect of the tensor force and the tensor correlations. The dependence of  $\sigma(J, \text{tot}; E_\gamma)$  upon the energy  $E_\gamma$  agrees well with the new quasi-deuteron models.\*

87 Boal T.J., Muirhead E.G., Findlay D.J.S. THE PHOTONEUTRON CROSS SECTION OF  $^{151}\text{Eu}$ ,  $^{153}\text{Eu}$  AND  $^{156}\text{Gd}$  IN THE GIANT RESONANCE REGION. Nucl. Phys., A406, 257-268

Сечения фотонейтронных реакций в области дипольного гигантского резонанса ядер  $^{151}\text{Eu}$ ,  $^{153}\text{Eu}$  и  $^{156}\text{Gd}$  были измерены при помощи излучения бетатрона Мельбурнского университета. Получены абсолютные значения сечений реакций, параметры лоренцианов, внутренние квадрупольные моменты, параметры деформации и значения интегральных сечений. Измеренные сечения для ядер  $^{151}\text{Eu}$  и  $^{153}\text{Eu}$  хорошо согласуются с предсказаниями обобщенной динамически-коллективной модели.

The  $^{151}\text{Eu}$ ,  $^{153}\text{Eu}$  and  $^{156}\text{Gd}$  photon-neutron cross sections in the giant dipole resonance region have been measured using bremsstrahlung from the University of Melbourne betatron. Absolute cross-section values are derived. For  $^{151}\text{Eu}$  and  $^{153}\text{Eu}$  the measured cross sections are in good agreement with the predictions of the extended dynamic collective model.\*

88 Sherman N.K., Ewart G.M. PHOTON-ABSORPTION AND ELECTRON-PAIR CROSS SECTIONS OF Ta and Bi. Phys. Rev., C27, 1011-1031

Сечения  $\sigma_x$  процессов рождения пар на ядрах Ta и Bi фотонами с энергиями от 3 до 28 МэВ определены с точностью 1% с помощью экспериментальных данных по полному поглощению, полученных в настоящей работе, и опубликованных ранее результатов, полученных аналогичной методикой. Спектрометр  $\gamma$ -квантов был составлен из время-пролетного детектора фотонейтронов и жидкой дейтериевой мишени. Энергетическое разрешение изменялось от 0.6% при 6 МэВ (40 кэВ) до 1.9% при 25 МэВ. При энергии 10 МэВ  $\sigma_x(\text{Bi}) = 13.04 \pm 0.07$  барн, что на величину 1.7% превышает значение, рассчитанное для Bi с помощью теоретических результатов для урана, предполагающих точечное ядро, но являющихся тем не менее точными. Новые таблицы атомных сечений очень хорошо согласуются с данными наших измерений для Ta и Bi в области энергий до 10 МэВ. Согласие в случае Ta остается хорошим и при больших энергиях, при которых старые таблицы существенно занижают сечения рождения пар на тяжелых элементах. Для Bi экспериментальное значение  $\sigma_x$  при энергиях около 20 МэВ превышает новое табличное значение на величину  $(0.8 \pm 0.7)\%$ .

Cross sections  $\sigma_x$  for pair creation by photons on Ta and Bi nuclei were deduced with 1% uncertainty between 3 and 28 MeV from total absorption measurements which were combined with data already published from the same apparatus. The gamma ray spectrometer consisted of a photon-neutron time-of-flight detector and a liquid deuterium target. Energy resolution varied from 0.6% at 6 MeV (40 keV) to 1.9% at 25 MeV. At 10 MeV,  $\sigma_x(\text{Bi})$  is  $(13.04 \pm 0.07)$  b, exceeding by 1.7% a value calculated for Bi from a theoretical result for uranium which assumes a point nucleus but is otherwise exact. New tables of atomic cross sections agree closely with our measurements for Ta and Bi up to 10 MeV. The agreement in the case of Ta remains good at higher energies where older tables significantly underestimate the pair cross sections of heavy elements. For Bi the experimental  $\sigma_x$  exceed even the new tabulated values by  $(0.8 \pm 0.7)\%$  around 20 MeV.\*

- 89 Бечварж Ф., Гонзатко Я., Кралик М., Нгуен Данг Нюин, Стадников Т., Тележников С.А. ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИИ  $^{185}\text{Re}(n,\gamma)^{186}\text{Re}$  В ИЗОЛИРОВАННЫХ РЕЗОНАНСАХ. Ядерная физика, 37, 1357-1366

На реакторе ИБР-30 измерялись спектры  $\gamma$ -лучей, сопровождающих захват нейтронов ядрами  $^{185}\text{Re}$  в изолированных резонансах. Получена новая информация о спине и четности ряда уровней ядра  $^{186}\text{Re}$  и о спине резонансов ядра  $^{185}\text{Re}$ . Обсуждается вопрос двухквасичастичной структуры уровней  $^{186}\text{Re}$ . Обнаружена статистически достоверная корреляция между парциальными радиационными ширинами и приведенными нейтронными ширинами резонансов. Наблюдаемая корреляция качественно объясняется в рамках квазичастично-фононной модели.\*

Spectra of the  $\gamma$  rays accompanying the neutron capture in  $^{185}\text{Re}$  at isolated resonances were measured at the IBR-30 Reactor. New information on the spin and parity of the  $^{186}\text{Re}$  levels was obtained, as well as the information concerning the spin of resonances. A quasiparticle structure of the  $^{186}\text{Re}$  levels is discussed. A statistically significant correlation between the partial radiation widths and the reduced neutron widths of the resonances was observed. This correlation is qualitatively accounted for in the frame of the quasiparticle-phonon model.\*

- 90 Barkman J.N., Kennett T.J., Prestwich W.V. ANGULAR DISTRIBUTIONS OF PHOTONEUTRONS IN  $^{206}\text{Pb}$  AND  $^{208}\text{Pb}$  USING MONOCHROMATIC PHOTONS. Z. Physik, A309, 319-324

Приводятся угловые распределения нейтронов, образующихся в реакциях  $(\gamma, n)$  на разделенных изотопах  $^{206}\text{Pb}$  и  $^{208}\text{Pb}$ . Эксперимент проводился при использовании высокохроматических фотонов, образующихся в процессах захвата нейтронов ядрами никеля и хрома, мишени из которых располагались в ядерном реакторе МакМастера, и  $^3\text{He}$ -детектора с высоким разрешением. Спектры измерены для 7 углов в области от  $20^\circ$  до  $160^\circ$ . Результаты использованы для проверки справедливости описания мультипольного смешивания фотонов в области энергий от 7 до 11 МэВ в рамках статистической коллективной модели. Не обнаружено проявления M1 возбуждений, однако, мультипольное смешивание, наиболее вероятно E2:E1, обнаружено при всех энергиях. Оценки отношения E2/E1 сил приводятся для всех энергий фотонов для обоих изотопов свинца.

The angular distributions of neutrons produced in the  $(\gamma, n)$  reaction are reported for the separated isotopes  $^{206}\text{Pb}$  and  $^{208}\text{Pb}$ . The experiment made use of highly chromatic photons generated by neutron capture on nickel and chromium in the core of the McMaster Nuclear Reactor, and a high resolution  $^3\text{He}$  detector. Photon neutron spectra were recorded at 7 angles between  $20^\circ$  and  $160^\circ$ . The results were used to infer the extent of photon multipole mixing between 7 and 11 MeV within the framework of the statistical collective model. The existence of M1 strength could not be confirmed but multipole mixing, most likely E2:E1 was found at all energies. Estimates of the ratio of E2 to E1 strength is given for all photon energies investigated for both lead isotopes.\*

- 91 Müller S., Richter A., Spamer E., Knüpfer W., Metsch B.C. EXPERIMENTAL STUDY OF PROTON AND NEUTRON SPIN-FLIP CONTRIBUTIONS TO THE ELECTROEXCITATION OF THE  $J^\pi = 1^+$  STATE AT  $E_x = 5.846$  MeV IN  $^{208}\text{Pb}$ . Phys. Lett., 120B, 305-308

Зависимость вероятности недавно обнаруженного M1 перехода с  $J^\pi = 1^+$  уровня при энергии  $E_x^* = 5.846$  МэВ в основное состояние в ядре  $^{208}\text{Pb}$  от переданного импульса ( $q = 0.20 - 0.59$  ферми $^{-1}$ ) изучена с высоким разрешением с помощью неупругого рассеяния электронов. Экспериментальные данные сравниваются с резуль-

The momentum transfer dependence ( $q = 0.20 - 0.59$  fm $^{-1}$ ) of the recently discovered M1 transition from the  $J^\pi = 1^+$  state at  $E_x = 5.846$  MeV to the ground state of  $^{208}\text{Pb}$  has been studied with high-resolution inelastic electron scattering. The experimental data are compared to results of RPA calculations

татами RPA-расчетов, учитывающих тензорные корреляции. Обсуждается влияние этих корреляций, а также интерференции протонных и нейтронных вкладов на вероятность M1 перехода.

which include tensor correlations. The influence of these correlations and of the interference of proton and neutron contributions on the M1 transition will be discussed.\*

92 Kahane S., Moreh R., Shabal O. INTERFERENCE BETWEEN RAYLEIGH, DELBRUCK, AND NUCLEAR RESONANCE SCATTERING PROCESSES. *Phys. Rev.*, C28, 1519-1526

Измерено сечение рассеяния монохроматических фотонов с энергиями в области  $E=4-10$  МэВ на ядрах Pb и Bi для передних углов  $\theta = 1.0$  и  $1.7^\circ$ . Источником фотонов служила реакция  $Fe(n,\gamma)$ . Упругое сечение для указанных углов, в котором доминируют вклады от процессов ралеевского и дельбрюкковского рассеяния, измерено относительно комптоновского сечения. Тот факт, что одна из  $\gamma$ -линий реакции  $Fe(n,\gamma)$  перекрывалась по энергии с уровнем ядра  $^{208}Pb$  при энергии 7.28 МэВ, что приводило к образованию сильного сигнала ядерной резонансной флуоресценции, позволили впервые наблюдать эффект интерференции процессов ралеевского и дельбрюкковского рассеяния. Получено теоретическое выражение для амплитуды ядерного резонансного рассеяния и для специфического случая процесса хаотического фотовозбуждения. Эффект интерференции этого последнего процесса с процессами ралеевского и дельбрюкковского рассеяния рассчитан, получено очень хорошее согласие с измеренными значениями.

The forward scattering cross section at  $\theta = 1^\circ$  and  $1.7^\circ$  of  $E = 4-10$  MeV monoenergetic photons from Pb and Bi targets has been measured. The photon beam was obtained from the  $Fe(n,\gamma)$  reaction. The elastic cross section at such angles, being dominated by Rayleigh and Delbruck scattering processes, was measured relative to the Compton cross section. The fact that one of the  $\gamma$  lines of the  $Fe(n,\gamma)$  reaction happens to overlap the 7.28 MeV level in  $^{208}Pb$ , yielding a strong nuclear resonance fluorescence signal, enabled us to observe, for the first time, an interference effect with the Rayleigh and Delbruck scattering processes. A theoretical expression of the nuclear resonance scattering amplitude for the specific case of the random photoexcitation process is derived. The interference effect of this latter process with Rayleigh and Delbruck scattering is calculated and an excellent agreement with measured values is obtained.\*

93 Chcllet C., Arends J., Beil H., Bergère R., Bourgeois P., Carlos P., Fallou J.L., Fagot J., Garganne P., Lepretre A., Veyssiére A.  
A DETERMINATION OF THE TOTAL PHOTONUCLEAR ABSORPTION CROSS SECTION FOR Pb IN THE  $\Delta$ -RESONANCE REGION BY MEANS OF A NEUTRON MULTIPLICITY MEASUREMENT. *Phys. Lett.*, 127B, 331-335

Многонейтронные события ( $J, in...)$  для ядра Pb зарегистрированы в соответствии с их нейтронной множественностью  $i$  для  $i \geq 1$  при использовании пучка квазимонохроматических фотонов, полученных при аннигиляции на лету монохроматических позитронов. Эти экспериментальные результаты, полученные в области энергий фотонов  $E_\gamma$  от 145 до 440 МэВ, применены для определения парциальной суммы  $\sigma^{(2)}(E_\gamma) = \sum_{i \geq 2} \sigma(J, in...)$  и для оценки сечения полного фотоядерного поглощения  $\sigma(tot: E_\gamma)$ .

Multiple-neutron events ( $J, in...)$  for Pb have been recorded according to their neutron multiplicity  $i$ , for  $i \geq 1$  with a quasi-monoenergetic photon beam obtained by the annihilation in flight of monochromatic positrons. These experimental results, taken with photon energies  $E_\gamma$  from 145 up to 440 MeV, are subsequently used to determine the partial sum  $\sigma^{(2)}(E_\gamma) = \sum_{i \geq 2} \sigma(J, in...)$  and to evaluate the ensuing total photonuclear absorption cross section  $\sigma(tot: E_\gamma)$ .\*

- 94 Winchenbach J., Pingel K., Holzwarth G., Kühner G., Richter A.  
DOORWAY-STATE ANALYSIS OF THE FINE STRUCTURE IN THE GIANT  
QUADRUPOLE RESONANCE IN  $^{208}\text{Pb}$  OBSERVED IN INELASTIC ELECTRON  
SCATTERING. Nucl. Phys., A410, 237-253

Проанализирована тонкая структура, наблюдаемая в данных экспериментов по неупругому рассеянию электронов на ядре  $^{208}\text{Pb}$  в области энергий возбуждения квадрупольного гигантского резонанса (КГР), выполненных с высоким разрешением на установке DALINAC. Рассматривалось предположение о том, что измеренное сильно фрагментированное распределение E2 силы обусловлено связью одного или двух входных состояний с большим числом более сложных состояний. Матричные элементы связи, полученные в результате анализа, позволяют определить ширины  $\Gamma\uparrow$  и  $\Gamma\downarrow$ , энергии возбуждения  $E_d$ , энергетические сдвиги  $\Delta E_d$  и их энергетические зависимости для выделенных входов.

The fine structure observed in high resolution inelastic electron scattering data obtained at DALINAC for  $^{208}\text{Pb}$  in the excitation energy range of the giant quadrupole resonance (GQR) has been analysed under the assumption that the measured strongly fragmented E2 strength distribution is due to the coupling of one or two doorway states to a large number of more complicated states. The coupling matrix elements derived from the analysis allow the determination of the escape and spreading widths  $\Gamma\uparrow$  and  $\Gamma\downarrow$ , the excitation energies  $E_d$ , the energy shifts  $\Delta E_d$ , and their energy dependence, for the underlying doorways.\*

- 95 Антипенко А.П., Касилов В.И., Лапин Н.И., Щербак С.Ф. ВЫХОДЫ НЕЙТРОНОВ ИЗ СВИНЦОВЫХ МИШЕНЕЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ, ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ С МОНОКРИСТАЛЛОМ. Украинский физический журнал, 2<sup>0</sup> 655-657

Измерены выходы фотонейтронов из аморфных свинцовых мишеней различной толщины. В качестве фотонных конвертеров использовались ориентированный и неориентированный кристаллы Si, а также аморфная мишень из Au. Показана возможность увеличения выхода нейтронов из аморфных мишеней при использовании единственного кристалла как фотонной мишени.

Photon neutron yield from amorphous lead targets of various thickness is measured. An oriented or misoriented Si crystal and an amorphous Au target have been used as a photon converter. It is shown possible to increase the neutron yield from amorphous targets using a single crystal as a photon target.\*

- 96 Rullhusen P., Zurmühl U., Smend P., Schumacher M., Börner H.G., Kerr S.A.  
GIANT DIPOLE RESONANCES AND COULOMB CORRECTION EFFECT IN DELBRÜCK SCATTERING  
STUDIED BY ELASTIC AND RAMAN SCATTERING OF 8.5 TO 11.4 MeV PHOTONS.  
Phys. Rev., C27, 559-568

Исследовано упругое и рамановское рассеяние фотонов с энергиями от 8.5 до 11.4 МэВ на ядрах с зарядами от 23 до 92. Обнаружено, что экспериментальные сечения упругого рассеяния существенно расходятся с результатами расчетов, базирующихся на современных данных о сечениях фотопоглощения в области дипольного гигантского резонанса и дельбрюкковских амплитудах нижнего порядка. Отмечается, что упругие дифференциальные сечения, измеренные для  $Z=83$  и 90, подтверждают указания на эффекты кулоновских поправок в дельбрюкковском

Elastic and Raman scattering of 8.5 to 11.4 MeV  $\gamma$ -ray photons are investigated between charge numbers of 73 and 92. The experimental elastic scattering cross sections show large deviations from calculations based on available giant dipole resonance photoabsorption cross sections and on lowest order Delbrück amplitudes. The elastic differential cross sections measured at  $Z=83$  and 90 confirm the indications of a Coulomb correction effect in Delbrück scattering previously obtained for  $Z=92$  only. By a sys-

рассеянии, наблюдавшиеся ранее только для  $Z=92$ . В результате систематического анализа получены количественные оценки эффекта кулоновских поправок в дельбрюкковском рассеянии и факторов скейлинга для сечения фотопоглощения в области дипольного гигантского резонанса.

tematic analysis, quantitative information on the Coulomb correction effect in Delbrück scattering and on scaling factors for the giant dipole resonance photoabsorption cross sections is obtained.\*

- 97 Bowman C.D., Schröder I.G., Duvall K.C., Dick C.E. SUBTHRESHOLD PHOTOFISSION OF  $^{235}\text{U}$  AND  $^{232}\text{Th}$ . Phys. Rev., C17 (1978)\*, 1086-1088

Сечения фотоделения ядер  $^{232}\text{Th}$  и  $^{236}\text{U}$  измерены в области энергий от 3.25 до 5.75 МэВ, ядер  $^{234}\text{U}$  и  $^{236}\text{U}$  - 3.5 МэВ. В данной области энергий сечения изменяются на семь порядков величины. Форма сечений для различных изотопов существенно различается, что указывает на большую их чувствительность к параметрам барьера деления.

Photofission cross sections for  $^{232}\text{Th}$ , and  $^{236}\text{U}$  have been measured in the energy range from 3.25 to 5.75 MeV and for  $^{234}\text{U}$  and  $^{236}\text{U}$  at 3.5 MeV. The cross sections change by over seven orders of magnitude for this energy range. Cross section shapes are significantly different for different isotopes indicating a strong sensitivity to fission barrier parameters.\*

- 98 Ratzek R., Wilke W., Drexler J., Fischer R., Heil R., Huber K., Kneissl U., Ries H., Ströher H., Stock R., Wienhard K. PHOTOFISSION WITH LINEARLY POLARIZED PHOTONS. Z. Physik, A308 (1982)\*\*, 63-71

Обобщается формализм описания угловых распределений фрагментов фотоделения под действием неполяризованных и линейно поляризованных фотонов. Описываются выполненные впервые эксперименты по делению ядра  $^{232}\text{Th}$  линейно поляризованными тормозными фотонами. Впервые модельно-независимо показано, что данные по анализирующей способности реакции фотоделения при малых энергиях могут быть описаны с помощью представления об электрических дипольных возбуждениях. Обсуждаются возможности этого нового метода исследования, в особенности в приложении к пучкам моноэнергетических меченых фотонов, которые в скором времени станут доступными на новых электронных ускорителях с большой длительностью цикла.

The formalism for fragment angular distributions in photofission with unpolarized and linearly polarized photons is summarized. First experiments on  $^{232}\text{Th}$  using linearly polarized bremsstrahlung are described. The results for the analyzing power show for the first time in a model independent way that the low energy photofission can be explained by electric dipole excitation. The possibilities of this new method are discussed, in particular when using monoenergetic tagged photons, which are available soon at new high duty cycle electron accelerators.\*

\* Пропущенная работа 1978 года.  
\*\* Пропущенная работа 1982 года.

\* Omitted work of 1978.  
\*\* Omitted work of 1982.

Приводятся результаты измерений глубоко-подбарьерного выхода реакции  $^{232}\text{Th}(\gamma, f)$  при облучении тормозными  $\gamma$ -квантами с граничной энергией  $E_{\text{max}}$  от 3.3 до 4.8 МэВ и угловой анизотропии осколков фотоделения в околопороговой области энергии  $E_{\text{max}} = 5.4-6.8$  МэВ. Оба опыта, поставленные с целью проверки указаний на существование эффектов, связанных с явлением "изомерный шельф", дали отрицательный результат.\*

The results of measurements of the deeply subbarrier yield for the  $^{232}\text{Th}(\gamma, f)$  reaction for the bremsstrahlung  $\gamma$ -quanta with the end-point energies  $E_{\text{max}}$  from 3.3 to 4.8 MeV and of angular anisotropy of fission fragments near threshold in the energy range  $E_{\text{max}} = 5.4-6.8$  MeV are published. Both experiments, which were fulfilled with the aid to check the indication on the existence of the "isomeric shelf" effects, gave the negative results.

- 100 Ганич П.П., Кривохатский А.С., Лендел А.И., Ломоносов В.И., Парлаг А.И., Сижора Д.И., Сычев С.И. О КОМПЛЕКСНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЗАПАЗДЫВАЮЩИХ НЕЙТРОНОВ И ГАММА-КВАНТОВ ФОТОДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЕЛЯЩИХСЯ НУКЛИДОВ. Атомная энергия, 58, 247-249

На пучке тормозного излучения микротрона ( $E_e=15$  МэВ) определены кинетические функции временного распределения запаздывающих нейтронов фотоделения ядер  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{237}\text{Np}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ .

The kinetic functions of time distributions of delayed neutrons from the photofission of  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{237}\text{Np}$  and  $^{239}\text{Pu}$  have been determined with the aid of bremsstrahlung beam of microtron ( $E_e=15$  MeV).

- 101 Груздевич О.Г., Давлетшин А.Н., Тилунков А.О., Тихонов С.В., Толстиков В.А., Тужилов В.В., Шерман Л.Е. СЕЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО ЗАХВАТА НЕЙТРОНОВ ЯДРАМИ  $^{236}\text{U}$  В ИНТЕРВАЛЕ ЭНЕРГИЙ 0.15-1.1 МэВ. Сб. "Вопросы атомной науки и техники". Серия: Ядерные константы, 2(51), 3-15

Описаны экспериментальные и расчетно-теоретические исследования, связанные с измерением сечений радиационного захвата  $^{236}\text{U}$  для быстрых нейтронов. Методом активации с использованием полупроводниковой спектрометрической техники измерены сечения радиационного захвата  $^{236}\text{U}$  для 11 значений энергии нейтронов в диапазоне 0.15-1.1 МэВ. Определение отношения эффективностей регистрации гамма-спектрометра проведено двумя методами: по отношению тепловых сечений и абсолютным методом ( $4\pi\beta\text{-}\gamma$ )-совпадений, который с использованием образца в виде тонкой пленки применен для  $^{237}\text{U}$  впервые. В результате эксперимента показано, что полученные сечения примерно на 45% ниже, чем ранее принималось. Эти данные согласуются с теоретическим расчетом сечения в области исследования, если расчетную кривую нормировать при 5-20 кэВ по данным измерений методом времени замедления. Результаты исследова-

Experimental and theoretical investigations, connected with measurement of cross sections for radiative capture of fast neutrons by  $^{236}\text{U}$  are described. Activation method with semiconductor spectrometry techniques were used for measurement of  $^{236}\text{U}$  radiative capture cross sections for 11 neutron energies in the range 0.15-1.10 MeV. The determination of the  $\gamma$ -spectrometer registration efficiency were done by two methods: relatively to thermal cross sections and absolutely with the aid of ( $4\pi\beta\text{-}\gamma$ )-coincidences, the latter method for thin target was used for  $^{237}\text{U}$  for the first time. Experiment shows that the cross sections obtained are of 45% lower than those previously published. Experimental cross sections are in agreement with the theoretical results if the calculated curve is normalized with respect to experimental data obtained

дований приводят к необходимости пересмотра существующих оцененных сечений захвата  $^{236}\text{U}$ .

by moderation method for energies 5-20 keV. The results show the necessity of revision of available calculated cross sections of  $^{236}\text{U}$  capture.

- 102 Zurmühl U., Rullhusen P., Smend F., Schumacher M., Börner H.G., Kerr S.A. NUCLEAR RESONANCE SCATTERING STUDIES ON  $^{238}\text{U}$  USING A DENSE SERIES OF  $\gamma$ -RAY PHOTONS. Z. Phys., **A314**, 171-179

Фото возбуждение ядра  $^{238}\text{U}$  изучено в области энергий 4-7 МэВ с использованием реакций  $^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$  и  $^{141}\text{Pr}(n,\gamma)$  для получения плотных пучков интенсивных гамма-квантов. Показано, что большинство эффективных сечений находятся в хорошем согласии со средней силовой функцией, полученной путем наложения флуктуаций Портера-Томаса на лоренцовскую линию, описывающую ДПР. В области энергий около 5.2 МэВ обнаружены резонансы нестатической природы.

Using the  $^{181}\text{Ta}(n,\gamma)$  and  $^{141}\text{Pr}(n,\gamma)$  reactions to provide a dense series of intense  $\gamma$ -rays, photoexcitation of the  $^{238}\text{U}$  nucleus has been studied in the 4-7 MeV range. It is shown that most of the effective cross sections are in line with an average strength function as given by the DGR Lorentzian line superimposed by Porter-Thomas fluctuations. Resonances of nonstatistical strength are found close to 5.2 MeV.\*

- 103 Zhang H.X., Yen T.R., Lencman H. AUTOMATIC SCANNING OF SOLID STATE NUCLEAR TRACK DETECTORS AT LOW TRACK DENSITY. Nucl. Instrum. and Meth., **214**, 391-394

Описывается устройство для сканирования больших площадей трековых детекторов деления типа Kimfol. Оно применяется в экспериментах по фотоделению, где за один проход должна быть обработана пленка площадью  $\sim 10^4$  см<sup>2</sup>. Сначала треки увеличиваются травлением и разрядом. Затем пленка сканируется камерой типа Vidicon, имеющей высокое разрешение, и координаты x и y каждого трека запоминаются в памяти компьютера. Типичная скорость сканирования - 10 см<sup>2</sup>/сек. Эффективность подсчета треков близка к 100%.

Приводится спектр фрагментов деления ядра  $^{238}\text{U}$  фотонами с энергиями от 6069 до 6076 кэВ.

A device for scanning large areas of Kimfol fission track detectors is described. It is being used in photofission experiments where  $\sim 10^4$  cm<sup>2</sup> of film per run have to be handled. The tracks are first enlarged by etching and sparking. The film is then scanned by a high resolution Vidicon camera and the x and y coordinates of each track are stored in a computer. A typical scanning speed is 10 cm<sup>2</sup>/s. The counting efficiency is close to 100%.\*

The spectrum of photofission fragments of  $^{238}\text{U}$  in photon energy range from 6069 to 6076 keV is presented.

Период полураспада изомера формы  $^{238}\text{U}$  и его выход в реакции  $(J, J')$  измерены с помощью техники пульсирующего пучка тормозного излучения с максимальной энергией 12 МэВ. Полученные результаты ( $T_{1/2}=146\pm 22$  нсек,  $Y_{\text{изом.}}/Y_{\text{мгнов.}}=(6.6\pm 1.0)\times 10^{-6}$ ) использованы для определения сечения изомерного деления. Показано, что при объединении этой информации с результатами предыдущего исследования реакции  $^{238}\text{U}(J, xn)$  может быть получен верхний предел для отношения ветвления  $\Gamma_{\text{f}}/\Gamma_{\text{f}}^{\text{н}} < 13$  для распада  $^{238\text{m}}\text{U}$ . Обсуждаются также характеристики процессов деления изомеров формы  $^{236}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$ .

The half-life of the  $^{238}\text{U}$  shape isomer and its yield ratio in a  $(J, J')$  reaction have been measured by pulsed beam techniques at a bremsstrahlung end-point energy of 12 MeV. From the results ( $T_{1/2}=146\pm 22$  ns,  $Y_{\text{iso}}/Y_{\text{pr}}=(6.6\pm 1.0)\times 10^{-6}$ ) the isomeric fission cross section has been deduced. Combining this information with the results of a previous  $^{238}\text{U}(J, xn)$  study, an upper limit for the branching ratio  $\Gamma_{\text{f}}/\Gamma_{\text{f}}^{\text{n}} < 13$  for the decay of  $^{238\text{m}}\text{U}$  can be obtained. The decay properties of the  $^{236}\text{U}$  and  $^{238}\text{U}$  shape isomers are discussed.\*

Измерения энергетической корреляции были выполнены для спонтанного деления ядра  $^{244}\text{Pu}$  и его фотоделения при максимальных энергиях тормозного излучения 12-, 15-, 20- и 30 МэВ. Сечение фотоделения ядра  $^{244}\text{Pu}$  было определено из измеренной кривой выхода для 30 МэВ при помощи метода разности фотонов. Сравнение поведения  $\langle E_{\text{k}}^* \rangle (m^*)$  для спонтанного и индуцированного фотонами деления показывает, что наблюдаемое уменьшение средней полной освобождаемой кинетической энергии с возрастанием энергии возбуждения составного ядра вызывается главным образом изменениями полной деформации осколков области массового распределения с большей массой в окрестности замкнутой оболочки с  $N=82$ . При сравнении делющихся систем  $^{244}\text{Pu}$  и  $^{240}\text{Pu}$  разность  $\langle E_{\text{k}}^* \rangle_{\text{sf}} - \langle E_{\text{k}}^* \rangle_{\text{f}}$  для процессов спонтанного и вызываемого фотонами деления оказывается на 3 МэВ больше для второй системы, чем для первой. Кривые  $\langle E_{\text{k}}^* \rangle (m_{\text{H}}^*)$  для ядер  $^{240}\text{Pu}$  и  $^{244}\text{Pu}$  проходят параллельно на расстоянии около 3 МэВ друг от друга. Сравнение массовых распределений для вызванного фотонами и спонтанного деления ядра  $^{244}\text{Pu}$  показывает уменьшение амплитуд и уширение максимумов массового распределения и их сдвиг более чем на 3 массовые единицы от оси симметрии. Сравнение делющихся систем  $^{240}\text{Pu}$  и  $^{244}\text{Pu}$  свидетельствует о том, что максимумы тяжелых осколков остаются практически на одном месте и для процессов спонтанного и для индуцированного фотонами деления.

Energy correlation measurements were performed for the spontaneous fission of  $^{244}\text{Pu}$  and its photofission with 12-, 15-, 20-, and 30-MeV bremsstrahlung. The photofission cross section for  $^{244}\text{Pu}$  was deduced from a measured yield curve up to 30 MeV using the photon difference method. A comparison of the  $\langle E_{\text{k}}^* \rangle (m^*)$  behavior for spontaneous and photon-induced fission shows that the observed decrease with increasing compound nucleus excitation energy of the average total kinetic energy release is caused predominantly by changes in the total deformation of the fragments for the mass splits with the heavy fragment mass in the vicinity of the closed  $N=82$  neutron shell. Comparing the fissioning systems  $^{244}\text{Pu}$  and  $^{240}\text{Pu}$ , the difference,  $\langle E_{\text{k}}^* \rangle_{\text{sf}} - \langle E_{\text{k}}^* \rangle_{\text{f}}$ , between spontaneous and photon-induced fission is 3 MeV larger for the former system. The  $\langle E_{\text{k}}^* \rangle (m_{\text{H}}^*)$  curves for  $^{240}\text{Pu}$  (sf) and  $^{244}\text{Pu}$  (sf) are parallel at a distance of about 3 MeV. The mass distribution for photon-induced fission of  $^{244}\text{Pu}$  compared to spontaneous fission shows a decreased peak yield, a broadening of the mass distribution peaks, and a shift of the peaks over 3 mass units towards asymmetry. Comparing the fissioning systems  $^{240}\text{Pu}$  and  $^{244}\text{Pu}$ , the heavy fragment peak remains practically constant in position for both spontaneous and photon-induced fission.\*

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

<u>А</u>	Амбарцумян В.Г.	29	<u>М</u>	Магера В.Г.	77
	Антипенко А.П.	95		Мазанько Б.В.	28
	Аркатов Ю.М.	10		Маркарян Э.Р.	29
	Арутюнян С.С.	29		Махновский Е.Д.	60
	Афанасьев Н.Г.	28		Мельник Д.П.	72
				Мкртчян Г.Г.	29
<u>Б</u>	Багдасарян Д.С.	29	<u>Н</u>	Нгуен Данг Ньян	39
	Баранник В.П.	3		Наумов Д.В.	78, 79
	Баяхчян Е.М.	29		Немашкало Б.А.	69, 72
	Бечварж Ф.	89	<u>О</u>	Остапенко В.Б.	99
	Буки А.Ю.	28	<u>П</u>	Паржицкий С.С.	78, 79
	Быков А.А.	79		Парлаг А.М.	100
<u>В</u>	Вацет П.И.	10		Петров Б.Ф.	78, 79
	Волков Ю.М.	60		Петросян О.П.	29
	Волощук В.И.	10, 26		Полищук В.Н.	28
	Воронов В.В.	69		Прохорец И.М.	10
<u>Г</u>	Ганич П.П.	100	<u>Р</u>	Рубашкин А.Л.	3
	Гонзатко Я.	89	<u>С</u>	Сигалов В.М.	78, 79
	Горбенко В.Г.	3		Сизов И.В.	78, 79
	Грудзевич О.Т.	101		Сикора Д.И.	100
	Гурьев В.Н.	10		Смирненкин Г.Н.	99
	Гущин В.А.	3		Солдатов А.С.	99
<u>Д</u>	Давлетшин А.Н.	101		Сорокин П.В.	3
	Давыдов М.Г.	77		Стадников Т.	89
	Догюст И.В.	26		Стибунов В.Н.	30
<u>Ж</u>	Жебровский Ю.В.	3		Сторижко В.Е.	69, 72
<u>З</u>	Золенко В.А.	10		Сычев С.И.	100
<u>И</u>	Игнатъев А.И.	60	<u>Т</u>	Тележников С.А.	89
	Инопин Е.В.	10		Тихонов С.В.	101
<u>К</u>	Казарян Г.Б.	29		Тичунков А.О.	101
	Касимов В.И.	95		Толстикова В.А.	101
	Кириченко В.В.	25		Трошенкова И.А.	29
	Колесников Л.Я.	3		Тухмазов В.В.	101
	Коломенский Г.А.	60	<u>Ф</u>	Фоминенко В.П.	60
	Котиков Е.А.	60	<u>Х</u>	Ходячих А.Ф.	26
	Кралик М.	89		Хомич А.А.	28
	Крафт О.Е.	78, 79	<u>Ц</u>	Ципеник В.М.	99
	Кривохатский А.С.	100	<u>Ч</u>	Чижов В.П.	60
	Кулиш Ю.В.	3	<u>Ш</u>	Шебеко К.В.	72
<u>Л</u>	Лаковичев Е.Ф.	60		Шевченко Н.Г.	28
	Лашин Н.И.	95		Шерман Л.Е.	101
	Лендел А.И.	100	<u>Щ</u>	Щербак С.Ф.	95
	Ломоносов В.И.	100			

<u>A</u>	Adelberger E.G.	37	Chakrabarthy D.R.	58	
	Adler J.-O.	21	Champagne A.E.	48	
	Allen K.W.	44	Chang C.C.	11	
	Allen P.D.	59	Chatterjee M.B.	42	
	Alster J.	13	Chew S.H.	17,44	
	Altemus R.	61	Chollet C.	93	
	Anderson M.R.	81	Claude A.	40	
	Anghinolfi M.	7,8,25,38	Clifford E.T.H.	24	
	Ansaldo E.J.	41,43	Collins M.T.	54	
	Anthony I.	14	Corvisiero P.	7,8,25,38	
	Arends J.	93	Crannell H.	6	
	Asai J.	5	Cuzzocrea P.	64	
	Austin S.M.	15			
	Azuma R.E.	24,26	<u>D</u>	Dabrowska M.	57
<u>B</u>	Barkman J.N.	90		Dauids C.N.	22,23
	Barnett A.R.	17		Davidson W.F.	33,40
	Barreau P.	31		Deady M.	61
	Beck D.H.	5		De Clercq A.	105
	Becker H.W.	45,46		Decowski P.	57
	Beil H.	93		De Frenne D.	105
	Bellicard J.B.	68,75		De-Jager C.W.	68
	Bender D.	41,43,67		De Sanctis E.	31
	Bergère R.	86,93		Deutschmann U.	63
	Bernheim M.	31		De Witt Hoberts P.K.A.	68
	Berman B.L.	18,36,53		D'hondt P.	105
	Bertozzi W.	18		Dick C.E.	97
	Blatchley C.	61		Dielschneider T.P.	5
	Blatt S.L.	24		Diener E.M.	11
	Blomqvist K.I.	21		Dodge W.R.	27,84
	Boal T.J.	87		Donoghue T.R.	45
	Börner G.	96,102		Doron A.	51
	Bosted P.	21		Dowell D.H.	54
	Bourgeois P.	93		Drake D.M.	35
	Bowles T.J.	15		Drake T.E.	55,56
	Bowman C.D.	97		Drexler J.	98,104
	Boyd R.N.	24		Dubach J.	13,34,49
	Branford D.	14		Duclos J.	31
	Briscoe W.J.	6		Dunn P.C.	1
	Brondi A.	64		Duvall K.C.	97
	Brown B.A.	37		Dyer P.	15
	Brown R.E.	15			
	Brussel M.K.	31	<u>E</u>	Ejiri H.	83
	Buchmann L.	45,46		Elwyn A.J.	22,23
	Buti	18		Erell A.	51
<u>C</u>	Calarco J.P.	11		Erlandsson B.	82
	Capitani G.P.	31		Eswaran M.A.	58
	Cardman L.S.	51		Eulenberg G.	67
	Carlos P.	93		Ewart G.M.	88
	Catford W.N.	44			
	Cavedon J.M.	68			

<u>F</u>	Fagot J.	93	Holt R.J.	2
	Fallou J.L.	93	Holzwarth G.	94
	Feldman G.	50,52,54	Hosono K.	50
	Fiffield L.K.	44	Hotta A.	49
	Filippone B.W.	22,23	Howard A.J.	48
	Findlay D.J.S.	87	Huber K.	98,104
	Finn J.M.	18,31,61	Huet M.	68,75
	Fischer R.	98	Hyde C.	18
	Fisher G.A.	11	Hynes M.V.	18
	Fitzgerald D.H.	6		
	Flowers A.G.	14	<u>I</u>	
	Franklin G.	21	Ikossi P.G.	37
	Friedrich J.	76	Irshad M.	4
	Frois B.	68,75	Isabelle D.B.	31
	Frullani S.	31	Itoh K.	62
	Fujii Y.	85		
	Fujishiro M.	19	<u>J</u>	
	Fujita Y.	50	Jacobs E.	105
	Fujiwara M.	50	Jans E.	31
			Jaracz P.	57
<u>G</u>	Garganue P.	93	Jarmie N.	15
	Garibaldi F.	31	Jeremie H.	4
	Garman E.F.	44	Jury J.W.	32,33,36,53
	Gersch H.U.	71		
	Girod M.	75	<u>K</u>	
	Goloskie R.	1,6	Kabuss E.	64
	Gonsior B.	64	Kahane S.	92
	Gontte D.	68	Kawazoe Y.	76,80
	Görres J.	24,45,46	Kelly J.	18
	Grabmayr P.	76	Kennett T.J.	20,90
	Gräf H.-D.	63	Kerr S.A.	96,102
	Grammaticos B.	75	Kettner K.U.	46
	Grochulski W.	57	Kičin-ka-Habior M.	57
	Guarnone M.	7,8	Kieser W.E.	46
	Gulbranson R.L.	51	King J.D.	24
			King S.E.	9
			Kishimoto T.	83
<u>H</u>	Hammer J.W.	45,46	Klein R.	76
	Hanna S.S.	11	Kleinwächter P.	71
	Hansen K.	21	Kneissl U.	98,104
	Haraken M.W.	50	Knüpfer W.	39,43,67,91
	Harting A.	63	Köbschall G.	12
	Hayward E.	21,27,84	Koetke D.D.	22,23
	Heil R.	98,104	Kovash M.A.	18
	Heisenberg J.	75	Kowalski S.B.	1,13,18,55,56
	Hersman F.W.	18	Krätwinkel H.	16,46
	Hicks R.S.	13,34,49	Küchler G.	39
	Hindi M.M.	50,52	Kühlmann E.K.	11,50,52
	Hirota J.	85	Kühner G.	94
			Kumar K.	75
			Kuo P.C.-K.	33

<u>L</u>	Lahm G.	63	<u>O</u>	O'Connell J.S.	21
	Lancman H.	103		Okamoto K.	19
	Lapikas J.J.	68		Ottermann C.	12
	La Rana G.	64		Owens R.O.	14
	Leconte Ph.	68,75			
	Leitch M.J.	4	<u>P</u>	Parker B.	34
	Leitch R.G.	27		Parker P.D.	48
	Lepretre A.	93		Peridier C.A.	4
	Le Rose J.	61		Peterson G.A.	13,34,49
	Lichtenstadt J.	13		Phan Xuan Ho	68,75
	Lightbody J.W.	21,68		Pich B.O.	56
	Lindgren K.R.	51		Piessens M.	105
	Lindgren R.A.	34		Pingel K.	94
	Lourie R.W.	18		Platchkov S.A.	68
	Lowe J.	17,44		Prestwich W.V.	20,90
				Pringle D.M.	44
<u>M</u>	Maggiore C.J.	15		Pruneau C.	42
	Mank G.	104		Pywell R.E.	5,36,53
	Marcinkowski A.	82			
	Maruyama X.K.	21	<u>R</u>	Rad F.N.	1
	Matthews J.L.	4		Ragoowansi N.L.	58
	Matulewicz T.	57		Rahman M.	65
	Maurer K.	12		Rangacharyulu C.	41,42,43
	McCarthy J.S.	61		Ratzek R.	98,104
	McCord M.	27		Rauch F.	65
	McGeorge J.C.	14		Retzlaff G.A.	5
	McNeil K.G.	33,36,53		Ries H.	98,104
	Metsch B.C.	67,91		Ricco G.	7,8,25,38
	Meziani Z.	31		Richter A.	39,41,43,63,67,91,94
	Mitchell L.W.	74,81		Roberts B.L.	4
	Miyase H.	80		Robertson N.R.	9,35
	Moinester M.A.	13		Robertson R.G.H.	15
	Moreh R.	66,92		Röhrich K.	12
	Morgenstern J.	31		Rolfs C.	24,45,46
	Moro R.	64		Romano M.	64
	Mougey J.	31		Rullhusen P.	96,102
	Muirhead E.G.	59,87		Ryan P.J.	47,49
	Muller S.	91		Rybarcyk L.J.	24
<u>N</u>	Nakada A.	68	<u>SS</u>	Saghai B.	31
	Nakayama S.	83		Saito K.	85
	Nefkens B.M.K.	6		Saito T.	85
	Nelson J.M.	17		Sakurai K.	73
	Neuhäuser R.	63		Sandorfi A.M.	54
	Nilson K.	82		Santo R.	16
	Norum B.E.	18		Sanzone M.	7,38
	Notthoff N.	64		Sapp W.W.	6
	Nottrodt H.P.	65		Sargent C.P.	1,55,56
	Noumachi M.	50			

Sargood D.G.	74,81	Tilley D.R.	9
Sasao M.	50,83	Tingwell C.I.W.	81
Saylor D.P.	1	Tohei T.	85
Schmaibrock P.	45,46	Toke J.	57
Schmitt Ch.	12	Torizuka Y.	85
Schobbert H.	71	Trautvetter H.P.	45,46
Schroder B.	21	Tsai J.S.	20
Schröder I.G.	97	Tsubota H.	80
Schumacher M.	96,102	Tsujimoto T.	19
Segeth W.	70	Tsukamoto T.	80
Sene M.R.	14	Turchinetz W.E.	1
Sevlor M.E.	81	Turck-Chieze S.	31,68,75
Shahal O.	66,92		
Sherman N.K.	33,40,88	<u>Y</u> Veissiere A.	93
Shibata T.	83	Vlieks A.	24,25
Shin Y.M.	62	Voegler N.	76
Shoda K.	47	Volk H.	16
Shotter A.C.	14		
Sick I.	31,75	<u>W</u> Wagner G.J.	76
Sikora B.	57	Wallek L.	16
Singhal R.P.	34	Waltham C.E.	17
Sioshansi P.	61	Walther U.H.	12
Skopik D.M.	5	Watson J.D.	33
Smend F.	96,102	Webb D.V.	49
Smith Ph.B.	70	Weber T.	104
Snover K.A.	37,50,52,54	Weise W.	63
Sober D.I.	6	Weller H.R.	9,35
Somorjai E.	57	Wender S.A.	35
Spaner E.	39,41,43,67,91	Whitney R.R.	61
Spanier L.	82	Wienhard K.	98
Specht J.R.	2	Wiescher M.	24
Spizuoco J.A.	24	Wilke W.	98,104
Starr R.	27	Williamson C.F.	55,56,61
Steffen W.	39,63	Winchenbach J.	94
Stephenson K.	2	Wolyneec E.	84
Stock R.	98	Wong J.	61
St.-Pierre C.	42	Woodworth J.G.	36,53
Ströher H.	98,104		
Sutton R.A.	32,59	<u>Y</u> Yavin A.I.	51
		Yeh T.R.	103
<u>T</u> Taiuti M.	7,25,38	Yen S.	55,56
Tanaka T.	47		
Tarnowski D.	31	<u>Z</u> Zarek H.	55
Tenenbaum J.	66	Zhang H.X.	103
Terrasi F.	64	Zimmerman C.H.	14
Tervo R.J.	20	Zimmerman P.D.	31,61
Thierens H.	105	Zubanov D.	32
Thompson M.N.	32,36,47,53,59	Zucchiatti A.	7,8,25,38
Thorley P.J.	14	Zurwühl U.	96,102

## СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENTS

Предисловие . . . . .	Preface . . . . .	5
Пояснения к таблице . . . . .	Explanation of Table . . . . .	6
Таблица ФОТОЯДЕРНЫЕ ДАННЫЕ . . . . .	Table PHOTONUCLEAR DATA . . . . .	8
Библиография и аннотации статей . . . . .	Bibliography and abstracts of papers . . . . .	19
Авторский указатель . . . . .	Author index . . . . .	72

Для заметок

Для заметок

Владимир Васильевич Варламов,  
Игорь Михайлович Капитонов,  
Александр Петрович Черняев

Информационный бюллетень № 7  
"Фотоядерные данные - 1983"

Редактор К.И.Стратилатова  
Технический редактор Л.Ф.Белова

В подготовке бюллетеня принимали участие  
Т.Н.Алексеева  
Е.Т.Зазулина  
Г.В.Саркисова  
Л.А.Сусоева

---

Подписано к печати 15.XI.84г. Заказ № 2861.  
Формат 60x84/8. Бумага оберточн.белая.  
Усл.печ.л. 10,0. Уч.-изд.л.6,5.Тираж 400экз.  
Цена 35 коп.

---

Издательство  
Московского университета  
Москва, К-9, ул. Герцена, 5/7.

---

Отпечатано в НИИЯФ МГУ