

INDL(ССР)-214/9  
IND(ССР) 214



ЦЕНТР ДАННЫХ ФОТОЯДЕРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

# ФОТОЯДЕРНЫЕ ДААННЫЕ

P H O T O N U C L E A R   D A T A

№ 5      1981

ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

1982



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

---

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ  
ЦЕНТР ДАННЫХ ФОТОЯДЕРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В.В.Варламов, А.Н.Панов, В.И.Шведун

ФОТОЯДЕРНЫЕ ДАННЫЕ - 1981

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 5

ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

1982

Варламов В.В., Панов А.Н., Шведунов В.И. Фотоядерные  
данные - 1981. Информационный бюллетень № 5. -М.: Изд-во Моск.  
ун-та, 1982. -90 с., 1 табл.

Настоящий информационный бюллетень включает в себя сведения  
об экспериментальных работах, посвященных исследованию фотоядер-  
ных процессов в атомных ядрах и опубликованных в 1981 году в  
периодической литературе.



Издательство Московского Университета, 1982 г.

ЦЕНТР ДАННЫХ ФОТОЯДЕРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

И17234 Москва, Ленинские Горы, МГУ, НИИЯФ

CENTRE FOR PHOTONUCLEAR EXPERIMENTS DATA

Institute of Nuclear Physics, MSU, И17234 Moscow, 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 1981 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 порогам. 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.

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

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 have been published during 1981 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.

We 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.

Руководитель  
Центра данных фотоядерных экспериментов  
профессор  
Head  
of the Centre for Photonuclear Experiments  
Data  
Professor

Б.С. ИШХАНОВ

B.S. ISHKHANOV



В.В.Варламов, А.Н.Панов, Е.И.Шведун

V.V.Varlamov, A.N.Panov, V.I.Shvedunov

Научно-исследовательский институт ядерной физики  
МГУ

Institute of Nuclear Physics of MSU

Центр данных фотоядерных экспериментов (ЦДФЭ)

Centre for Photonuclear Experiments Data (CDFE)

ПРЕДИСЛОВИЕPREFACE

Настоящий информационный бюллетень является продолжением бюллетеней № 1-4, опубликованных ранее.

Бюллетень № 5 включает в себя обзор фотоядерных данных, таблицу, в которой систематизированы результаты экспериментальных исследований, опубликованных в 1981 году, аннотации работ и авторский указатель.

При подготовке информационного бюллетеня № 5 были использованы указанные советские и иностранные журналы.

The present information bulletin is the continuation of bulletins No. 1-4 which have been published previously.

The bulletin No.5 includes the survey of photonuclear data, the table in which the results of the experimental studies published in 1981 are systematized, abstracts of papers, an author index.

In the preparation of information bulletin No.5 the following Soviet and foreign journals have been used.

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. Успехи физических наук.
8. Вестн.Моск.ун-та. Сер.Физика.Астрономия.
9. Докл. АН СССР.
10. Известия высших учебных заведений. Физика.
11. Украинский физический журнал.
12. Сб."Проблемы ядерной физики и космических лучей". Харьков.
13. Сб."Элементарные частицы и атомные ядра". ОИЯИ, Дубна.
14. Сб."Вопросы атомной науки и техники. Сер.Общая и ядерная физика". ЦНИИАТОМИНФОРМ, Москва.
15. Nuclear Physics, A.
16. Physics Letters, B.
17. Physical Review, C.
18. Physical Review Letters.
19. Zeitschrift für Physik, A.
20. Canadian Journal of Physics.
21. Australian Journal of Physics.
22. Journal of Physical Society of Japan.
23. Journal of Physics G: Nuclear Physics.
24. Nuclear Instruments and Methods.
25. Nuovo Cimento.

Данная статья содержит краткий обзор работ, вошедших в бюллетень "Фотоядерные данные" за 1981 год. Работы разделены на следующие группы:

- I. Область дипольного гигантского резонанса и более высоких энергий возбуждения ядра
  1. Рассеяние фотонов.
  2. Полные сечения поглощения фотонов.
  3. Реакции ( $\gamma, p$ ), ( $e, p$ ), ( $\gamma, n$ ), ( $e, n$ ).
  4. Рассеяние электронов и квазиупругое выбивание протонов.
  5. Реакции радиационного захвата.
- II. Энергии возбуждения ядра ниже дипольного гигантского резонанса
  1. Рассеяние фотонов.
  2. Рассеяние электронов.
  3. Реакции радиационного захвата.
- III. Малонуклонные системы
- IV. Фото- и электроделение ядер
- V. Обзоры
- VI. Работы прикладного характера

I. Область дипольного гигантского резонанса и более высоких энергий возбуждения ядра

I. Рассеяние фотонов. Рассеяние фотонов в области дипольного гигантского резонанса (ДГР) и при более высоких энергиях изучалось в работах /II, 76, 47, 9/. В работе /II/ описана методика исследования упругого рассеяния фотонов в области энергий 8-100 МэВ с помощью квазимонохроматических фотонов. В работе /76/ приведены результаты исследования с помощью этой методики упругого рассеяния фотонов на ядре  $^{208}\text{Pb}$ . На основании измерений углового распределения рассеянных фотонов и использования дисперсионных соотношений определен вклад М1 и изовекторного Е2 резонансов, исследовано поведение фотонного формфактора ядра в области больших энергий фотонов.

Упругое и неупругое рассеяние фотонов на ядрах  $^{52}\text{Cr}$ ,  $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{60}\text{Ni}$ ,  $^{92}\text{Mo}$ ,  $^{96}\text{Mo}$  изучалось в работе /47/ с помощью методики "меченых" фотонов на ускорителе со 100% -ым рабочим циклом в области энергий 14 - 22 МэВ.

This is a brief review of papers included in the bulletin "Photonuclear Data - 1981". The papers reviewed are divided into the following groups:

- I. Region of the giant dipole resonance and the higher nuclear excitation energies.
  1. Photon scattering.
  2. Total photon absorption cross sections.
  3. Reactions ( $\gamma, p$ ), ( $e, p$ ), ( $\gamma, n$ ), ( $e, n$ ).
  4. Electron scattering and quasi-elastic proton knock-out.
  5. Radiative capture reactions.
- II. Nuclear excitation energies below the giant dipole resonance
  1. Photon scattering.
  2. Electron scattering.
  3. Radiative capture reactions.
- III. Few-nucleon systems
- IV. Photo- and electrofission of nuclei
- V. Reviews
- VI. Papers dealing with applications

I. Region of the Giant Dipole Resonance and the Higher Nuclear Excitation Energies

I. Photon scattering. Photon scattering in the energy region of the giant dipole resonance and above was investigated in refs /II, 76, 47, 9/. A method for studying the elastic photon scattering between 8 and 100 MeV using quasimonochromatic photon is described in ref. /II/. Ref. /76/ presents the results of studying the elastic photon scattering by  $^{208}\text{Pb}$  with the above method /II/. On the basis of the measurements of the scattered photon angular distributions and the use of the dispersion relations, the contribution of the M1 and isovector E2 resonances has been determined and the behaviour of the photon form factor of the nucleus in the region of high photon energies investigated.

The elastic and inelastic photon scattering by  $^{52}\text{Cr}$ ,  $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{60}\text{Ni}$ ,  $^{92}\text{Mo}$ ,  $^{96}\text{Mo}$  was studied in ref. /47/ using the "tagged" photon technique on an accelerator with a 100% operation cycle in the energy region



Полученные результаты лишь качественно согласуются с предсказаниями динамической коллективной модели и свидетельствуют о наличии изоспинового расщепления ДГР.

Реакция  ${}^7\text{Li}(\gamma, \gamma')$  исследовалась в работе /9/ на пучке тормозного излучения. В спектре рассеянных фотонов зарегистрирована  $\gamma$ -линия с энергией 8.5 МэВ, которая интерпретируется как следствие образования кластера  ${}^3\text{H}$  перед его вылетом из ядра.

### 2. Полные сечения поглощения фотонов.

Полные сечения поглощения фотонов изучались в работах /67, 64/. В работе /67/ измерения в области энергий 7-20 МэВ выполнены на пучке тормозного излучения с помощью кристалла  $\text{NaJ(Tl)}$ . Исследовались деформированные ядра с  $A = 154 + 186$  и ядро  ${}^{197}\text{Au}$ . Установлено нарушение корреляции между шириной гигантского резонанса и параметром деформации. Это нарушение, возможно, свидетельствует о наличии подоболочки с  $N \approx 108$ .

В работе /64/ полные сечения поглощения измерены на ядрах  $\text{Sn}$ ,  $\text{Ce}$ ,  $\text{Ta}$ ,  $\text{Pt}$ ,  $\text{U}$  в области энергий 25 - 140 МэВ. Сечения получены суммированием фотонейтронных сечений различной множественности, измеренных с помощью квазимонохроматических фотонов. Проведено сравнение с предсказаниями квазидейтронной модели.

### 3. Реакции $(\gamma, p)$ , $(e, p)$ , $(\gamma, n)$ , $(e, n)$ .

Изучение фотопротонной реакции с реальными и виртуальными фотонами посвящены работы /25, 27, 31, 32, 62, 80, 51/. Работа /25/ принята с целью демонстрации возможностей, открывающихся при использовании поляризованного  $\gamma$ -излучения в связи с появлением в ближайшем будущем интенсивных пучков поляризованных фотонов. Измерены спектры протонов из реакции  ${}^{16}\text{O}(\gamma, p)$ . Поляризованные фотоны получены смещением оси коллиматора на угол  $1.4^\circ$  относительно оси пучка тормозного излучения. Измерения анализирующей способности реакции подтвердили наличие  $I^+$  резонанса при энергии возбуждения 16.2 МэВ, обнаруженного ранее в  $(p, \gamma)$  и  $(e, e')$  экспериментах, и позволили определить конфигурации волновых функций этого резонанса.

Парциальные сечения фотопротонной реакции, соответствующие образованию конечных ядер в различных состояниях, изучались в работах /27, 31, 32, 62/ с помощью спектров фотопро-

from 14 to 22 MeV. The obtained results agree only qualitatively with the dynamic collective model predictions and testify to the DGR isospin splitting.

The reaction  ${}^7\text{Li}(\gamma, \gamma')$  was studied /9/ using the bremsstrahlung beam. In the scattered photon spectrum a 8.5-MeV  $\gamma$ -line has been recorded, which is interpreted as being due to formation of the  ${}^3\text{H}$  cluster before its ejection from the nucleus.

### 2. Total photon absorption cross sections.

These were studied in refs. /67, 64/. In the former, the measurements in the energy region between 7 and 20 MeV were made on the bremsstrahlung beam using a  $\text{NaJ(Tl)}$  crystal. The deformed nuclei with  $A = 154 - 186$  and the  ${}^{197}\text{Au}$  nucleus were investigated. The break of correlation between the giant resonance width and the deformation parameter has been found, testifying possibly to the existence of the subshell with  $N = 108$ .

In the latter /64/, the total absorption cross sections have been measured on  $\text{Sn}$ ,  $\text{Ce}$ ,  $\text{Ta}$ ,  $\text{Pt}$ ,  $\text{U}$  in the energy region from 25 to 140 MeV. The cross sections have been obtained by summing the photon-neutron cross sections of various multiplicities, measured using quasimonochromatic photons. Comparison has been made with quasideuteron model predictions.

### 3. Reactions $(\gamma, p)$ , $(e, p)$ , $(\gamma, n)$ , $(e, n)$ .

The photoproton reactions with real and virtual photons was studied in refs. /25, 27, 31, 32, 62, 80, 51/. The first of them aimed at demonstrating the possibilities offered by the use of polarized  $\gamma$ -radiation in connection with the coming advent of intense polarized-photon beams. The proton spectra from the  ${}^{16}\text{O}(\gamma, p)$  reactions have been measured. The polarized photons were produced by displacing the collimator axis by an angle of  $1.4^\circ$  relative to the bremsstrahlung beam direction. The measurements of the analyzing power of the reaction have confirmed the presence of the  $I^+$  resonance at an excitation energy of 16.2 MeV, which had been found previously in  $(p, \gamma)$  and  $(e, e')$  experiments. These measurements have enabled the configurations of the wave functions for the above resonance to be determined.

The partial cross sections for the photoproton reaction, which correspond to formation of the final nuclei in various states, were studied in refs. /27, 31, 32, 62/ using

тонов, измеренных при большом числе верхних границ тормозного спектра. В работах /27, 31/ парциальные сечения для состояний конечных ядер вплоть до энергии 12-13 МэВ восстановлены из спектров методом наименьших квадратов для ядер  $^{23}\text{Na}$  и  $^{27}\text{Al}$ . В работе /32/ парциальные сечения для ядра  $^{27}\text{Al}$  для переходов на состояния с энергией до 5 МэВ получены путем последовательного вычитания вклада переходов на нижележащие состояния. Результаты работ /31, 32/ согласуются в пределах точности методов. В работе /62/ парциальные сечения для ядра  $^{89}\text{Y}$  извлечены из спектров с помощью метода разностных фотонных спектров. Анализ свойств состояний конечных ядер, заселяемых в реакциях, проведенный в этих работах, позволил оценить вклад различных конфигураций в ДГР, роль полупрямых процессов в распаде ДГР. Обсуждаются также изоспиновые эффекты.

Распад изобараналоговых резонансов ядра  $^{209}\text{Bi}$  исследовался в работе /80/ с помощью  $(e,p)$  и  $(\gamma,p)$  реакций. Результаты изучения распадных свойств ИАР  $i_{II/2}$  в обеих реакциях совпадают с результатами, полученными в реакции  $(p,p')$ . Распадные свойства резонанса, расположенного в области ИАР  $\epsilon_{9/2}$  (аналог основного состояния ядра  $^{209}\text{Pb}$ , который возбуждается в сильно подавленном переходе с переворотом спина), существенно отличаются от таковых, полученных в  $(p,p')$  реакциях. Отмечается, что аналогичная ситуация имеет место для ядра  $^{139}\text{La}$ . Причины наблюдающегося расхождения неясны.

В работе /51/ измерены сечения реакций  $(e,p)$  и  $(e,\infty)$  на ядрах  $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{59}\text{Co}$ ,  $^{64}\text{Ni}$  в области энергий электронов 16-100 МэВ. Совместное использование данных, полученных с помощью реальных и виртуальных фотонов, позволило определить сечения  $(\gamma,p)$  и  $(\gamma,\infty)$  реакций для E1 и E2 (изоскалярных) переходов. Производится сравнение с правилами сумм и с результатами адронных экспериментов.

Выходы  $^{52}\text{Cr}(\gamma,p)^{51}\text{V}^{\pi}$  и  $^{52}\text{Cr}(\gamma,n)^{51}\text{Cr}^{\pi}$  реакций измерены на тормозном пучке в работе /45/ путем регистрации  $\gamma$ -квантов, снимающих возбуждение с уровней конечных ядер. Из кривых выхода методом обратной матрицы восстановлены парциальные сечения. Авторы обсуждают смешивание различных конфигураций и роль

the photoproton spectra measured for many end-point bremsstrahlung energies. In refs. /27, 31/, the partial cross sections for the states of final nuclei up to energies of 12-13 MeV are reproduced from the spectra by the least-squares technique for  $^{23}\text{Na}$  and  $^{27}\text{Al}$ . In ref. /32/, the partial cross sections for  $^{27}\text{Al}$  for transitions to states with energies up to 5 MeV have been obtained by the successive subtraction of the contribution from transitions to the lower-lying states. The results obtained in refs. /31 and 32/ agree to within the accuracy of the methods used. In ref. /62/, the partial cross sections for  $^{89}\text{Y}$  have been extracted from the spectra using the method of difference photon spectra. The analysis of the properties of the final-nucleus states occupied in reactions, which has been made in those papers, has made it possible to estimate the contribution of the various DGR configurations and appreciate the role of semidirect processes in DGR decay. The isospin effects are also discussed.

The decay of the isobar-analog resonances of  $^{209}\text{Bi}$  was investigated /80/ using the reactions  $(e,p)$  and  $(\gamma,p)$ . The results of studying the decay properties of the  $i_{II/2}$  IAR in both the reactions coincide with those obtained in the  $(p,p')$  reaction. The decay properties of the resonance in the IAR  $\epsilon_{9/2}$  region (the analog of the ground-state  $^{209}\text{Pb}$  excited in a strongly suppressed spin-flip transition) are significantly different from those obtained in  $(p,p')$  reactions. It is noted that a similar situation is observed for  $^{139}\text{La}$ . The reason for the discrepancy is yet obscure.

The cross sections for the reactions  $(e,p)$  and  $(e,\infty)$  on  $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{59}\text{Co}$ ,  $^{64}\text{Ni}$  have been measured /51/ in the electron energy region from 16 to 100 MeV. The combined use of the data obtained using the real and virtual photons has allowed the cross sections for the  $(\gamma,p)$  and  $(\gamma,\infty)$  reactions for the E1 and E2 (isoscalar) transitions to be determined. A comparison is made with the sum rules and the results of hadron experiments.

The yields of the reactions  $^{52}\text{Cr}(\gamma,p)^{51}\text{V}^{\pi}$  and  $^{52}\text{Cr}(\gamma,n)^{51}\text{Cr}^{\pi}$  were measured /45/ on the bremsstrahlung beam by recording  $\gamma$ -quanta that remove excitation from final-nucleus levels. Using the inverse-matrix technique, the partial cross sections have been restored from the yield curves. The authors dis-

Сечения фотонейтронной реакции получены в работах /26, 35, 40, 41/ от порогов реакций до энергии 29 МэВ на ядрах  $^{20}\text{Ne}$ ,  $^{29}\text{Si}$ ,  $^{42}\text{Ca}$ ,  $^{44}\text{Ca}$ , соответственно. Измерения кривых выхода выполнены с помощью тормозного излучения бетатрона. Сечения рассчитаны методом Пенфолда-Лейсса с переменным шагом. Сечение для ядра  $^{20}\text{Ne}$  согласуется с данными других работ, для остальных ядер сечения получены впервые. Обсуждается роль деформации ядер, конфигурационного изоспинового расщепления ДГР в формировании структуры сечений.

В работе /75/ измерено угловое распределение нейтронов ( $\gamma, n_0$ ) из реакции в ядрах  $^{207,208}\text{Pb}$ . Использовались монохроматические  $\gamma$ -кванты с энергиями от 7.0 до 11.4 МэВ из ( $n, \gamma$ ) реакции. Наблюдаемая в угловом распределении сильная асимметрия относительно  $90^\circ$  обусловлена интерференцией E1 резонанса с изоскалярным E2 резонансом.

В работе /72, 42/ исследовались реакции ( $\gamma, n$ ) и ( $e, n$ ), приводящие к изомерным состояниям конечных ядер. На основании анализа данных, полученных с помощью реальных и виртуальных фотонов, показано, что заселение высокоспиновых конечных состояний обусловлено не возбуждением состояний с большим угловым моментом в исходных ядрах, а происходит вследствие испускания большого числа каскадных  $\gamma$ -квантов.

Квазидейтронный механизм фоторасщепления ядер  $^{12}\text{C}$  и  $^{16}\text{O}$  изучался в работах /19, 15/ с помощью ( $\gamma, p$ ) и ( $\gamma, n$ ) реакций.

**4. Рассеяние электронов и квазиупругое выбивание протонов.** Неупругое рассеяние электронов на ядрах  $^{24}\text{Mg}$  и  $^{42,44}\text{Ca}$  в области энергий возбуждения до 35 МэВ изучалось в работах /28, 39/. Произведено выделение E1, E2, E3 ( $^{24}\text{Mg}$ ) переходов и суммы переходов более высоких мультипольностей. Зависимость фактора от переданного импульса описывалась моделью Гольдхабера-Теллера (E1) и моделью Тасси (E2 и выше). Данные о E1 переходах согласуются с данными ( $\gamma, n$ ) и ( $\gamma, p$ ) реакций. Авторы обсуждают роль деформации и изоспинового расщепления

и discuss the mixing of the various configurations and the role of the collective states in the  $^{52}\text{Cr}$  DGR.

The photoneutron reaction cross sections have been obtained /26, 35, 40, 41/ from reaction thresholds to an energy of 29 MeV on  $^{20}\text{Ne}$ ,  $^{29}\text{Si}$ ,  $^{42}\text{Ca}$ ,  $^{44}\text{Ca}$ , respectively. The yield curves were measured using the beta-tron bremsstrahlung. The cross sections have been calculated by the Penfold-Leise method with variable step. The cross section for  $^{20}\text{Ne}$  is consistent with the data of other studies; for the remaining nuclei, the cross sections have been obtained for the first time. The role of nuclear deformation, the configurational and isospin splitting of DGR in the formation of cross-sectional structure is discussed.

In ref. /75/, the angular distribution of neutrons from the ( $\gamma, n_0$ ) reaction on  $^{207,208}\text{Pb}$  has been measured using monochromatic  $\gamma$ -quanta with energies from 7.0 to 11.4 MeV from the ( $n, \gamma$ ) reaction. The high asymmetry relative to  $90^\circ$  observed in the angular distribution is due to the interference of the E1 resonance with the isoscalar E2 resonance.

The reactions ( $\gamma, n$ ) and ( $e, n$ ) leading to the isomer states of the final nuclei were investigated in refs. /72, 42/. An analysis of the data obtained using the real and virtual photons reveals that the occupation of high-spin final states is due to the emission of a large number of cascade  $\gamma$ -quanta, rather than to the excitation of high angular momentum states in the initial nuclei.

The quasi-deuteron mechanism of photodisintegration of  $^{12}\text{C}$  and  $^{16}\text{O}$  was studied /19, 15/ using the reactions ( $\gamma, p$ ) and ( $\gamma, n$ ).

**4. Electron scattering and quasi-elastic proton knock-out.** The inelastic electron scattering by  $^{24}\text{Mg}$  and  $^{42,44}\text{Ca}$  in the excitation energy region to 35 MeV was studied in /28, 39/. The E1, E2, E3 ( $^{24}\text{Mg}$ ) transitions and the sum of the higher-multipolarity transitions have been separated. The momentum transfer dependence of the form factor was described by the Goldhaber-Teller model (E1) and the Tassì model (E2 and higher). The E1 transition data agree with the data obtained in the reactions ( $\gamma, n$ ) and ( $\gamma, p$ ). The authors discuss the role of deformation and isospin

( $^{42,44}\text{Ca}$ ).

Квазиупругое выбивание протонов из ядер  $^{12}\text{C}$  и  $^{16}\text{O}$  в реакции  $(e, e'p)$  исследовано в работе /18/. Представлены результаты изучения распределения p-дырочных состояний. В работе /12/ измерено угловое распределение реакции  $^{12}\text{C}(e, e'p)^{12}\text{C}$  при энергии электронов 200 МэВ. Результаты сравниваются с данными других работ.

5. Реакции радиационного захвата. Радиационный захват  $\alpha$ -частиц ядрами дейтерия изучался в работе /8/ посредством регистрации ионов  $^6\text{Li}^{+++}$ . Результаты измерений могут быть описаны с помощью модели прямого захвата.

В работе /10/ изучался радиационный захват протонов ядрами  $^7\text{Li}$ . Измерялся выход реакции, приводящей к заселению состояний с энергией 16.63 и 16.92 МэВ ядра  $^8\text{Be}$ . Модель прямого захвата хорошо описывает экспериментальные данные.

Дифференциальное сечение реакции  $^{11}\text{B}(d, \gamma_0)^{13}\text{C}$  под углом  $90^\circ$  измерено для энергий дейтронов от 1.95 МэВ до 12.0 МэВ в работе /20/. Обнаружены резонансы при 20.4 и 22.0 МэВ.

Радиационный захват  $\alpha$ -частиц ядром  $^{12}\text{C}$  изучался в работе /24/. Измерялся выход  $\gamma$ -квантов, заселяющих уровень ядра  $^{16}\text{O}$  с энергией возбуждения 14.8 МэВ и возникающих при распаде состояний ядра  $^{16}\text{O}$  в области энергий от 32 до 39 МэВ. Структура функции возбуждения свидетельствует о резонансном механизме захвата.

В работе /79/ изучалась асимметрия вылета вперед-назад фотонов из реакции радиационного захвата нейтронов с энергией до 20 МэВ ядром  $^{208}\text{Pb}$ . Обнаружено резкое возрастание асимметрии в области энергий возбуждения 23 МэВ, подтверждающее наличие изовекторного E2 резонанса.

## II. Энергии возбуждения ядра ниже дипольного гигантского резонанса

I. Рассеяние фотонов. В работах /56, 70/ изучалось рейлевское рассеяние  $\gamma$ -квантов с энергией от 300 до 1400 кэВ атомами Pb, Sn, Co, Mo, Cu. Обнаружено, что существующие теории формфакторов атома не описывают дифференциальное сечение при больших переданных импульсах.

splitting for ( $^{42,44}\text{Ca}$ ).

The quasi-elastic proton knockout from  $^{12}\text{C}$  and  $^{16}\text{O}$  in the reaction  $(e, e'p)$  was studied in ref. /18/. The results of the study of the p-hole state distribution are presented. In ref. /12/, the angular distribution for the  $^{12}\text{C}(e, e'p)^{12}\text{C}$  reaction at an electron energy of 200 MeV has been measured and compared to the data of other studies.

5. Radiative capture reactions. The radiative capture of  $\alpha$ -particles by the nuclei of deuterium was studied /8/ by recording  $^6\text{Li}^{+++}$  ions. The results of the measurement can be described by the direct capture model.

The radiative capture of protons by  $^7\text{Li}$  was studied in ref. /10/. The yield of the reaction leading to the occupation of the 16.63- and 16.92-MeV states of  $^8\text{Be}$  has been measured. The experimental data obtained are well described by the direct capture model.

The differential cross section for the  $^{11}\text{B}(d, \gamma_0)^{13}\text{C}$  reaction at an angle of  $90^\circ$  has been measured /20/ for deuteron energies between 1.95 MeV and 12.0 MeV. Resonances at 20.4 and 22.0 MeV have been found.

The radiative capture of  $\alpha$ -particles by  $^{12}\text{C}$  was studied in ref. /24/. The yield of the  $\gamma$ -quanta that occupy the 14.8 MeV level of  $^{16}\text{O}$  and that arise in the decay of levels of  $^{16}\text{O}$  in the energy region between 32 and 39 MeV was measured. The excitation-function structure suggests the resonance capture mechanism.

In ref. /79/, the asymmetry of the forward-backward emission of photons from the reaction of radiative capture of neutrons with energies to 20 MeV by  $^{208}\text{Pb}$  was investigated. It has been found that the asymmetry abruptly increases in the excitation energy region at 23 MeV, which confirms the presence of the isovector E2 resonance.

## II. Nuclear Excitation Energies below the Giant Dipole Resonance

I. Photon scattering. The Rayleigh scattering of  $\gamma$ -quanta with energies between 300 and 1400 keV by Pb, Sn, Co, Mo, Cu was studied in refs. /56, 70/. It has been found that the existing theories of atomic form factors fail to describe the differential cross section at high momentum transfer.

Дельбрюкское рассеяние  $\gamma$ -квантов с энергией 2754 кэВ изучалось в работе /58/. Исследования проводились на элементах Mo, Sn, Ce. Показано, что дельбрюкская теория в низшем порядке способна описать экспериментальные данные с точностью 5%.

Ядерная резонансная флуоресценция изучалась в работах /87, 59, 43, 78/ с помощью источников монохроматических фотонов (радиоактивные источники,  $(n, \gamma)$ ,  $(p, \gamma)$  реакции) и в работах /46, 53, 23, 34/ с помощью тормозного излучения.

В работе /87/ обнаружен уровень с энергией 3254 кэВ в  $^{238}\text{U}$ , определены его  $J^\pi = 1^-$ , схема распада и время жизни  $\tau = 0.33 \pm 0.12$  ps.

Упругое рассеяние монохроматических  $\gamma$ -квантов с энергиями от 2 до 8 МэВ наблюдалось в работе /59/ на ядрах с  $A$  от 64 до 238. Получена энергетическая зависимость сечений когерентного рассеяния  $\gamma$ -квантов. Установлено, что рассеяние гигантским резонансом лучшим образом описывается при его экстраполяции лоренцевой кривой. Изучено фотовозбуждение 23 уровней, определены их радиационные ширины.

В работе /43/ проведено исследование рассеяния  $\gamma$ -квантов на уровне с энергией 8884 кэВ ядра  $^{49}\text{Ti}$ . Изучено угловое распределение и поляризация рассеянной радиации, спектры и угловые распределения фотонейтронов. Определены  $J^\pi = 7/2^+$ ,  $\Gamma_0 = 0.3$  эВ,  $\Gamma = 0.25$  эВ,  $\Gamma_\gamma = 2.54$  эВ.

Работа /78/ предпринята с целью изучения MI резонанса на ядре  $^{208}\text{Pb}$ . Изучалось рассеяние поляризованных  $\gamma$ -квантов с энергией 7.1 МэВ и 4.8 МэВ из реакции  $^{34}\text{S}(p, \gamma)^{35}\text{Cl}$ . Установлено, что уровни 7.06 и 7.08 МэВ имеют  $J^\pi = 1^-$ , в то время как ранее в ряде работ предполагалось, что уровень 7.08 МэВ имеет  $J^\pi = 1^+$ . Уровень 4.84 МэВ может иметь  $J^\pi = 1^+$ .

Изучению MI резонанса посвящена и работа /46/. Поляризованное тормозное излучение от линейного ускорителя рассеивалось на ядре  $^{52}\text{Cr}$ . Обнаружено, что ряд состояний, которым ранее приписывалась положительная четность, возбуждаются за счет EI переходов. Уровни с  $J^\pi = 1^+$  расположены при энергиях 7524, 9141, 9214 кэВ. Их суммарная приведенная вероятность перехода  $B(M1) = 2.5 \pm 0.7 \mu\text{N}^2$ , что существенно ниже теоретических предсказаний.

The Delbruck scattering of the 2754-keV  $\gamma$ -quanta was studied in ref. /58/ using Zn, Mo, Sn and Ce. It has been shown that the Delbruck theory in the lowest order is capable of describing the experimental data to within 5%.

Nuclear resonance fluorescence was studied /87, 59, 43, 78/ using sources of monochromatic photons (active sources,  $(n, \gamma)$  and  $(p, \gamma)$  reactions) and /46, 53, 23, 34/ using the bremsstrahlung.

In ref. /87/, the (3254-keV) level in  $^{238}\text{U}$  has been found, its  $J^\pi = 1^-$ , decay scheme, and lifetime  $\tau = 0.33 \pm 0.12$  ps determined.

The elastic scattering of monochromatic  $\gamma$ -quanta with energies between 2 and 8 MeV was observed /59/ on nuclei with  $A$  from 64 to 238. The energy dependence of the cross sections for the coherent scattering of  $\gamma$ -quanta has been obtained. It has been found that the scattering by the giant resonance is best described when extrapolated by a Lorentzian curve. The photoexcitation of 23 levels has been investigated their radiative widths determined.

The scattering of  $\gamma$ -quanta at the (8884 keV) level of  $^{49}\text{Ti}$  was studied in ref. /43/. The angular distribution and the polarization of scattered radiation, the photon-neutron spectra and angular distributions have been investigated. It has been found that  $J^\pi = 7/2^+$ ,  $\Gamma_0 = 0.3$  eV,  $\Gamma = 0.25$  eV,  $\Gamma_\gamma = 2.54$  eV.

A study /78/ was undertaken to investigate the MI resonance on  $^{208}\text{Pb}$ . The scattering of polarized  $\gamma$ -quanta with the energies 7.1 MeV and 4.8 MeV from the  $^{34}\text{S}(p, \gamma)^{35}\text{Cl}$  was studied. It has been found that the levels 7.06 and 7.08 MeV have  $J^\pi = 1^-$ , although it was earlier assumed in several works that the (7.08 MeV) level has  $J^\pi = 1^+$ . The (4.84 MeV) level may have  $J^\pi = 1^+$ .

The MI resonance was studied also in ref. /46/. The polarized bremsstrahlung from a linear accelerator was scattered by  $^{52}\text{Cr}$ . It has been found that a number of states, to which the positive parity was previously ascribed, are excited due to EI transitions. The ( $J^\pi = 1^+$ ) levels lie at the energies 7524, 9141, 9214 keV. Their total reduced transition probability is  $B(M1) = 2.5 \pm 0.7 \mu\text{N}^2$ , which is considerably lower than the predicted value.

Энергии и радиационные ширины уровней измерены при резонансном рассеянии тормозных  $\gamma$ -квантов для ядер  $^{58}\text{Ni}$  и  $^{15}\text{N}$  в работах /53/ и /23/, соответственно. Проведено сравнение с имеющимися теоретическими расчетами.

Упругое рассеяние фотонов на ядрах  $^{28}\text{Si}$  и  $^{52}\text{Cr}$  в допороговой области изучалось посредством измерения спектров при большом числе верхних границ тормозного излучения в работе /34/. Спектры фотонов регистрировались кристаллом  $\text{NaJ(Tl)}$ . Получены энергетические зависимости радиационных силовых функций.

2. Рассеяние электронов. Неупругое рассеяние электронов в области энергий возбуждения ниже ДПР изучалось в работах /65, 37, 77, 50, 55, 74/.

В работе /65/ проверялось существование М1 резонанса в районе энергии возбуждения 9 МэВ ядра  $^{140}\text{Ce}$ . Сравнение экспериментальных сечений рассеяния с микроскопическими расчетами в рамках DWBA однозначно указывает, что состояния, расположенные в этой области энергий, имеют  $J^\pi = 2^-$ , а не  $1^+$ , как полагалось ранее.

В работе /37/ изучалось неупругое рассеяние электронов на ядрах  $^{39}\text{K}$  и  $^{41}\text{K}$  с возбуждением низших уровней за счет E2/M1 переходов. Получены оценки приведенной вероятности запрещенных по  $\ell$  М1 переходов.

Неупругое рассеяние электронов на ядре  $^{208}\text{Pb}$  в области энергий 8-12 МэВ исследовалось в работе /77/. Данные о положении и силе E1 переходов (10% EWSR) согласуются с данными по рассеянию фотонов и  $(\gamma, n)$  реакции, но противоречат данным адронных экспериментов. E2 переходы концентрируются при энергиях 8,9, 10,2, 10,6 и 11,2 МэВ и исчерпывают 29% EWSR, что не согласуется с данными адронных экспериментов (10,9 МэВ, 60% + 100% EWSR).

Магнитные переходы высокой мультипольности (M8) исследовались для ядер  $^{54}\text{Fe}$  /50/ и  $^{60}\text{Ni}$  /55/. Определение  $J^\pi$  состояний основано на сравнении экспериментального фактора с расчетом в рамках DWBA с волновыми функциями гармонического осциллятора. Проведена идентификация изоспина наблюдающихся состояний и систематизация изоспинового расщепления возбуждаемых в магнитных переходах

The energies and radiative widths of the levels were measured in the resonance scattering of bremsstrahlung  $\gamma$ -quanta for  $^{58}\text{Ni}$  and  $^{15}\text{N}$  in refs. /53/ and /23/, respectively. A comparison is made with the calculated values available.

The elastic scattering of photons by  $^{28}\text{Si}$  and  $^{52}\text{Cr}$  in the below-threshold region was studied /34/ by measuring the spectra at a large number of end-point bremsstrahlung energies. The photon spectra were recorded by a  $\text{NaJ(Tl)}$  crystal. The energy dependences of the radiation force functions have been obtained.

2. Electron scattering. The inelastic scattering of electrons in the excitation energy region below the DGR was studied in refs. /65, 37, 77, 50, 55, 74/.

In ref. /65/, the existence of the M1 resonance in the excitation energy region of 9 MeV for  $^{140}\text{Ce}$  was checked. A comparison of the experimental scattering cross sections with the results of DWBA microscopic calculations unambiguously suggests that the states that lie in the above energy region have  $J^\pi = 2^-$ , rather than  $1^+$ , as supposed earlier.

In ref. /37/, the inelastic electron scattering by  $^{39}\text{K}$  and  $^{41}\text{K}$  leading to excitation of the lowest levels due to the E2/M1 transitions was studied. The reduced probability for the l-forbidden M1 transitions has been estimated.

The inelastic electron scattering by  $^{208}\text{Pb}$  in the energy region between 8 and 12 MeV was studied in ref. /77/. The data on the position and strength of the E1 transitions (10% EWSR) agree with those on photon scattering and those obtained in the  $(\gamma, n)$  reaction, but are at variance with the data of hadron experiments. The E2 transitions are concentrated at the energies 8,9, 10,2, 10,6 and 11,2 MeV and exhaust 29% EWSR, which disagrees with the data of hadron experiments (10,9 MeV, 60% - 100% EWSR).

High-multipolarity (M8) magnetic transitions were investigated for  $^{54}\text{Fe}$  /50/ and  $^{60}\text{Ni}$  /55/. The determination of  $J^\pi$  of states is based on the comparison of the experimental form factor with a DWBA calculation using the harmonic oscillator wave functions. The identification of the isospin of the observed states and the systematization of the isospin splitting of high angular momentum

состояний с высоким угловым моментом /55/. Величина изоспинового расщепления хорошо описывается выражением  $\Delta E = V_I / A(T_0 + I)$  с  $V_I \approx 106$  МэВ. Близость величины  $V_I$  к одночастичной оценке объясняется слабой коллективизацией исследуемых состояний.

Состояния высокой мультипольности (E10) изучались также в работе /74/ при неупругом рассеянии электронов на ядрах  $^{206}\text{Pb}$  и  $^{207}\text{Pb}$ . Исследовалась область энергий возбуждения ядер 4-5 МэВ.

В работе /17/ проводится анализ MI форм-фактора, полученного при рассеянии электронов на ядрах  $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$  при больших переданных импульсах. Показано, что эффект поляризации кора позволяет объяснить экспериментальные данные.

3. Реакции радиационного захвата. Спектры  $\gamma$ -квантов, возникающие при захвате тепловых нейтронов, изучались в работах /36/ (ядро  $^{35}\text{Cl}$ ), /163/ ( $^{103}\text{Rh}$ ), /69/ ( $^{180}\text{Ta}$ ), /66/ (изотопы селена). В результате обработки спектров  $\gamma$ -квантов восстановлены схемы низлежащих уровней конечных ядер реакции. Уточнено положение известных уровней, ряд уровней обнаружен впервые.

Угловое распределение  $\gamma$ -квантов, возникающих при радиационном захвате протонов, изучалось в работах /52, 29/.

Сечения захвата резонансных нейтронов исследовались с помощью времяпролетной методики в работах /57/ (ядро  $^{64}\text{Zn}$ ), /60/ (изотопы селена), /66/ (изотопы самария), /71/ (изотопы осмия), /68/ ( $^{154}\text{Gd}$ ), /33/ ( $A = 27 + 195$ ). В этих работах определены средние расстояния между уровнями, средние радиационные ширины, средние сечения, радиационные и нейтронные силовые функции вблизи энергии связи нейтрона. В работе /57/ нейтронные силовые функции определены для p и d волн. Нестатистические эффекты в резонансном захвате нейтронов изотопом  $^{74}\text{Se}$  обнаружены в работе /60/. В работе /66/ подтверждена обнаруженная ранее энергетическая зависимость силовой функции s-волны при захвате нейтронов изотопом  $^{149}\text{Sm}$ . Средние сечения ( $n, \gamma$ ) реакции в области энергии нейтронов 30 кэВ на изотопах  $^{186,187}\text{Os}$ , определенные в работе /71/, важны для оценки возраста Вселенной методом ядерного датирования. Корреляции нейтронных и радиационных ширин изучались в работе /88/.

states excited in magnetic transitions have been carried out in ref. /55/. The isospin splitting value is well approximated by the expression  $\Delta E = V_I / A(T_0 + I)$  with  $V_I \approx 106$  MeV. The closeness of  $V_I$  to the single-particle estimate is explained by the weak collectivization of the states under study.

High-multipolarity (E10) states were studied also in ref. /74/ in the inelastic electron scattering by  $^{206}\text{Pb}$  and  $^{207}\text{Pb}$ . The nuclear excitation energy region between 4 and 5 MeV was studied.

In ref. /17/, the MI form factor obtained in electron scattering by  $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$  at high momentum transfer was analyzed. It has been shown that the core polarization effect enables the experimental data to be explained.

3. Radiative capture reactions. The  $\gamma$ -quanta spectra arising in the capture of thermal neutrons were studied in refs. /36/ ( $^{35}\text{Cl}$ ), /163/ ( $^{103}\text{Rh}$ ), /69/ ( $^{180}\text{Ta}$ ), /66/ (Se isotopes). As the result of processing the  $\gamma$ -quanta spectra, the schemes for the low-lying levels of the final nuclei of the reactions have been restored. More exact positions have been found for the known levels, a number of levels have been identified for the first time.

The angular distribution of  $\gamma$ -quanta arising in the radiative capture of protons was studied in refs. /52, 29/.

The resonance neutron capture cross sections were studied using the time-of-flight method in refs. /57/ ( $^{64}\text{Zn}$ ), /60/ (Se isotopes), /66/ (Sm isotopes), /71/ (Os isotopes), /68/ ( $^{154}\text{Gd}$ ), /33/ ( $A = 27 - 195$ ). In these studies, the average distances between levels, average radiative widths, average cross sections, radiative and neutron force functions near the neutron binding energy have been determined. The neutron force functions have been found /57/ for the p- and d-waves. The nonstatistical effects in the resonance neutron capture by the  $^{74}\text{Se}$  isotope have been found /60/. In ref. /66/, the previously observed energy dependence of the force function for the s-wave in the neutron capture by the  $^{149}\text{Sm}$  isotope has been confirmed. The average cross sections /71/ for the ( $n, \gamma$ ) reaction in the neutron energy region of 30 keV on  $^{186,187}\text{Os}$  are important for evaluating the age of the universe by nuclear dating. The correlation

В работе /33/ проанализирован обширный материал по радиационным силовым функциям. Оценены средние значения приведенных вероятностей EI и MI переходов в широком диапазоне ядер:  $B(MI) \approx 0.04 \text{ w.u./MeV}$ ,  $B(EI) \approx 1.4 \text{ w.u./MeV}$ .

Исследованиям сечений реакций радиационного захвата протонов с энергией  $\approx 1 + 4 \text{ MeV}$  посвящены работы /44/ (изотопы титана), /48/ ( $^{52}\text{Cr}$ ,  $^{54}\text{Fe}$ ), /49/ ( $^{53}\text{Cr}$ ). В этих работах изучались также парциальные каналы неупругого рассеяния протонов и (p,n) реакция. Сравнение с расчетами по статистической модели позволяет уточнить параметры модели. Результаты работ важны для расчета скорости термоядерных реакций в звездах.

Сечения захвата быстрых нейтронов (0.5 + 1.3 MeV) изотопами Se, Pd, Cd, Os изучены в работе /61/. Измерения позволяют уточнить параметры статистической модели.

Детальное исследование резонанса с энергией 9172 кэВ ядра  $^{14}\text{N}$  выполнено в работе /22/ с помощью радиационного захвата протонов. Уточнена ширина резонанса  $\Gamma = 135 \pm 8 \text{ эВ}$ , что вдвое превышает принятое в литературе значение.

В работе /30/ с помощью радиационного захвата протонов ядрами  $^{26}\text{Mg}$  и  $^{27}\text{Al}$  наблюдался энергетический сдвиг резонансов, обусловленный ионизацией K-оболочки. Измерены абсолютные вероятности K-ионизации в том же атоме, в котором происходит захват протона.

### III. Малонуклонные системы

Фотонейтронные сечения для ядер  $^3\text{H}$  и  $^3\text{He}$  измерены в области энергий от порогов до 25 MeV с помощью квазимонохроматических фотонов в работе /4/. Производится сравнение с данными других работ и с теоретическим расчетом.

Сечение ( $\gamma, n$ ) реакции на ядре  $^4\text{He}$  получено с помощью соотношения детального баланса из измеренного сечения  $^3\text{He}(n, \gamma)$  в работе /7/. Результаты измерений, выполненных в области энергий возбуждения 23–33 MeV, согласуются с результатами измерений ( $\gamma, n$ ) реакции на квазимонохроматическом пучке.

Измерения асимметрии вылета нейтронов, образующихся в ( $\gamma, n$ ) реакции на дейтерии, выполнены для энергий 10–70 MeV в работе /3/.

between the neutron and radiative widths was studied in ref. /88/. An extensive material on radiative force functions was examined in ref. /33/. The average reduced probabilities of the EI and MI transitions have been estimated over a wide range of nuclei to be:  $B(EI) \approx 0.04 \text{ w.u./MeV}$ ,  $B(MI) \approx 1.4 \text{ w.u./MeV}$ .

The cross sections for the reactions of radiative capture of 1–4-MeV protons were examined in refs. /44/ (Ti isotopes), /48/ ( $^{52}\text{Cr}$ ,  $^{54}\text{Fe}$ ), /49/ ( $^{53}\text{Cr}$ ). The partial channels of inelastic proton scattering and the (p,n) reaction were studied, too. A comparison with the results of statistical-model calculations makes it possible to refine the model parameters. The results of these studies are important for calculating the rates of fusion reactions in the stars.

The cross sections for capture of fast (0.5–1.3 MeV) neutrons by the isotopes of Se, Pd, Cd, Os were investigated in ref. /61/. The measurements enable one to refine the statistical-model parameters.

A detailed study of the 9172-keV resonance in  $^{14}\text{N}$  was made /22/ using radiative proton capture. The more exact resonance width  $\Gamma = 135 \pm 8 \text{ eV}$  has been found, which is twice the value adopted in the literature.

The radiative proton capture by  $^{26}\text{Mg}$  and  $^{27}\text{Al}$  was used /30/ to observe the resonance energy shift due to the K-shell ionization. The absolute values of the probability of K-shell ionization in the same atom in which the proton capture occurs have been measured.

### III. Few-Nucleon Systems

The photoneutron cross sections for  $^3\text{H}$  and  $^3\text{He}$  have been measured /4/ in the energy region from threshold to 25 MeV using quasi-monochromatic photons. A comparison is made with the data of other studies and with a calculation.

The cross section for the ( $\gamma, n$ ) reaction on  $^4\text{He}$  has been obtained /7/ using the detailed balance relation from the measured  $^3\text{He}(n, \gamma)$  cross section. The results of the measurements made in the excitation energy region between 23 and 33 MeV agree with those for the ( $\gamma, n$ ) reaction measured using the quasi-monochromatic beam.

The asymmetry of the emission of the neutrons formed in the ( $\gamma, n$ ) reaction on deuterium was measured /3/ in the energy region from 10 to 70 MeV.



Поляризованное монохроматическое излучение получено с помощью комptonовского рассеяния лазерного излучения на высокоэнергичных электронах.

В работе /5/ измерено сечение  $(\gamma, d)$  и  $(e, d)$  реакций на ядре  ${}^3\text{H}$  в области энергий 15-36 МэВ. Оценена роль E2 переходов.

Исследования реакций  $(e, e'p)$  в области энергий налетающих электронов 500-800 МэВ посвящены работы /1/ ( ${}^2\text{H}$ ), /6/ ( ${}^3\text{He}$ ). Проводится детальный теоретический анализ полученных результатов.

#### IV. Фото- и электроделение ядер

Электроделение ядер  ${}^{234}\text{U}$  и  ${}^{238}\text{U}$  в области изоскалярного E2 резонанса исследовано в работах /88, 84/. Сравнение данных, полученных с помощью реальных и виртуальных фотонов в работе /84/, позволило определить положение (9.5 МэВ) и силу E2 резонанса (87% EWSR) в канале деления ядра  ${}^{234}\text{U}$ . В работе /88/ анализировались данные по делению  ${}^{238}\text{U}$  электронами и позитронами. В противоположность результатам, полученным для этого ядра при исследовании деления реальными и виртуальными фотонами, вклада E2 резонанса в канал деления не обнаружено.

В работе /82/ измерено угловое распределение продуктов деления ядра  ${}^{232}\text{Th}$  в области энергий 5.4 + 6.4 МэВ. При энергии ниже 6 МэВ обнаружено уменьшение анизотропии, в изотропной компоненте выхода проявляется изомерный шельф.

Обсуждению экспериментальных данных по изомерному шельфу в сечениях фотоделения ядер  ${}^{232}\text{Th}$  и  ${}^{238}\text{U}$  посвящена работа /81/. Рассматриваются причины расхождения между данными различных авторов и теоретическое описание изомерного шельфа.

В работе /92/ измерены времена жизни и отношение выходов двух делящихся изомеров  ${}^{241}\text{Pu}$  в реакции  ${}^{242}\text{Pu}(\gamma, n)$ . Предпринята попытка идентификации спинов двух изомеров.

В работах /85, 91/ выполнено исследование энергетических корреляций для реакций фотоделения ядер  ${}^{235}\text{U}$  и  ${}^{240}\text{Pu}$  тормозным  $\gamma$ -излучением. Исследуется поведение полной кинетической энергии фрагментов, как функции

from 10 to 70 MeV. The polarized monochromatic radiation was obtained using the Compton scattering of lesser emission of high-energy electrons.

The cross sections for the  $(\gamma, d)$  and  $(e, d)$  reactions on  ${}^3\text{H}$  was measured /5/ in the energy region from 15 to 36 MeV. The role of the E2 transition has been evaluated.

The  $(e, e'p)$  reaction were investigated /1/ ( ${}^2\text{H}$ ), /6/ ( ${}^3\text{He}$ ) in the incident electron energy region between 500 and 800 MeV. A detailed theoretical analysis is made of the results obtained.

#### IV. Photo- and Electrofission of Nuclei

The electrofission of  ${}^{234}\text{U}$  and  ${}^{238}\text{U}$  in the region of the isoscalar E2 resonance was studied in refs. /88, 84/. A comparison of the data obtained using the real and virtual photons /84/ has made it possible to determine the position (9.5 MeV) and the strength of the E2 resonance (87% EWSR) in the fission channel of  ${}^{234}\text{U}$ . The data on the fission of  ${}^{238}\text{U}$  by electrons and positrons have been analyzed in ref. /88/. In contrast to the results obtained for this nucleus in studying its fission by real and virtual photons, no contribution from the E2 resonance to the fission channel has been found.

The angular distribution of  ${}^{232}\text{Th}$  fission products has been measured /82/ in the energy region from 5.4 to 6.4 MeV. A decrease of anisotropy below 6 MeV has been found, the isomer shelf appearing in the isotropic component.

The experimental data on the isomer shelf in the cross sections for the photo-fission of  ${}^{232}\text{Th}$  and  ${}^{238}\text{U}$  are discussed in ref. /81/. The reasons for the discrepancy between the data of various authors and the theoretical description of the shelf are considered.

In ref. /92/, the lifetimes and the yield ratio of two fissioned isomers of  ${}^{241}\text{Pu}$  in the  ${}^{242}\text{Pu}(\gamma, n)$  reaction have been measured. An attempt is made to identify the spins of the two isomers.

The energy correlations for the reactions of photofission of  ${}^{235}\text{U}$  and  ${}^{240}\text{Pu}$  by the bremsstrahlung  $\gamma$ -radiation were studied in refs. /85, 91/. The behaviour of the total kinetic energy of the fragments as a func-

массы фрагментов и энергии возбуждения композитов - ядра.

Распределение осколков деления ядра по массам и зарядам изучено в работе /90/. Сечения электроделения ядер  $^{232}\text{Th}$  и  $^{233}\text{U}$   $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{237}\text{Np}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  измерены в области энергий электронов 100-275 МэВ. Проведено сравнение данных по фото- и электроделению.

Угловое распределение осколков деления  $^{238}\text{U}$  фотонами, возникающими при взаимодействии электронов с энергией 1220 МэВ с монокристаллическим и аморфным кремнием, изучалось в работе /89/. Анизотропия, зарегистрированная в эксперименте с монокристаллом, подтверждает факт увеличения выхода фотонов в области 7-12 МэВ при прохождении электронов через монокристалл.

#### У. Обзоры

В бюллетень включено несколько работ обзорного характера. Обсуждению новых возможностей в исследовании гигантских резонансов, появившихся благодаря введению в строй ускорителей со 100%-ым рабочим циклом, посвящены работы /14, 16/. В этих работах приводятся новые данные, полученные в совпадательных экспериментах: парциальные сечения  $^{12}\text{C}(e, e'p_0)$  и  $^{12}\text{C}(e, e'p_T)$  реакций с возбуждением состояний ДГР при различных переданных импульсах, сечения реакций  $^{24}\text{Mg}(e, e'f)$ ,  $^{238}\text{U}(e, e'f)$ , спектры электронов из реакции  $^{12}\text{C}(e, e'\gamma)$ .

В работах /13, 38, 54/ обсуждаются свойства гигантских мультипольных резонансов. В работе /13/ дан обзор исследований каналов распада гигантских резонансов. В работе /38/ рассмотрены спиновые возбуждения в ядрах: М1 резонанс и резонанс Гамова - Теллера. В работе /54/ приведены результаты адронных экспериментов по возбуждению гигантских мультипольных резонансов.

#### VI. Работы прикладного характера

Работы /2, 21, 73/ имеют прикладной характер. В работе /2/ измерены спектры фотонейтронов источников нейтронов, основанных на реакциях  $^9\text{Be}(\gamma, n)^8\text{Be}$  и  $\text{D}(\gamma, n)^1\text{H}$ , с помощью  $^3\text{He}$  ионизационной камеры.

В работе /21/ реакция  $^{12}\text{C}(p, \gamma)^{13}\text{N}$  вблизи резонанса с энергией 457 кэВ использовалась для одновременного исследования углерод-

tion of the fragment mass and of the compound nucleus excitation energy is investigated.

The distribution of the nuclear fission fragments in mass and charge has been investigated in ref. /90/. The cross sections for the electrofission of  $^{232}\text{Th}$  and  $^{233}\text{U}$   $^{235}\text{U}$ ,  $^{236}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{237}\text{Np}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  have been measured in the electron energy region between 100 and 275 MeV. A comparison of the photo- and electrofission data has been made.

The angular distribution of the fission fragments of  $^{238}\text{U}$  by photons arising in the interaction of 1.220-MeV electrons with monocrySTALLINE and amorphous silicon was studied in ref. /89/. The anisotropy recorded in the single-crystal experiment confirms the increased yield of photons between 7 and 12 MeV in the passage of the electrons through the single crystal.

#### V. Reviews

The bulletin includes several reviews. New possibilities in studying giant resonances, which appeared owing to the advent of accelerators with the 100% operation cycle, are discussed in refs. /14, 16/. These present the fresh data obtained in coincidence experiments, viz., the partial cross sections for the  $^{12}\text{C}(e, e'p_0)$  and  $^{12}\text{C}(e, e'p_T)$  reactions leading to excitation of DGR states at various momentum transfer, the  $^{24}\text{Mg}(e, e'f)$  and  $^{238}\text{U}(e, e'f)$  cross sections, the electron spectra from the  $^{12}\text{C}(e, e'\gamma)$  reaction.

The properties of the giant multipole resonances are discussed in refs. /13, 38, 54/. The studies of the decay channels of giant resonances are reviewed in /13/. The spin excitations in nuclei: the M1 resonance and Gamov-Teller resonance are considered in ref. /38/. The results of the hadron experiments to excite giant multipole resonances are presented in ref. /54/.

#### VI. Papers Dealing with Applications

Refs. /2, 21, 73/ are of the applied character. The photoneutron spectra of neutron source based on the reactions  $^9\text{Be}(\gamma, n)^8\text{Be}$  and  $\text{D}(\gamma, n)^1\text{H}$  were measured /2/ using a  $^3\text{He}$  ionization chamber.

The  $^{12}\text{C}(p, \gamma)^{13}\text{N}$  reaction near the 457-keV resonance was used /21/ to study carbon films on the surface and in the depth of solids

ных пленок на поверхности и в глубине твердых тел.

Величина сечения реакции  $^{197}\text{Au}(n, 2n)^{196}\text{g}^{\text{m}}\text{Au}$  при энергии 14.68 МэВ, используемая в качестве дозиметрического стандарта, измерена в работе /73/. Получена также величина сечения реакции  $^{197}\text{Au}(n, \gamma)^{198}\text{Au}$ .

simultaneously.

The value of the cross section for the  $^{197}\text{Au}(n, 2n)^{196}\text{g}^{\text{m}}\text{Au}$  reaction at an energy of 14.68 MeV, which is used as the dosimetric standard, has been measured in ref. /73/. The value of the cross section for the  $^{197}\text{Au}(n, \gamma)^{198}\text{Au}$  reaction has also been obtained.

## ПОЯСНЕНИЯ К ТАБЛИЦЕ

## EXPLANATION OF TABLE

В таблицу "ФОТОНУКЛЕЯРНЫЕ 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 порогом.

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 " $\gamma$ ";

Table "PHOTONUCLEAR DATA" contains information about the electromagnetic excitations in atomic nuclei with the exception of the results of studied 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 MeV ) 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 частичного канала основной реакции, даются соответствующие указания;
- "No." - порядковый номер соответствующей работы в списке аннотаций статей.
- 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 number of the work in the list of the abstracts.

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 "-".

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'p)	$E_e = 500$	MWPC, scintillator	$\theta_e = 44.4$ $\theta_p = 74.4$	cross section; coincidence cross section; momentum distribution of the deuterons	1
$^2\text{H}$	( $\gamma$ ,n)	2.754	ionization chamber	-	spectra of the neutrons	2
$^2\text{H}$	( $\vec{\gamma}$ ,n)	10 - 70	scintillator	90	spectrum of the neutrons; neutron asymmetry	3
$^3\text{H}$	( $\gamma$ ,n); ( $\gamma$ ,2n)	$\leq 25$	NaJ	$4\bar{n}$	yields; cross sections; total cross sections; integrated cross sections	4
$^3\text{H}$	( $\gamma$ ,d)	15 - 36	positive-ion spectro- meter	55 - 125	total cross section for two-body disintegration; angular asymmetry	5
$^3\text{He}$	(e,e'p)	$E_e = 643 - 806$	magnetic spectrometer	40 - 80	spectra and angular distributions of the protons and electrons; cross sections	6
$^4\text{He}$	(n, $\gamma$ )	25.1 - 33.3	NaJ	30 - 150	angular distributions of the photons; differential cross section; cross section for the ( $\gamma$ ,n) reaction; ( $\gamma$ ,p)- to - ( $\gamma$ ,n) cross section ratio	7

continuation

1	2	3	4	5	6	7
${}^6\text{Li}$	( $\alpha, \gamma$ )	$E_\alpha = 1.00 - 3.01$	magnetic spectrometer	0 - 180	cross section	8
${}^7\text{Li}$	( $\gamma, \gamma'$ )	$\leq 31$	Ge(Li)	135	spectrum of the photons; integrated cross sections for the reaction to the various states	9
${}^8\text{Be}$	(p, $\gamma$ )	3 - 28	NaJ	90	spectrum of the photons; differential cross section	10
${}^9\text{Be}$	( $\gamma, n$ )	2.754	ionization chamber	-	spectra of the neutrons	2
${}^{12}\text{C}$	( $\gamma, \gamma$ )	$\leq 25$	NaJ(Tl)	60 - 150	spectrum and angular distribution of the photons	11
${}^{12}\text{C}$	(e, e'p)	$E_e = 200$	magnetic spectrometer	45 - 143	spectrum and angular distribution of the protons	12
${}^{12}\text{C}$	(e, e'); (e, e'p)	$E_e = 86$	-	40 40 (I20)	spectra of the electrons (review of the previously published data)	13
${}^{12}\text{C}$	(e, e'); (e, e'p); (e, e' $\gamma$ );	$E_e = 86$ $E_e = 86$ $E_e = 90$	- - -	40 $\theta_p = 0 - 270$	singles and coincidences spectra; cross sections for photo- and electroexcitation; angular correlations; coincident $\gamma$ -e spectrum (review of the previously published data)	14

continuation

1	2	3	4	5	6	7
$^{12}\text{C}$	$(\gamma, n);$ $(\gamma, p)$	-	-	10 - 150	angular distribution for $(\gamma, p_0)$ - to - $(\gamma, n_0)$ reactions cross section ratio (review of the previously published data)	15
$^{12}\text{C}$	$(e, e'\gamma)$	-	-	-	singles and coincidences spectra of the electrons (review of the previously published data)	16
$^{12}\text{C}$	$(e, e')$	-	-	-	MI form factors ( $I^+$ , $T=I$ , $I5.I$ ) (review of the previously published data)	17
$^{12}\text{C}$	$(e, e'p)$	$E_e = 500$	magnetic spectrometer	-	momentum distributions of the proton $p_{3/2}$ hole state	18
$^{12}\text{C}$	$(\gamma, pa)$	-	diffusion cloud chamber in magnetic field	10 - 180	quasi-deuteron momentum distribution	19
$^{13}\text{C}$	$(d, \gamma)$	20 - 30	NaJ(Tl)	90	spectrum of the photons; differential cross section for the $(d, \gamma_0)$ reaction	20
$^{13}\text{N}$	$(p, \gamma)$	$E_p = 0.457$	Ge(Li)	90	spectra of the photons; cross section	21
$^{14}\text{N}$	$(p, \gamma);$ $(\gamma, \gamma)$	$E_p = 1.75$ $E = 9.17$	NaJ(Tl)	0 - 90	spectra of the photons; azimuthal asymmetry; spin, parity, and widths of the 9.17 MeV level	22



1	2	3	4	5	6	7
$^{15}\text{N}$	$(\gamma, \gamma')$	$\leq 11.4$	Ge(Li)	-	spectrum of the photons; energies and widths of the levels	23
$^{16}\text{O}$	$(\vec{\gamma}, \gamma)$	$E_p = 8 - 16$	-	0 - 180	angular distributions of the photons and total cross section (review of the previously pub- lished data)	13
$^{16}\text{O}$	$(\gamma, p)$	20 - 25	-	-	cross section for the $(\gamma, p_0)$ reaction; configurational splitting of the giant dipole resonance (review of the previously published data)	14
$^{16}\text{O}$	$(\gamma, n);$ $(\gamma, p)$	25 - 150	-	60 - 160	differential cross sections for the $(\gamma, n_0)$ and $(\gamma, p_0)$ reactions; angular distribution for the ratio of the cross sections for the reactions $(\gamma, n_0)$ and $(\gamma, n_{3/2^-})$ (review of the previously published data)	15
$^{16}\text{O}$	$(e, e'p)$	$E_e = 500$	magnetic spectrometer	-	momentum distributions of the proton $p_{3/2}$ and $p_{1/2}$ hole states	18
$^{16}\text{O}$	$(\alpha, \gamma)$	32 - 39	NaJ(Tl)	120	spectra of the photons; differential cross section for the reaction to the various states	24
$^{16}\text{O}$	$(\vec{\gamma}, p)$	15 - 25	EAE	90	spectra of the protons; analyzing power	25

continuation

1	2	3	4	5	6	7
$^{20}\text{Ne}$	( $\gamma, n$ )	$\leq 29$	$\text{BF}_3$	-	cross section; integrated cross sections; differential form factor	26
$^{23}\text{Na}$	( $\gamma, p$ )	$\leq 30$	EΔE	90	spectra of the protons; cross sections for the reaction to the various final states	27
$^{24}\text{Mg}$	( $\alpha, \gamma$ ); ( $e, \alpha^{20}\text{Ne}$ )	15.3 - 23.7 $E_e = 24.4$	- -	130	differential cross section for the ( $\alpha, \gamma_0$ ) reaction; double differential cross section for the $^{24}\text{Mg}(e, \alpha^{20}\text{Ne})e'$ reaction (review of the previously published data)	14
$^{24}\text{Mg}$	( $e, e'$ )	$E_e = 102 - 200$	magnetic spectrometer	30 - 85	spectra of the electrons; form factors; reduced transition probabilities; dipole and quadrupole strengths; sum rules exhaustion	28
$^{26}\text{Al}$	( $p, \gamma$ )	$E_p = 1.716$	Ge(Li)	15 - 90	angular distribution of the photons; transition probabilities; spin of resonance; mixing ratios	29
$^{27}\text{Al}$	( $p, \gamma$ )	$E_p = 1.288$	NaI(Tl)	60	yield; K-shell ionization probabilities	30

1	2	3	4	5	6	7
$^{27}\text{Al}$	( $\gamma$ ,p)	17.0 - 29.7	E $\Delta$ E	90	spectra of the protons; partial cross sections for reaction to various final states; cross section for Id-2s and Ip shells; integrated cross sections	31
$^{27}\text{Al}$	( $\gamma$ ,p)	14.8 - 27.6	magnetic spectrometer	90	spectra of the protons; differential cross sections for reaction to various final states; integrated cross sections	32
$^{28}\text{Al}$	(n, $\gamma$ )	$E_n \sim I$	-	-	photon strength functions for electric and magnetic dipole radiation; comprehensive survey of absolute partial widths for 50 nuclides	33
$^{28}\text{Si}$	(p, $\gamma$ )	$E_p = 0.992$	NaJ(Tl)	60	yield; K-shell ionization probabilities	30
$^{28}\text{Si}$	( $\gamma$ , $\gamma'$ )	6.4 - 16.7	NaJ(Tl)	90	cross section; integrated cross sections for the reaction to the various states	34
$^{29}\text{Si}$	( $\gamma$ ,Xn)	8 - 28	Halpern-type detector	4 $\pi$	cross sections for the reactions ( $\gamma$ ,Xn), ( $\gamma$ ,n); isospin components	35

1	2	3	4	5	6	7
$^{36}\text{Cl}$	(n, $\gamma$ )	$E_n \sim 1$	-	-	photon strength functions for electric and magnetic dipole radiation; comprehensive survey of absolute partial widths for 50 nuclei	33
$^{36}\text{Cl}$	(n, $\gamma$ )	1.6 - 10.8	pair spectrometer	-	spectra of the photons; energies and intensities of the transitions	36
$^{39}\text{K}$ $^{41}\text{K}$	(e,e')	$E_0 = 40 - 66$	-	93 - 165	spectra and angular distribution of the electrons; cross sections; transition probabilities	37
$^{40}\text{Ca}$ $^{42}\text{Ca}$	(e,e')	$E_0 = 39$	-	165	excitation spectra (review of the previously published data)	38
$^{42}\text{Ca}$	(e,e')	$E_0 = 150 - 250$	magnetic spectrometer	35 - 55	differential and integrated form factors; reduced transition probabilities	39
$^{42}\text{Ca}$	( $\gamma$ ,n)	$\leq 28$	Halpern-type detector	4 $\pi$	yield curve; cross section; isospin components	40
$^{44}\text{Ca}$	(e,e')	$E_0 = 39$	-	165	excitation spectra (review of the previously published data)	38

1	2	3	4	5	6	7
$^{44}\text{Ca}$	(e,e')	$E_0 = 124 - 250$	magnetic spectrometer	35 - 50	differential and integrated form factors; reduced transition probabilities	39
$^{44}\text{Ca}$	( $\gamma$ ,n)	II - 26	Halpern-type detector	4 $\bar{v}$	cross section for the reaction ( $\gamma$ ,n $_g$ ) = ( $\gamma$ ,n) + + ( $\gamma$ ,2n) + ( $\gamma$ ,np); isospin components	4I
$^{48}\text{Ca}$	(e,e')	$E_0 = 39$	-	I65	excitation spectra (review of the previously published data)	38
$^{44\text{m}}\text{Sc}$	( $\gamma$ ,n); (e,e'n)	$E_0 = 165 - 260$	activity	Ge(Li)	photo- and electro-disintegration cross section ratio	42
$^{49}\text{Tl}$ Tl	( $\gamma$ , $\gamma'$ ) ( $\gamma$ ,n)	8.886	NaJ; $^3\text{He}$ -spectrometer	90 - 150	spectrum and angular distributions of the photons; energies and intensities of the transitions; spectrum and angular distributions of the neutrons; energies, spins, parities, widths of the levels	43
$^{47}\text{Y}$ $^{48}\text{Y}$ $^{49}\text{Y}$	(p, $\gamma$ )	$E_p = 0.72 - 3.00$ $E_p = 0.74 - 3.50$ $E_p = 0.72 - 4.40$	Ge(Li)	55	cross sections; interaction rates; stellar interaction rates	44
$^{52}\text{Cr}$	( $\gamma$ , $\gamma'$ )	6.4 - 16.7	NaJ(Tl)	90	cross section; strength function; integrated cross sections for the reaction to the various states	34

1	2	3	4	5	6	7
$^{52}\text{Cr}$	$(\gamma, X\gamma')$	$\leq 32$	Ge(Li)	135	differential cross sections for reactions to the various states; integrated cross sections	45
$^{52}\text{Cr}$	$(\vec{\gamma}, \gamma)$	$\leq 20$	Ge(Li)	90	spectra of the photons; asymmetries for different ground-state transitions; reduced transition probabilities; parities of the transitions	46
$^{52}\text{Cr}$	$(\gamma, \gamma);$ $(\vec{\gamma}, \gamma')$	14 - 22	NaJ	90	spectrum of the photons; cross sections	47
$^{53}\text{Mn}$	$(p, \gamma)$	$E_p = 0.84 - 4.00$	Ge(Li)	55	yield; cross section; thermonuclear reaction rates	48
$^{54}\text{Mn}$	$(p, \gamma)$	$E_p = 0.88 - 2.40$	Ge(Li)	55	cross section	49
$^{54}\text{Fe}$	$(e, e')$	$\leq 36$	magnetic spectrometer	140 - 180	spectrum of the electrons; form factors; transition strengths	50
$^{56}\text{Fe}$	$(e, p);$ $(e, \alpha)$	$E_0 = 16 - 100$	magnetic spectrometer	34 - 132	spectra and angular distributions of the protons and $\alpha$ -particles; cross sections; integrated cross sections; E1 and E2 components	51

1	2	3	4	5	6	7
$^{57}\text{Fe}$	( $\alpha, \gamma$ )	$E_{\alpha} \sim 1$	-	-	photon strength functions for electric and magnetic dipole radiation; comprehensive survey of absolute partial widths for 50 nuclei	33
Fe	( $\gamma, \gamma$ ); ( $\gamma, \gamma'$ )	I4 - 22	NaJ	90	spectrum of the photons; cross sections; isospin components	47
$^{55}\text{Co}$	(p, $\gamma$ )	$E_p = 1.05 - 3.69$	Ge(Li)	55	yield; cross section; thermonuclear reaction rates	48
$^{57}\text{Co}$	(p, $\gamma$ )	$E_p = 2 - 4$	Ge(Li)	0 - 150	angular distributions of the photons; statistical tensor	52
$^{59}\text{Co}$	(e, p) (e, $\alpha$ )	$E_e = 16 - 100$	magnetic spectrometer	34 - 132	spectra and angular distributions of the protons and $\alpha$ -particles; cross sections; integrated cross sections; E1 and E2 components	51
$^{58}\text{Ni}$	( $\gamma, \gamma$ )	$\leq 10$	Ge(Li)	90, 125	spectrum and angular distribution of the photons; cross section; transition probabilities; spins, parities, widths and lifetimes of the levels	53

1	2	3	4	5	6	7
$^{60}\text{Ni}$	$(\gamma, \gamma);$ $(\bar{\gamma}, \gamma')$	I4 - 22	NaJ	I20	spectrum of the photons; cross sections; isospin components	47
$^{60}\text{Ni}$	$(e, e')$	$E_e = \text{I02}$	-	75 - I05	spectra of the electrons; form factors (review of the previously published data)	54
$^{60}\text{Ni}$	$(e, e')$	0 - I8	magnetic spectrometer	I40 - I80	spectrum of the electrons; energies, spins and parities of the states; transition probabilities; isospin splitting	55
$^{63}\text{Cu}$	$(p, \gamma)$	$E_p = 2 - 4$	Ge(Li)	0 - I50	angular distributions of the photons;	52
Cu	$(\gamma, \gamma)$	0.468	Ge(Li)	5 - 40	angular distribution of the photons; differential cross section	56
$^{64}\text{Zn}$	$(e, p);$ $(e, \infty)$	$E_e = \text{I6} - \text{I00}$	magnetic spectrometer	34 - I32	spectra and angular distributions of the protons and $\alpha$ -particles; cross sections; integrated cross sections; E1 and E2 components	51
$^{65}\text{Zn}$	$(n, \gamma)$	$E_n = 0.0025 -$ $- 0.9$	total energy detector	-	spectra of the photons; cross sections; resonance parameters; strength functions	57



1	2	3	4	5	6	7
Zn	( $\gamma, \gamma$ )	2.754	Ge(Li)	60 - 120	differential cross sections; scattering amplitudes	58
Zn	( $\gamma, \gamma$ )	6.418, 6.759	Ge(Li)	90	differential cross sections	59
<sup>67</sup> Ga <sup>69</sup> Ga	(p, $\gamma$ )	$E_p = 2 - 4$	Ge(Li)	0 - 150	angular distributions of the photons	52
<sup>75</sup> Se <sup>77</sup> Se <sup>78</sup> Se <sup>79</sup> Se	(n, $\gamma$ )	$E_n = 0.0271 - 0.2715$ $E_n = 0.377 - 0.862$ $E_n = 0.112 - 0.864$ $E_n = 0.383$	Ge(Li)	-	spectra of the photons; intensities of the transitions; spins and parities of the resonances; Q-values	60
<sup>79</sup> Se <sup>81</sup> Se	(n, $\gamma$ )	$E_n = 0.5 - 1.3$	activity	-	cross sections	61
<sup>81</sup> Se	(n, $\gamma$ )	$E_n = 1.970$	Ge(Li)	-	spectra of the photons; intensities of the transitions; spins and parities of the resonances; Q-value	60
<sup>83</sup> Se	(n, $\gamma$ )	$E_n = 0.5 - 1.3$	activity	-	cross section	61
<sup>89</sup> Y	( $\gamma, p$ )	14 - 24	Si(Li)	90	spectrum of the protons; cross sections for reaction to various final states; integrated cross sections	62

1	2	3	4	5	6	7
$^{90}\text{Zr}$	( $\gamma, p$ ); ( $e, p$ )	13.5 - 25.0 $E_0 = 30$	-	- 115	differential cross section for the ( $\gamma, p_0$ ) reaction; double differential cross section for the ( $e, p$ ) reaction (review of the previously published data)	14
$^{92}\text{Mo}$	( $\gamma, \gamma$ ); ( $\gamma, \gamma'$ )	16 - 22 14 - 22	-	90	differential cross sections (review of the previously published data)	13
$^{92}\text{Mo}$ $^{96}\text{Mo}$	( $\gamma, \gamma$ ) ( $\gamma, \gamma'$ )	14 - 22	NaJ	90	spectra of the photons; cross sections isospin components	47
$^{96}\text{Mo}$	( $\gamma, \gamma$ ) ( $\gamma, \gamma'$ )	16 - 22 14 - 22	-	90	differential cross sections (review of the previously published data)	13
Mo	( $\gamma, \gamma$ )	0.468	Ge(Li)	5 - 40	angular distribution of the photons; differential cross section	56
Mo	( $\gamma, \gamma$ )	2.754	Ge(Li)	60 - 120	differential cross sections; scattering amplitudes	58
Mo	( $\gamma, \gamma$ )	6.418 - 7.168	Ge(Li)	90	differential cross sections; energies, spins, parities, widths of the levels for the 94-, 100-isotopes	59

continuation

I	2	3	4	5	6	7
$^{104}\text{Rh}$	(n, $\gamma$ )	3.7 - 7.0	pair spectrometer	-	spectra of the photons; energies and intensities of the transitions; nuclear temperature	63
$^{106}\text{Pd}$	(n, $\gamma$ )	$E_n \sim I$	-	-	photon strength functions for electric and magnetic dipole radiation; comprehensive survey of absolute partial widths for 50 nuclides	33
$^{109}\text{Pd}$ $^{111}\text{Pd}$	(n, $\gamma$ )	$E_n = 0.5 - 1.3$	activity	-	cross sections	61
Ag	( $\gamma$ , $\gamma$ )	0.468	Ge(Li)	5 - 40	angular distribution of the photons; differential cross section	56
$^{115}\text{Cd}$ $^{117}\text{Cd}$	(n, $\gamma$ )	$E_n = 0.5 - 1.3$	activity	-	cross sections	61
Cd	( $\gamma$ , $\gamma$ )	0.468	Ge(Li)	5 - 40	angular distribution of the photons; differential cross section	56
Cd	( $\gamma$ , $\gamma$ )	2.599 - 3.273	Ge(Li)	90	differential cross sections	59
Sn	( $\gamma$ , $\gamma$ )	0.468	Ge(Li)	5 - 40	angular distribution of the photons; differential cross section	56

continuation

1	2	3	4	5	6	7
Sn	( $\gamma, \gamma$ )	2.754	Ge(Li)	60 - I20	diferential cross sections; scattering amplitudes	58
Sn	( $\gamma, \gamma$ )	2.599 - 6.759	Ge(Li)	90	differential cross sections	59
Sn	( $\gamma, \text{tot}$ )	25 - I40	liquid scintillator	4 $\pi$	total photoabsorption cross section for neutron multiplicities $X = I - I2$ ; integrated cross sections	64
Sb	( $\gamma, \gamma$ )	2.599 - 3.452	Ge(Li)	90	differential cross sections; energies, spins, parities, widths of the levels for the I2I-isotope	59
$^{126}\text{Te}$	(n, $\gamma$ )	$E_n \sim I$	-	-	photon strength functions for electric and magnetic dipole radiation; comprehensive survey of absolute partial widths for 50 nuclei	33
$^{127}\text{I}$	( $\gamma, \gamma$ )	2.599 - 3.273	Ge(Li)	90	differential cross sections	59
$^{128}\text{I}$	(n, $\gamma$ )	$E_n \sim I$	-	-	photon strength functions for electric and magnetic dipole radiation; comprehensive survey of absolute partial widths for 50 nuclides	33
$^{140}\text{Ge}$	(e, e')	6 - II	magnetic spectrometer	93 - I65	spectra and angular distribution of the electrons; form factors; MI strength distribution	65

1	2	3	4	5	6	7
Ce	( $\gamma, \gamma$ )	2.754	Ge(Li)	60 - 120	differential cross sections; scattering amplitudes	58
Ce	( $\gamma, \gamma$ )	2.599 - 6.759	Ge(Li)	90	differential cross sections energies, spins, parities, widths of the levels	59
Ce	( $\gamma, \text{tot}$ )	25 - 140	liquid scintillator	4 $\pi$	total photoabsorption cross section for neutron multiplicities $X = 1 - 12$ ; integrated cross sections	64
$^{144}\text{Pr}$	( $\gamma, n$ )	14.5 - 18.0	-	-	spectrum of the neutrons (review of the previously published data)	13
$^{144}\text{Nd}$	( $n, \gamma$ )	$E_n \sim 1$	-	-	photon strength functions for electric and magnetic dipole radiation; comprehensive survey of absolute partial widths for 50 nuclides	33
Nd	( $\gamma, \gamma$ )	2.599 - 3.254	Ge(Li)	90 , 120	differential cross sections; energies, spins, parities, widths of the levels	59
$^{148}\text{Sm}$ $^{150}\text{Sm}$	( $n, \gamma$ )	$E_n = 0.0015 -$ $- 0.3$	scintillator	-	cross sections; resonance parameters	66

I	2	3	4	5	6	7
$^{154}\text{Sm}$	( $\gamma$ , tot)	7 - 20	absorption	-	total photoabsorption cross section; integrated cross sections and moments; quadrupole moment; deformation parameter	67
$^{155}\text{Gd}$	(n, $\gamma$ )	0.09 - 6.44	Ge(Li)	-	spectra of the photons; intensities of the transitions; energies, spins and parities of the levels	68
$^{156}\text{Gd}$	( $\gamma$ , tot)	7 - 20	absorption	-	total photoabsorption cross section; integrated cross sections and moments; quadrupole moment; deformation parameter	67
$^{165}\text{Ho}$	( $\gamma$ , $\gamma$ )	2.599 - 6.759	Ge(Li)	90	differential cross sections; energies, spins, parities, widths of the levels	59
$^{165}\text{Ho}$	( $\gamma$ , tot)	7 - 20	absorption	-	total photoabsorption cross section; integrated cross sections and moments; quadrupole moment; deformation parameter	67
$^{166}\text{Er}$ $^{168}\text{Er}$	( $\gamma$ , $\gamma$ ); ( $\gamma$ , $\gamma'$ )	14.5 - 16.5	-	90, 109	inelastic-to-elastic photon scattering cross sections ratio (review of the previously published data)	13

continuation

1	2	3	4	5	6	7
$^{168}_{\text{Er}}$ $^{174}_{\text{Yb}}$	( $\gamma$ , tot)	7 - 20	absorption	-	total photoabsorption cross sections; integrated cross sections and moments; quadrupole moments; deformation parameters	67
$^{176}_{\text{Lu}}$	(n, $\gamma$ )	$E_n \sim I$	-	-	photon strength functions for electric and magnetic dipole radiation; comprehensive survey of absolute partial widths for 50 nuclei	33
$^{178}_{\text{Hf}}$ $^{180}_{\text{Hf}}$	( $\gamma$ , tot)	7 - 20	absorption	-	total photoabsorption cross section; integrated cross sections and moments; quadrupole moments; deformation parameters	67
$^{181}_{\text{Ta}}$	( $\gamma$ , $\gamma$ )	2.599 - 6.759	Ge(Li)	90, 120	differential cross sections; energies, spins, parities, widths of the levels	59
$^{181}_{\text{Ta}}$	( $\gamma$ , tot)	7 - 20	absorption	-	total photoabsorption cross section; integrated cross sections and moments; quadrupole moment; deformation parameter	67

1	2	3	4	5	6	7
$^{181}\text{Ta}$	$(\gamma, n)$	7.724 - 7.915	$^3\text{He}$ -detector	0	spectra of the neutrons; spins and parities of the levels	69
$^{182}\text{Ta}$	$(n, \gamma)$	$E_n \sim I$	-	-	photon strength functions for electric and magnetic dipole radiation; comprehensive survey of absolute partial widths for 50 nuclei	33
$\text{Ta}$	$(\gamma, \text{tot})$	25 - 140	liquid scintillator	$4\pi$	total photoabsorption cross sections for neutron multiplicities $X = 1 - 12$ ; integrated cross sections	64
$^{182}\text{W}$	$(\gamma, \text{tot})$	7 - 20	absorption	-	total photoabsorption cross section; integrated cross sections and moments; quadrupole moments; deformation parameters	67
$^{183}\text{W}$ $^{184}\text{W}$	$(n, \gamma)$	$E_n \sim I$	-	-	photon strength functions for electric and magnetic dipole radiation; comprehensive survey of absolute partial widths for 50 nuclei	33
$^{184}\text{W}$ $^{186}\text{W}$	$(\gamma, \text{tot})$	7 - 20	absorption	-	total photoabsorption cross sections; integrated cross sections and moments; quadrupole moments; deformation parameters	67



1	2	3	4	5	6	7
W	( $\gamma, \gamma$ )	0.468	Ge(Li)	5 - 40	angular distribution of the photons;	56
W	( $\gamma, \gamma$ )	2.599 - 6.759	Ge(Li)	90	differential cross sections; energies, spins, parities, widths of the levels for the 184-, 186-isotopes	59
W	( $\gamma, \gamma$ )	0.344 - 1.408	Ge(Li)	7 - 45	angular distributions of the photons; differential cross sections	70
187 <sub>Os</sub> 188 <sub>Os</sub> 189 <sub>Os</sub> 190 <sub>Os</sub> 191 <sub>Os</sub> 193 <sub>Os</sub>	(n, $\gamma$ )	0.0005 - 0.15	scintillator	4W	yields; cross sections; age of universe for Re-Os clock	71
191 <sub>Os</sub> 193 <sub>Os</sub>	(n, $\gamma$ )	$E_n = 0.5 - 1.3$	activity	-	cross sections	61
196 <sub>Pt</sub>	(n, $\gamma$ )	$E_n \sim 1$	-	-	photon strength functions for electric and magnetic dipole radiation; comprehensive survey of absolute partial widths for 50 nuclei	33

1	2	3	4	5	6	7
I97Pt I99Pt	(n, $\gamma$ )	$E_n = 0.5 - 1.3$	activity	-	cross sections	61
I97Au	( $\gamma$ ,tot)	7 - 20	absorption	-	total photoabsorption cross sections; integrated cross sections and moments; quadrupole moments; deformation parameter	67
I97Au	(e,e'n)	10 - 90	activity	-	isomeric yield ratios	72
I98Au	(n, $\gamma$ )	$E_n = 14.3$	activity	-	cross section	73
Hg Tl	( $\gamma$ , $\gamma$ )	2.599 - 6.759	Ge(Li)	90, I20	spectra of the photons; differential cross sections; energies, spins, parities, widths of the levels	59
206Pb 207Pb	(e,e')	4.5 - 5.3	magnetic spectrometer	90 - I60	transition strengths; differential cross sections	74
207Pb 208Pb	( $\gamma$ ,n)	7.099 - II.386	<sup>3</sup> He-spectrometer	40 - I40	spectra and angular distributions of the neutrons for ( $\gamma$ ,n <sub>0</sub> ) reactions; dipole-quadrupole interference factors	75
208Pb	( $\gamma$ , $\gamma$ )	25	NaJ(Tl)	90	spectrum of the photons	II

continuation

1	2	3	4	5	6	7
$^{208}\text{Pb}$	$(\gamma, n)$	13.27	-	-	spectrum of the neutrons (review of the previously published data)	13
$^{208}\text{Pb}$	$(\gamma, n)$	7.969 - 7.985	-	135	cross section for the $(\gamma, n_0)$ reaction (review of the previously published data)	38
$^{208}\text{Pb}$	$(\gamma, \gamma)$	$\leq 10$	Ge(Li)	90, 125	spectrum and angular distribution of the photons; cross section; transition probabilities; spins, parities, widths and lifetimes of the levels	53
$^{208}\text{Pb}$	$(\gamma, n)$	8.5 - 26.5	-	-	cross section (review of the previously published data)	54
$^{208}\text{Pb}$	$(\gamma, \gamma)$	10 - 100	-	60, 150	angular distributions of the photons; cross sections	76
$^{208}\text{Pb}$	$(e, e')$	8 - 12	energy-loss spectrometer	93 - 165	spectra of the electrons; cross sections; integrated cross sections	77
$^{208}\text{Pb}$	$(\gamma, \gamma)$ $(\gamma, \gamma')$	4.841 - 7.064	Ge(Li) NaJ(Tl)	0 - 90	spectra of the photons; transmission curves cross section; parities and widths of the levels	78

1	2	3	4	5	6	7
$^{209}\text{Pb}$	(n, $\gamma$ )	II - 20	NaJ	55, 125	spectra and angular distribution of the photons; fore-aft asymmetry	79
Pb	( $\gamma$ , $\gamma$ )	0.468	Ge(Li)	5 - 40	angular distribution of the photons; differential cross section	56
Pb	( $\gamma$ , $\gamma$ )	2.599 - 6.759	Ge(Li)	90	differential cross sections	59
Pb	( $\gamma$ ,tot)	25 - 140	liquid scintillator	4 $\bar{w}$	total photoabsorption cross section for neutron multiplicities $X = 1 - 12$ ; integrated cross sections	64
$^{209}\text{Bi}$	( $\gamma$ , $\gamma$ )	2.599 - 7.168	Ge(Li)	90	differential cross sections; energies, spins, parities, widths of the levels	59
$^{209}\text{Bi}$	(e,p); ( $\gamma$ ,p)	I7 - 23	magnetic spectrometer	62.0 - 125.3	spectra and angular distributions of the protons; yields; differential cross sections; resonance parameters	80
$^{232}\text{Th}$	( $\gamma$ ,f)	3 - 6	-	-	yield and cross section (analysis of the previously published data)	81
$^{232}\text{Th}$	( $\gamma$ ,f)	5.4 - 6.4	-	0 - 90	yields; cross section; angular distributions of the fission fragments	82

1	2	3	4	5	6	7
232 <sub>Th</sub> 233 <sub>U</sub>	(e,f)	$E_e = 100 - 275$	Makrofol foils	45	cross section; photo- and electrofission cross section ratio	83
234 <sub>U</sub>	(e,f)	$E_e = 5.5 - 25.4$	mica foils	-	cross section; integrated cross sections for electro- and photofission	84
235 <sub>U</sub> 236 <sub>U</sub> 238 <sub>U</sub>	(e,f)	$E_e = 100 - 275$	Makrofol foils	45	cross section; photo- and electrofission cross section ratio	83
235 <sub>U</sub>	(γ,f)	$\leq 70$	-	-	kinetic energy and mass distributions of the fission fragments	85
238 <sub>U</sub>	(e,e')	$E_e = 67.11$	-	60	spectrum of the electrons (review of the previously published data)	13
238 <sub>U</sub>	(e,e'f)	$E_e = 117.7$	-	-	cross section (review of the previously published data)	14
238 <sub>U</sub>	(e,e'f)	$E_e = 67.11$	-	$\theta_e = 60$ $\theta_f = 180$	singles and coincidences spectra of the electrons	16
238 <sub>U</sub>	(γ,γ)	2.599 - 6.418	Ge(Li)	90, 120	differential cross sections; energies, spins, parities, widths of the levels	59

continuation

1	2	3	4	5	6	7
$^{238}\text{U}$	( $\gamma$ ,f)	3 - 6	-	-	yield and cross section (analysis of the previously published data)	81
$^{238}\text{U}$	(e,f)	$E_e = 90 - 270$	solid state detectors	-	cross section	86
$^{238}\text{U}$	( $\gamma$ , $\gamma$ )	3.254	Ge(Li)	56 - 120	spectrum and angular distributions of the photons; differential cross sections; spin, parity and lifetime of the level	87
$^{238}\text{U}$	( $e^-$ ,f); ( $e^+$ ,f)	$E_e = 10 - 35$	parallel-plate detectors	$\pm 90$	cross sections; $\sigma^-/\sigma^+$ cross section ratio	88
$^{238}\text{U}$	( $\gamma$ ,f)	7 - 15	mica detectors	0 - 180	angular distributions of the fission fragments; anisotropy in angular distributions	89
U	( $\gamma$ ,tot)	25 - 140	liquid scintillator	4 $\pi$	total photoabsorption cross section for neutron multiplicities X = 1 - 12; integrated cross sections	64
$^{237}\text{Np}$	(e,f)	$E_e = 100 - 275$	Macrofol foils	45	cross section; photo- and electrofission cross section ratio	83
$^{237}\text{Np}$	(e,f)	$E_e = 90 - 270$	solid state detectors	-	cross section	86

1	2	3	4	5	6	7
$^{239}\text{Pu}$	(e,f)	$E_{\theta} = 100 - 275$	Makrofol foils	45	cross section; photo- and electrofission cross section ratio	83
$^{239}\text{Pu}$	( $\gamma$ ,f)	$\leq 28$	activity	-	yields and mass distribution of fission fragments	90
$^{240}\text{Pu}$	( $\gamma$ ,f)	$\leq 30$	heavy-ion detectors	90	cross section	9I
$^{242}\text{Pu}$	( $\gamma$ ,n)	$\leq 48$	energy loss detectors (PPAD)	4 $\bar{\Pi}$	time distributions for $^{241}\text{Pu}$ fission isomers; isomeric ratios; spins of isomers, branching ratios	92

I

Bernheim M., Bussiere A., Mougey J., Royer D., Tarnowski D., Turck-Chieze S., Frullani S., Capitani G.P., De Sanctis E. and Jans E. **MOMENTUM DISTRIBUTION OF NUCLEONS IN THE DEUTERON FROM THE  $d(e, e'p)n$  REACTION.** Nucl. Phys., A 365, 349-370.

Распределение по импульсам нуклонов в дейтроне измерено до значения 340 МэВ/с с помощью реакции  $d(e, e'p)n$  при энергии налетающих электронов 500 МэВ. Данные хорошо описываются с помощью самых совершенных волновых функций дейтрона даже для значений импульса выше  $p = 200$  МэВ/с, в противоположность результатам исследований  $(e, e'p)$  и  $(p, 2p)$  реакций, выполненных ранее.

The nucleon momentum distribution in the deuteron has been determined up to 340 MeV/c by measuring the  $d(e, e'p)n$  reaction at an incident electron energy of 500 MeV. The data are well described even above  $p = 200$  MeV/c by the most recent deuteron wave functions, in contrast with previous  $(e, e'p)$  and  $(p, 2p)$  results. \*

2

Reeder P.L. and Warner R.A. **PHOTONEUTRON ENERGY SPECTRA FROM  $^{24}\text{Na-Be}$  AND  $^{24}\text{Na-D}$ .** Nucl. Instrum. and Meth., 180, 523-534.

Энергетические спектры нейтронов из реакций  $^9\text{Be}(\gamma, n)^8\text{Be}$  и  $D(\gamma, n)^1\text{H}$ - источников фотонейтронов, использующих  $\gamma$ -кванты с энергией 2.754 МэВ из ядра  $^{24}\text{Na}$ , измерены с помощью  $^3\text{He}$  ионизационной камеры. Была развита процедура анализа данных, позволяющая учитывать искажение спектров, обусловленное наложением гамма-радиации. Измеренные спектры сравниваются со спектрами, рассчитанными для процессов прохождения нейтронов в Be и  $D_2O$ . Для энергий максимумов в спектрах нейтронов систем  $^{24}\text{Na-Be}$  и  $^{24}\text{Na-D}$  получены значения соответственно  $957 \pm 9$  и  $245 \pm 9$  кэВ, которые могут быть сопоставлены теоретическим значениям 968 и 265 кэВ. Средние энергии экспериментальных спектров оказались равными  $798 \pm 7$  и  $202 \pm 15$  кэВ. Средние энергии теоретических спектров - 796 и 189 кэВ для систем  $^{24}\text{Na-Be}$  и  $^{24}\text{Na-D}$  соответственно.

The neutron energy spectra from  $^9\text{Be}(\gamma, n)^8\text{Be}$  and  $D(\gamma, n)^1\text{H}$  photoneutron sources which use 2.754 MeV gamma rays from  $^{24}\text{Na}$  have been measured with a  $^3\text{He}$  ionization chamber. A data analysis procedure was developed for dealing with distortions due to severe gamma pileup. The measured spectra are compared to spectra calculated from neutron transport in Be and  $D_2O$ . Peak energies for  $^{24}\text{Na-Be}$  and  $^{24}\text{Na-D}$  were  $957 \pm 9$  and  $245 \pm 9$  keV, respectively, which may be compared with the calculated peak energies of 968 and 265 keV. The average energies for the experimental spectra were  $798 \pm 7$  and  $202 \pm 15$  keV. The average energies from the calculated spectra were 796 and 189 keV for  $^{24}\text{Na-Be}$  and  $^{24}\text{Na-D}$ , respectively. \*

\*

Звездочками обозначены аннотации, содержащиеся в указанных работах.

\*

The asterisked abstracts have been taken from the works mentioned.



3

Del Bianco W., Federici L., Giordano G., Matone G., Pasquariello G., Picozza P., Caloi R., Casano L., De Pascale M.P., Ingrosso L., Mattioli M., Poldi E., Schaefer C., Pelfer P., Prosperi D., Frullani S., Girolami B. and Jeremie H.  
 NEUTRON ASYMMETRY MEASUREMENTS IN THE DEUTERON PHOTODISINTEGRATION BETWEEN 10 AND 70 MeV. Phys. Rev. Lett., 47, 1118-1120.

Значения асимметрии  $\Sigma(\theta_{\text{ц.м.}} = \pi/2)$  для реакции  ${}^2\text{H}(\gamma, n)p$  измерены на пучке монохроматических и линейно поляризованных  $\gamma$ -квантов, полученных при комптоновском рассеянии назад на высокоэнергетичных электронах лазерного излучения. Для описания полученных данных в теоретические расчеты должны быть включены вклады, обусловленные токами мезонной перезарядки.

The asymmetries  $\Sigma(\theta_{\text{c.m.}} = \pi/2)$  for the reaction  ${}^2\text{H}(\gamma, n)p$  have been measured with use of a monochromatic and linearly polarized  $\gamma$ -ray beam, obtained by backward Compton scattering of laser light against high-energy electrons. Contribution from meson exchange currents must be included in the theoretical calculations to reproduce our data. <sup>\*</sup>

4

Faul D.D., Bergan B.L., Meyer P. and Olson D.L. PHOTODISINTEGRATION OF  ${}^3\text{H}$  AND  ${}^3\text{He}$ . Phys. Rev., C 24, 849-873.

Фотонейтронные сечения для ядер  ${}^3\text{H}$  и  ${}^3\text{He}$  измерены в областях от порогов до энергий  $\sim 25$  MeV с помощью моноэнергетических фотонов, полученных методом аннигиляции на лету быстрых позитронов. Эти реакции включают двухчастичное расщепление ядра  ${}^3\text{H}$  и трехчастичное — обоих ядер  ${}^3\text{H}$  и  ${}^3\text{He}$ ; такие измерения для ядра  ${}^3\text{H}$  впервые охватывают области энергии вблизи максимумов сечений. В этих измерениях использован эффективный нейтронный детектор "парафин-счетчик  $\text{BF}_3$ " и газовые мишени высокого давления. Результаты, которые сравнивались между собой и с литературными данными для сечения двухчастичного расщепления ядра  ${}^3\text{He}$ , свидетельствуют о следующем: а) сечения двухчастичного расщепления ядер  ${}^3\text{H}$  и  ${}^3\text{He}$  имеют почти одинаковую форму, но для ядра  ${}^3\text{H}$  сечения оказываются меньшими по величине; б) сечение трехчастичного расщепления ядра  ${}^3\text{He}$  имеет большую величину и ширину в области максимума и нарастает от порога менее круто, нежели аналогичное сечение для ядра  ${}^3\text{H}$ ; в) эти различия между сечениями для мод расщепления в основном компенсируются при их суммировании, так что полные сечения фотопоглощения для ядер  ${}^3\text{H}$  и  ${}^3\text{He}$  оказываются почти сходными и по величине и по форме как при энергии в области максимумов, так и выше. Опубликованные теоретические результаты в определенной степени расходятся с экспериментальными во всей области энергии фотонов, в которой измерены фотонейтронные сечения. Предсказания на основе правила сумм также не

The photoneutron cross sections for  ${}^3\text{H}$  and  ${}^3\text{He}$  have been measured from threshold to  $\sim 25$  MeV with monoenergetic photons from the annihilation in flight of fast positrons. These reactions include the two-body breakup of  ${}^3\text{H}$  and the three-body of both  ${}^3\text{H}$  and  ${}^3\text{He}$ , these measurements for  ${}^3\text{H}$  are the first to span the energy region across the peaks of the cross sections. An efficient  $\text{BF}_3$ -tube-and-paraffin neutron detector and high-pressure gaseous samples were employed in these measurements. The results, when compared with each other and with results for the two-body breakup cross section for  ${}^3\text{He}$  from the literature, show that: a) the two-body breakup cross sections for  ${}^3\text{H}$  and  ${}^3\text{He}$  have nearly the same shape, but the one for  ${}^3\text{He}$  lies lower in magnitude; b) the three-body breakup cross section for  ${}^3\text{He}$  lies higher in magnitude, broader in the peak region, and also rises less sharply from threshold than that for  ${}^3\text{H}$ ; and c) these differences between the cross sections for the breakup modes largely compensate in their sum, so that the total photon absorption cross sections for  ${}^3\text{H}$  and  ${}^3\text{He}$  are nearly the same in both size and shape at energies near and above their peaks. Theoretical results from the literature disagree with the experimental results to a certain extent over the entire photon-energy region for which the photoneutron cross sections were measured. Sum rule predictions also fail to

воспроизводят экспериментальные результаты. Хотя эти различия ставят под сомнение принцип зарядовой симметрии ядерных сил, необходимы более обширные теоретические вычисления для выяснения того, могут ли такие различия целиком быть приписаны электромагнитным эффектам.

reproduce the experimental results. These discrepancies constitute a challenge to the principle of charge symmetry of the nuclear force, but more complete theoretical calculations are needed to ascertain whether these discrepancies can be ascribed entirely to electromagnetic effects.<sup>3</sup>

5

Skopik D.M., Beck D.H., Asai J. and Murphy J.J. CROSS SECTION AND ANGULAR DEPENDENCE OF THE  ${}^3\text{He}(\gamma, d)n$  REACTION. Phys. Rev., C 24, 1791-1794.

Измерены угловая асимметрия и полное сечение для реакции  ${}^3\text{H}(\gamma, d)$ . Результаты измерения полного сечения хорошо согласуются с большинством последних расчетов фаддеевского типа, однако, данные по угловой асимметрии расходятся с предсказаниями простого плоскороволнового приближения, которыми аппроксимировались эти данные. При отсутствии взаимодействий в конечных состояниях асимметрии ядер  ${}^3\text{He}$  и  ${}^3\text{H}$  должны относиться как  $-1/5$  (т.е. изоспиновая зависимость). Эти данные, по-видимому свидетельствуют о том, что необходимо тщательно учесть E2 взаимодействие в конечном состоянии в реакции  ${}^3\text{H}(\gamma, d)$ .

The angular asymmetry and the total cross section for the  ${}^3\text{H}(\gamma, d)$  reaction have been measured. The total cross section measurement agrees with the most recent Faddeev-type calculation but the angular asymmetry departs from the prediction of a simple plane wave calculation that fits the  ${}^3\text{He}(\gamma, d)$  data. In the absence of final state interactions the  ${}^3\text{He}$  and  ${}^3\text{H}$  asymmetries should be related by  $-1/5$  (i.e., the isospin dependence). These data would appear to indicate that the E2 final state interaction in the  ${}^3\text{H}(\gamma, d)$  reaction has to be carefully treated.<sup>3</sup>

6

Kozlovsky I.V., Goldshtein V.A., Kuplennikov E.L., Malyarsh B.M., Tartakovskiy V.K. and Shostak V.B.  ${}^3\text{He}$  ELECTRODISINTEGRATION: ANGULAR DISTRIBUTIONS AND ENERGY SPECTRA. N. Phys. ~~1974~~, A 368, 493-502.

Измерены дифференциальные сечения реакции  ${}^3\text{He}(e, e'p)$ , разделены каналы, соответствующие двух- и трехчастичному электрорасщеплению. Рассчитаны угловые распределения испущенных в реакции  ${}^3\text{He}(e, e'p)$  протонов и энергетические спектры рассеянных в реакции  ${}^3\text{He}(e, e')$  электронов. Детально проанализированы влияние ядерной структуры, а также взаимодействия в конечном состоянии на величину и форму этих распределений.

The differential cross sections of the  ${}^3\text{He}(e, e'p)$  reaction are measured, the channels associated with the two- and three-particle electrodisintegration being separated. Angular distributions of the outgoing protons for the reaction  ${}^3\text{He}(e, e'p)$  and energy spectra of scattered electrons for the process  ${}^3\text{He}(e, e')$  are calculated. The influence of the nuclear structure and the interaction in the final state on the magnitude and shapes of these distributions is analysed in detail.<sup>3</sup>

Измерения фотонейтронного сечения для ядра  ${}^4\text{He}$ , о которых недавно сообщалось, привели к значению около 1.0 мбн для области энергий  $E_x \sim 23-33$  МэВ. Этот результат в комбинации с полученной ранее величиной сечения ( $\gamma, p$ ) реакции приводит к отношению ( $\gamma, p$ ) и ( $\gamma, n$ )-сечений, изменяющемуся от 1.6 до 1.9 в области энергий возбуждения ядра  ${}^4\text{He}$  от 26 до 29 МэВ. Для измерения фотонейтронного сечения для ядра  ${}^4\text{He}$  мы использовали обратную реакцию  ${}^3\text{He}(n, \gamma){}^4\text{He}$ . Наши данные, полученные с помощью соотношения детального баланса, подтверждают опубликованные результаты последних измерений.

A recently reported measurement of the photoneutron cross section for  ${}^4\text{He}$  indicates a value of about 1.0 mb for  $E_x$  of  $\sim 23$  to  $\sim 33$  MeV. This result, when combined with the previously reported ( $\gamma, p$ ) cross section in this energy region, implies a ( $\gamma, p$ ) to ( $\gamma, n$ ) cross section ratio of 1.6 to 1.9 in the 26 to 29 MeV region of  ${}^4\text{He}$ . We have used the inverse reaction  ${}^3\text{He}(n, \gamma){}^4\text{He}$  to measure the photoneutron cross section for  ${}^4\text{He}$ . Our detailed balanced results confirm the recently reported measurements.\*

Захват  $\alpha$ -частиц ядрами дейтерия наблюдался при использовании метода магнитного анализа для детектирования ионов отдачи  ${}^6\text{Li}$ . Результаты измерения сечения вплоть до малых энергий 1 МэВ в системе центра масс могут быть корректно интерпретированы в рамках модели прямого захвата. Обнаружено, что образование ядер  ${}^6\text{Li}$  при "большом взрыве" оказывается приблизительно в 5 раз менее вероятным, чем предполагалось.

The capture of  $\alpha$ -particles by deuterium has been observed by using a magnetic analysis technique to detect the recoiling  ${}^6\text{Li}$  ions. Measurements of the cross section down to 1 MeV in the centre-of-mass system can be interpreted accurately in terms of a direct-capture model, and it is found that production of  ${}^6\text{Li}$  in the big bang is 5 times smaller than has been assumed.\*

На пучке тормозных  $\gamma$ -квантов при верхних границах 27 и 31 МэВ исследовались спектры фотонов из реакции  ${}^7\text{Li}(\gamma, \gamma')$ . Показано, что пик при энергии 8,5 МэВ связан с образованием в процессе реакции ядра  ${}^3\text{H}$ .\*

Photon spectra from the reaction  ${}^7\text{Li}(\gamma, \gamma')$  are investigated in the bremsstrahlung  $\gamma$ -ray beam at the upper boundaries of 27 and 31 MeV. It is shown that the peak at the energy of 8.5 MeV is due to the production of the nucleus  ${}^3\text{H}$  in the reaction.\*

Кривая выхода захвата протонов ядром  ${}^7\text{Li}$ , приводящего к возбуждению пары изоспиново-смешанных состояний при энергиях  $E_x = 16.63$  и  $16.92$  МэВ в ядре  ${}^8\text{Be}$  измерена как функция энергии налетающих частиц в области от 4 до 30 МэВ. Хорошее описание данных достигается в рамках модели прямого захвата.

The yield curve for proton capture on  ${}^7\text{Li}$ , leading to the region of the isospin-mixed pair of states at  $E_x = 16.63$  and  $16.92$  MeV in  ${}^8\text{Be}$ , has been measured as a function of bombarding energy from 4 to 30 MeV. A direct capture model provides a good description of the data. \*

В лаборатории линейного ускорителя в Майнце создана установка для измерения абсолютных сечений и угловых распределений упругого рассеяния фотонов на ядрах. Квазимоноэнергетические фотоны с энергией 8-100 МэВ получают с помощью метода аннигиляции позитронов на лету. Рассеянные фотоны могут детектироваться одновременно четырьмя  $\text{NaJ(Tl)}$  спектрометрами, установленными под различными углами рассеяния. Обсуждаются характеристики системы и результаты испытательных измерений.

A facility for the measurement of absolute cross sections and angular distributions of photons scattered elastically from nuclei has been set up in the Mainz Linac Laboratory. Quasimonoenergetic photons of 8-100 MeV are produced by the method of the positron annihilation in flight. The scattered photons can simultaneously be detected in four  $\text{NaJ(Tl)}$  spectrometers, which are installed at different scattering angles. The performance of the system and test measurements are discussed. \*

Дважды дифференциальные сечения реакции  ${}^{12}\text{C}(e,p)e'$  были измерены для 6 значений угла в области от  $45^\circ$  до  $143^\circ$ . Энергия протонов менялась в области от 15.6 до 17.2 МэВ при энергии налетающих электронов 200 МэВ. В области задних углов результаты находятся в хорошем согласии с данными работы Высоцкой и Афанасьева, однако в области передних углов полученные сечения имеют меньшую величину.

Double differential cross sections at six angles ranging from  $45^\circ$  to  $143^\circ$  have been measured for the  ${}^{12}\text{C}(e,p)e'$  reaction. The proton energy ranged from 15.6 to 17.2 MeV at an incident electron energy of 200 MeV. At the backward angles our results are in good agreement with data reported by Vysockaya and Afanas'ev but for forward angles the results are lower. \*

Анализируются распадные свойства гигантских мультипольных резонансов, которые представляют собой дополнительную и весьма важную информацию об этих фундаментальных модах ядерного возбуждения. Рассматриваются последние результаты теоретических и экспериментальных исследований резонансов различной мультипольности. Для широкой области ядер рассмотрены реакции  $(p, \gamma)$ ,  $(\alpha, \alpha')$ ,  $(d, d')$ ,  $(\gamma, \gamma')$ ,  $(\gamma, n)$ ,  $(\gamma, p)$  и другие.

The decay properties of giant multipole resonances, which offer additional, highly important information about these fundamental modes of nuclear excitation, are analysed. The most recent results of both theoretical and experimental studies of resonances of various multipolarities are discussed. For a wide range of nuclei, the reactions  $(p, \gamma)$ ,  $(\alpha, \alpha')$ ,  $(d, d')$ ,  $(\gamma, \gamma')$ ,  $(\gamma, n)$ ,  $(\gamma, p)$  etc. are examined.

Обсуждаются современное состояние и перспективные возможности исследований фундаментальных методов возбуждения ядер электронами.

The present status and future possibilities of studying fundamental modes of excitation by electrons are discussed. \*

Выполнено экспериментальное исследование механизмов  $(\gamma, n)$  и  $(\gamma, p)$  реакций для энергий фотонов  $E_\gamma \gg 60$  МэВ. Результаты свидетельствуют в пользу моделей, согласно которым поглощение фотонов осуществляется преимущественно нейтрон-протонными парами.

An experimental investigation of the reaction mechanism of  $(\gamma, n)$  and  $(\gamma, p)$  reactions for photoenergies  $E_\gamma \gg 60$  MeV has been made. The results support models in which the photon is absorbed predominantly by neutron-proton pairs. \*

Пучки с очень большой длительностью цикла, полученные на созданных в последнее время электронных ускорителях, позволяют применять методику совпадений в электронном рассеянии для изучения широкого спектра проблем структуры ядра. Обсуждаются возможные преимущества такого метода исследования связанных состояний и гигантских мультипольных резонансов.

The high duty cycle beams available from the latest generation of electron accelerators permit the application of electron scattering coincidence techniques to a broad variety of problems in nuclear structure. Potential advantages for studies involving bound states and the giant multipole resonances are discussed. \*

- 17 Suzuki T., Hyuga H., Arima A. and Yasaki K. MI FORM FACTORS OF  $^{13}\text{C}$ ,  $^{12}\text{C}$  AND  $^{15}\text{N}$ . Nucl. Phys., A 358, 421c-424c.

Показано, что эффекты поляризации ядра могут объяснить как подавление второго максимума MI форм-фактора в реакции  $^{13}\text{C}(e,e)^{13}\text{C}$ , так и усиление форм-фактора в реакции  $^{12}\text{C}(e,e')^{12}\text{C}(I^+, T=1, 15.1 \text{ MeV})$  относительно предсказаний Коэна-Курата.

Core polarization effects are shown to explain both the reduction of the second peak of the MI form factor of  $^{13}\text{C}(e,e)^{13}\text{C}$  and the enhancement of that of  $^{12}\text{C}(e,e')^{12}\text{C}(I^+, T=1, 15.1 \text{ MeV})$  over the Cohen-Kurath predictions.  $\times$

- 18 Bernheim M., Bussière A., Mougey J., Royer D., Tarnowski D., Turck-Chieze S., Frullani S., Boffi S., Giusti C., Pacati F.D., Capitani G.P., De Sanctis E., and Wagner G.J. THE INFLUENCE OF BOUND STATE AND OPTICAL POTENTIALS ON  $I_p$  MOMENTUM DISTRIBUTIONS OBTAINED FROM  $^{12}\text{C}$  AND  $^{16}\text{O}(e,e'p)$  REACTIONS. Nucl. Phys., A 375, 381-404.

Измерение импульсных распределений ядер отдачи в реакции  $(e,e'p)$  выполнено для p-дырочных состояний ядер  $^{12}\text{C}$  и  $^{16}\text{O}$  в различных кинематических условиях. Анализ экспериментальных данных проведен без используемой обычно факторизации сечения. Обсуждается чувствительность результатов анализа к характеристикам связанных и несвязанных протонных состояний.

The measurement of recoiling nucleus momentum distributions in  $(e,e'p)$  reactions has been performed for p-hole states in  $^{12}\text{C}$  and  $^{16}\text{O}$  under extended kinematical conditions. The analysis of the experimental data has been performed without requiring the usual factorization of the cross section. The sensitivity of the data of the analysis for deducing bound and scattering proton states is discussed.  $\times$

- 19 Ходячих А.Ф., Вацет П.И., Гурьев В.Н., Догост И.В., Киряченко В.В. ИМПУЛЬСНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КВАЗИДЕЙТРОНОВ В p-ОБОЛОЧКЕ ЯДРА УГЛЕРОДА. Ядерная физика, 34, 1425-1430.

Методом диффузионной камеры в магнитном поле измерено распределение событий реакции  $\gamma + ^{12}\text{C} \rightarrow p + n + ^{10}\text{B}$  по импульсу кваздейтрона  $P = k_p + k_n - \omega$ . Учтены эффекты взаимодействия в конечном состоянии. В предположении справедливости кваздейтронного механизма получено импульсное распределение кваздейтронных в p-оболочке ядра углерода.  $\times$

The quasi-deuteron momentum distribution ( $P = k_p + k_n - \omega$ ) for events of the reaction  $\gamma + ^{12}\text{C} \rightarrow p + n + ^{10}\text{B}$  is measured by means of the diffusion chamber in magnetic field. The final-state interaction effects are taken into account. The momentum distribution of quasi-deuterons in the p shell of the carbon nucleus is obtained assuming validity of the quasi-deuteron reaction mechanism.  $\times$

Дифференциальное сечение реакции  $^{11}\text{B}(d,\gamma_0)^{13}\text{C}$  для угла  $90^\circ$  измерено в области энергий дейтронов от 1.95 до 12.0 МэВ с шагом, изменявшимся от 100 до 200 кэВ. Регистрация  $\gamma$ -квантов осуществлялась NaJ(Tl) -спектрометром (кристалл длиной и диаметром 23 см), имевшим защиту из пластических сцинтилляторов, включенную на антисовпадения. В кривой выхода обнаружена резонансная структура при энергиях  $E_{\text{возб.}} = 20.4 \pm 0.1$  и  $22.0 \pm 0.2$  МэВ.

The  $90^\circ$  differential cross section of the  $^{11}\text{B}(d,\gamma_0)^{13}\text{C}$  reaction has been measured at deuteron energies from 1.95 to 12.0 MeV in steps varying from 100 to 200 keV. The  $\gamma$ -rays have been detected by a 23 cm long x 23 cm diameter NaJ(Tl) crystal spectrometer enclosed in a plastic scintillator anticoincidence shield. The yield curve shows a resonant structure at the energies  $E_{\text{exc}} = 20.4 \pm 0.1$  and  $22.0 \pm 0.2$  MeV.  $\times$

Реакция  $^{12}\text{C}(p,\gamma)^{13}\text{N}$  вблизи резонанса при энергии 457 кэВ с шириной  $\Gamma = 36$  кэВ использована для одновременного исследования углеродных слоев на поверхности и границах раздела твердых тел. Большая ширина резонанса и зависимость энергии поглощаемых протонов от глубины их проникновения в толстую мишень приводят к испусканию  $\gamma$ -квантов, энергия которых также оказывается зависящей от глубины. С помощью Ge(Li) -детектора были получены отчетливо разделенные максимумы в спектрах  $\gamma$ -квантов, соответствующие слоям углерода, расположенным на разных глубинах. Форма сечения реакции в области резонанса при энергии 457 кэВ была рассчитана с помощью одноуровневой формулы R-матричной теории. При использовании в качестве стандарта тонкой углеродной мишени и рассчитанного сечения числа отсчетов с детектора были пересчитаны в абсолютные числа атомов углерода на  $1 \text{ см}^2$ . Полученные результаты свидетельствуют о том, что исследованная реакция может быть использована для определения профилей распределения углерода по глубине без изменения энергии налетающих протонов в единственном измерении.

The  $^{12}\text{C}(p,\gamma)^{13}\text{N}$  reaction near the 457 keV,  $\Gamma = 36$  keV resonance was used to investigate simultaneously carbon layers on the surface and at the interfaces of solids. The large resonance width and depth dependent proton energy within a thick target lead to the emission of  $\gamma$ -ray quanta whose energies are also depth dependent. Using a large volume Ge(Li) detector clearly separated  $\gamma$ -ray peaks corresponding to the carbon layers at different depths were obtained. The shape of the cross section in the vicinity of the 457 keV resonance was calculated by means of the one-level formula of R-matrix theory. Using this calculated resonance shape and a thin carbon target as a reference standard, counts were converted to absolute quantities of carbon atoms per  $\text{cm}^2$ . Our results show that this reaction can be applied to determine carbon depth profiles by a single measurement without change of incident energy.  $\times$

Взаимно согласующиеся измерения для упругого протонного рассеяния и резонансного поглощения показывают, что ширина уровня при энергии 9.17 МэВ ядра  $^{14}\text{N}$  ( $\Gamma = 135 \pm 8$  эВ) почти вдвое превышает принятую в литературе величину. Однозначно подтверждается положительная четность уровня. На основании техники пересекающихся каскадов при использовании для калибровки источника  $^{56}\text{Co}$  определена энергия возбуждения -  $9172 \pm 0.3$  кэВ. Ожидаемая азимутальная асимметрия резонансной флуоресценции плоско-поляризованных фотонов того же резонанса количественно подтверждается.

Mutually consistent measurements of elastic proton scattering and resonance absorption show that the width of the 9.17 MeV level in  $^{14}\text{N}$  ( $\Gamma = 135 \pm 8$  eV) is almost twice as large as the accepted literature value. The positive parity is unambiguously confirmed. The excitation energy is determined to be  $9172.5 \pm 0.3$  keV, based upon a cascade-cross-over-technique with a  $^{56}\text{Co}$  source for calibration. The expected azimuthal asymmetry of the resonance fluorescence of the plane-polarized photons at this resonance is demonstrated quantitatively. \*

Радиационные ширины переходов в основное состояние с девяти уровней ядра  $^{15}\text{N}$  в области энергий ниже 10.2 МэВ измерены с помощью резонансной флуоресценции. Результаты сравниваются с различными теоретическими предсказаниями, наилучшее согласие наблюдается с результатами самых последних неопубликованных расчетов, в которых при построении волновых функций уровней ядра  $^{15}\text{N}$  учитывался полный базис  $1\hbar\omega$  конфигураций.

The ground-state radiative widths of nine levels below 10.2 MeV in  $^{15}\text{N}$  were measured using resonance fluorescence. The results are compared with various theoretical predictions and are found to best agree with very recent unpublished calculations in which the full  $1\hbar\omega$  configurational basis is included in constructing the wave functions of the  $^{15}\text{N}$  levels. \*

Наблюдались высокоэнергетичные  $\gamma$ -кванты, сопровождающие распад уровней с энергиями от 32 до 39 МэВ в ядре  $^{16}\text{O}$ , образующемся в реакции  $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)$ . Обнаружена узкая неожиданно сильная линия, соответствующая распаду в состояние ядра  $^{16}\text{O}$  при энергии  $14.8 \pm 0.1$  МэВ, причем, угловое распределение свидетельствует о сильной E2 компоненте этого перехода. Структура функции возбуждения этого перехода свидетельствует скорее о резонансном механизме, чем о механизме прямого захвата. Сравнение с результатами SU(3)- и оболочечно-модельных расчетов свидетельствует о наличии гигантского квадрупольного возбуждения, построенного на  $6_1^+$  состоянии ядра  $^{16}\text{O}$ .

High-energy  $\gamma$  rays from the reaction  $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)$  have been observed decaying from states between 32 and 39 MeV in  $^{16}\text{O}$ . A narrow unexpectedly strong line, corresponding to decay to a state at  $14.8 \pm 0.1$  MeV in  $^{16}\text{O}$ , was observed with an angular distribution suggesting a strong E2 component. Structure in the excitation function of this transition favors a resonant rather than direct-capture mechanism. Comparisons with SU(3)- and shell-model calculations suggest a giant quadrupole excitation built on the  $6_1^+$  state in  $^{16}\text{O}$ . \*



Реакция  $^{16}\text{O}(\gamma, p_0)$  исследована с помощью линейно-поляризованных тормозных фотонов при энергии ЕI-гигантского резонанса и в области меньших энергий. Четность поглощенных фотонов определялась из азимутальной асимметрии испущенных протонов. Результаты измерения с помощью поляризованных фотонов при учете данных для неполяризованных фотонов определяют амплитуды протонного распада МI-резонанса при энергии возбуждения  $E_x = 16.2$  МэВ ядра  $^{16}\text{O}$ . Форма углового распределения протонов из реакции  $^{16}\text{O}(\gamma, p_3)$  с неполяризованными фотонами в области энергий ЕI-гигантского резонанса получена из экспериментальной анализирующей способности.

The  $^{16}\text{O}(\gamma, p_0)$  reaction has been studied with linearly polarized bremsstrahlung photons in and below the giant EI resonance. The parity of the absorbed radiation was determined from the observed azimuthal asymmetry of the emitted protons. Combined with unpolarized measurements the polarized results determine the proton decay amplitudes of the MI resonance at  $E_x = 16.2$  MeV in  $^{16}\text{O}$ . The shape of the unpolarized  $^{16}\text{O}(\gamma, p_3)$  angular distribution in the giant EI resonance was derived from the measured analyzing power. \*

Фотонейтронное сечение для ядра  $^{20}\text{Ne}$  было измерено в области энергий фотонов от 16 до 29 МэВ с шагом 100 кэВ. Гигантский дипольный резонанс разделился на 3 сильных пика при энергиях ниже 21 МэВ и, по крайней мере, на 2 широких резонанса в области больших энергий возбуждения. Эта структура согласуется с результатами измерений, выполненных ранее с худшим разрешением, и коррелирует с результатами выполненных недавно расчетов Шмидта и До Данга. Сравнения с данными нейтронных экспериментов, выполненных с высоким разрешением по времени пролета, и экспериментов по рассеянию электронов выявляют существование области структуры шириной около 2-3 МэВ, локализованные характеристики которой отражают особенности механизма возбуждения. Обсуждается влияние деформации и эффектов конфигурационного расщепления на сечение реакции, а также возможные направления дальнейших исследований, которые еще больше прояснили бы ситуацию.

The photoneutron cross section of  $^{20}\text{Ne}$  has been measured over a photon energy range 16 to 29 MeV in steps of 100 keV. The giant dipole resonance is resolved into three strong peaks below 21 MeV and at least two broader resonances at higher excitations. This structure is consistent with earlier measurements of poorer resolution and shows a correlation with the recent calculations of Schmid and Do Dang. Comparisons with high-resolution neutron time-of-flight and electron scattering data indicate the existence of regions of structure, roughly 2-3 MeV wide, which exhibit localised characteristics related to the excitation mechanisms. The role of deformation and configuration splitting effects in the cross section is discussed and possible directions of further study are noted which might clarify the situation more fully. \*

На пучке тормозного излучения измерены спектры фотопротонов из ядра  $^{23}\text{Na}$ . Верхняя граница тормозного спектра менялась в интервале 16-30 МэВ с шагом 1 МэВ. Из спектров фотопротонов получены сечения реакции  $^{23}\text{Na}(\gamma, p)^{22}\text{Ne}$  с образованием конечного ядра в различных состояниях. Экспериментальные результаты интерпретируются на основе спектроскопической информации о низколежащих уровнях ядра  $^{22}\text{Ne}$ , полученной в реакции  $^{23}\text{Na}(d, ^3\text{He})^{22}\text{Ne}$ . Дана оценка вклада  $Ip-Ih$  - конфигураций в формирование протонного канала распада гигантского дипольного резонанса ядра  $^{23}\text{Na}$ . Определены центры тяжести электрических дипольных переходов из разных оболочек.\*

Photoproton spectra from  $^{23}\text{Na}$  are measured in the bremsstrahlung beam. The end-point energy of the bremsstrahlung spectrum was varied between 16 and 30 MeV with a step of 1 MeV. Cross sections for the reaction  $^{23}\text{Na}(\gamma, p)^{22}\text{Ne}$  with production of the final nucleus in various states are obtained from the photoproton spectra. The experimental results are interpreted on the basis of the spectroscopic information on the low-lying levels in  $^{22}\text{Ne}$ , obtained from the reaction  $^{23}\text{Na}(d, ^3\text{He})^{22}\text{Ne}$ . The contribution from the  $Ip-Ih$  configurations to formation of the proton decay channel of the giant dipole resonance of the nucleus  $^{23}\text{Na}$  is estimated. The centroids of the electric dipole transitions from various shells are determined.\*

Высоковозбужденные 9-34 МэВ мультипольные резонансы в ядре  $^{24}\text{Mg}$  исследованы с помощью неупругого рассеяния электронов с энергией от 102 до 200 МэВ. Хорошо выраженные гигантские дипольные резонансы наблюдались при энергиях возбуждения 18,9 и 20 МэВ, причем форма их оказалась очень схожей с формой резонанса фотонейтронного сечения. Свыше 25 квадрупольных и 20 октупольных резонансов идентифицированы и выделены с помощью метода разложения по мультиполям. Дипольная сила исчерпывает изовекторное дипольное взвешенное по энергии правило сумм на величину  $(85^{+9}_{-1})\%$ . Квадрупольная и октупольная силы исчерпывают  $(117^{+23})\%$  и  $(115^{+23})\%$  величины соответствующего изоскалярного взвешенного по энергии правила сумм. В исследованной области энергий возбуждения также обнаружены такие свидетельства существования состояний более высокой мультипольности, как гексадекапольные переходы.

Highly excited multipole resonances of  $^{24}\text{Mg}$  between 9 and 34 MeV excitation energy have been investigated by inelastic electron scattering for incident energies in the 102 and 200 MeV range. Prominent giant dipole resonances were observed at 18.9 and 20 MeV excitation energy, with a shape which is very similar to the shape of the photoneutron cross section. Over twenty-five quadrupole and twenty octupole resonances were identified and separated by means of the multipole expansion method. The giant dipole strength exhausts  $(85^{+9}_{-1})\%$  of the isovector dipole energy-weighted sum rule. The quadrupole and the octupole strength exhaust  $(117^{+23})\%$  and  $(115^{+23})\%$  of the corresponding isoscalar energy-weighted sum rule, respectively. Evidence for the excitation of higher multipole states such as hexadecapole transitions was also found in the excitation energy region studied.\*

Угловое распределение  $\gamma$ -излучения реакции  $^{25}\text{Mg}(p,\gamma)^{26}\text{Al}$  измерено при  $E_p = 1716$  кэВ. Определены спин резонансного состояния, коэффициенты смешивания по мультипольностям и вероятности  $\gamma$ -переходов с резонансного состояния.

Angular distribution of  $\gamma$ -rays from the  $^{25}\text{Mg}(p,\gamma)^{26}\text{Al}$  reaction was measured at  $E_p = 1716$  keV. Spin of resonance state, mixing ratios and  $\gamma$ -transition probabilities for resonance state are deduced.

Энергетический сдвиг, обусловленный ионизацией К-оболочки, обнаружен в резонансных реакциях  $^{26}\text{Mg}(p,\gamma)^{27}\text{Al}$  при энергии 1288 кэВ и  $^{27}\text{Al}(p,\gamma)^{28}\text{Si}$  при энергии 922 кэВ. Измеренные вероятности К-оболочечной ионизации, сопровождающей реакции, оказались в 2 раза меньше вероятностей ионизации, рассчитанных в полуклассическом приближении (SCA) для полных потерь энергии протонами при прохождении через атомы при указанных резонансных энергиях.

An energy shift, due to K-shell ionization is observed for the 1288 keV  $^{26}\text{Mg}(p,\gamma)^{27}\text{Al}$  and the 922 keV  $^{27}\text{Al}(p,\gamma)^{28}\text{Si}$  resonance reactions. The measured probabilities for K-shell ionization accompanying the reactions, are half the calculated SCA ionization probabilities for a full passage of the proton through the atom at these resonance energies.  $\times$

Спектры фотопротонов из ядра  $^{27}\text{Al}$  получены при 14 значениях верхних границ энергий тормозного  $\gamma$ -излучения ( $E_{\gamma}^{\text{max}}$ ) в интервале энергий  $E_{\gamma}^{\text{max}} = 17.0 - 29.7$  МэВ. Из спектров рассчитаны парциальные сечения фотопротонной реакции с образованием конечного ядра в основном, первых двух возбужденных состояниях и в группах состояний с центрами тяжести 4.4; 6.6; 8.5; 11.0; 13.0 МэВ. Сумма парциальных сечений исчерпывает полное сечение реакции ( $\gamma,p$ ). Анализ экспериментальных результатов проведен совместно для ядер  $^{27}\text{Al}$ ,  $^{26}\text{Mg}$ ,  $^{28}\text{Si}$  с привлечением данных реакций подхвата. Оценена роль нуклонов различных оболочек и доля возбуждений типа I частица-I дырка в гигантском дипольном резонансе ядра  $^{27}\text{Al}$ . Рассматривается влияние структуры основного состояния ядер  $1d - 2s$ -оболочки на свойства гигантского резонанса.  $\times$

Photoproton spectra from  $^{27}\text{Al}$  are obtained at 14 values of the  $\gamma$ -ray bremsstrahlung end-point energy ( $E_{\gamma}^{\text{max}}$ ) in the region,  $E_{\gamma}^{\text{max}} = 17.0 - 29.7$  MeV. The partial cross sections for the photoproton reaction are calculated for production of the final nucleus in the ground state, in two lower excited states and in the state groups with the centroids of 4.4; 6.6, 8.5, 11.0 MeV. The sum of the partial cross sections saturates the total cross section for the ( $\gamma,p$ ) reaction. The experimental data are analysed simultaneously for  $^{27}\text{Al}$ ,  $^{26}\text{Mg}$ ,  $^{28}\text{Si}$  with account of the data on the pick-up reactions. The role of nucleons from various shells is estimated, as well as the fraction of the I particle - I hole excitation in the giant dipole resonance in the nucleus  $^{27}\text{Al}$ . The effect of the ground state structure in the  $1d-2s$  shell nuclei on the properties of the giant resonance is examined.  $\times$

Спектры фотопротонов из ядра  $^{27}\text{Al}$  измерены для области энергий возбуждения от 14.6 до 27.6 МэВ с шагом 400 кэВ. С помощью спектров получены с высоким разрешением фотопротонные сечения для низколежащих состояний конечного ядра. Большие интегральные сечения для этих состояний подтверждают интерпретацию результатов исследования  $\gamma$ -квантов, снимающих возбуждение с этих состояний, которые свидетельствуют о сильном заселении низколежащих состояний в процессах фоторасщепления. Результаты обсуждаются в рамках частично-дырочной модели. Предлагается объяснение различий сечений реакции с образованием разных конечных состояний, основанное на результатах анализа микроскопических конфигураций возможных состояний ДГР. Полученные данные сравниваются со спектроскопическими факторами, определенными в реакциях подхвата на ядре  $^{27}\text{Al}$ .

Photoproton spectra from  $^{27}\text{Al}$  were measured from 14.6 to 27.6 MeV excitation energy in 400 keV steps. From these high resolution photoproton cross sections to low-lying states of the residual  $^{26}\text{Mg}$  nucleus were deduced. The large integrated cross sections to these states justify the interpretation of the de-excitation  $\gamma$ -ray measurements which consistently indicate strong population of low-lying residual states following photodisintegration. Further the results are discussed with reference to the particle-hole model. By examination of the microscopic configurations of the possible DGR states an explanation is proposed for the difference in the cross sections to various residual states. Finally the results are compared with spectroscopic factors determined from pickup reactions on  $^{27}\text{Al}$ .

Фотонные силовые функции для электрического и магнитного дипольного излучения получены методом время-пролетной спектроскопии нейтронов с помощью данных по дискретным нейтронным резонансам. Данные достаточно хорошо группируются вблизи значений  $b(E1) = 0.04$  ед. Вейскопфа/МэВ и  $b(M1) = 1.4$  ед. Вейскопфа/МэВ соответственно.

Photon strength functions have been derived from discrete neutron resonance data for electric and magnetic dipole radiating using the method of slow neutron time-of-flight spectroscopy. The data cluster reasonably well around strength of  $b(E1) = 0.04$  Weisskopf units/MeV and  $b(M1) = 1.4$  Weisskopf units/MeV, respectively.

Измерены сечения упругого рассеяния фотонов на ядрах  $^{28}\text{Si}$  и  $^{52}\text{Cr}$  в области энергий ниже гигантского резонанса (5-16 МэВ). Наблюдаемая структура связывается с возбуждением групп уровней с изоспином  $T = 1$ . Для ядра  $^{52}\text{Cr}$  рассчитана фотонная силовая функция. Ее величина находится в хорошем согласии с теоретическими оценками.

The cross sections for elastic photon scattering on  $^{28}\text{Si}$  and  $^{52}\text{Cr}$  in the energy region below the giant resonance (5 to 16 MeV) have been measured. The observed structure is associated with excitation of a group of levels with isospin  $T = 1$ . For the  $^{52}\text{Cr}$  nucleus the photon force function has been calculated. Its value is in good agreement with the theoretical estimates.

Фотонейтронное сечение для ядра  $^{29}\text{Si}$  получено в области энергий 8-28 МэВ с помощью техники измерения кривой выхода на тормозном пучке. Обнаружен гигантский дипольный резонанс с центром тяжести при энергии 21.2 МэВ и шириной 5.5 МэВ. Кроме того, при энергии меньше 17 МэВ наблюдается гигантский резонанс с богатой тонкой структурой. Сделана попытка интерпретировать эти результаты в терминах слабой связи добавочного нейтрона с ядерным кором  $^{28}\text{Si}$ . Однако, детальные сравнения структуры и относительных величин сечений для ядер  $^{28}\text{Si}$  и  $^{29}\text{Si}$  показывают, что связь дополнительного нейтрона с ядерным кором оказывается сильной и существенно меняет волновую функцию кора.

The photoneutron cross section of  $^{29}\text{Si}$  has been measured over the energy range 8 to 28 MeV using the bremsstrahlung yield curve technique. The giant dipole resonance is observed to be centered at 21.2 MeV and is 5.5 MeV wide. In addition, a pygmy resonance containing much fine structure is observed below 17 MeV. An attempt is made to interpret these observations in terms of the weak coupling of the extra neutron to a  $^{28}\text{Si}$  core. However, detailed comparisons of the structure and relative strengths of the  $^{28}\text{Si}$  and  $^{29}\text{Si}$  cross sections reveal that the coupling of the extra-core nucleon is large and significantly modifies the core wave function. \*

При детальном изучении спектра гамма-квантов нейтронного захвата на хлоре в области энергий выше 1.6 МэВ обнаружено в общей сложности 234 перехода с интенсивностями, превышающими 0.04%. Проверки согласованности показывают, что средняя неопределенность в энергии для полного спектра гамма-квантов составляет 0.1 кэВ. Преобразование данных методом спектрального разложения показало, что многие ранее известные переходы оказались мультиплетами. Схема распада установлена с помощью новых фактов и достигнутой высокой точности для значений энергий переходов. Было обнаружено, что предложенная схема распада, объясняющая более 98% измеренных значений интенсивности и энергии уровней, имеет среднюю неопределенность 0.08 кэВ. На основе свободного от ошибок значения энергии отделения нейтрона от ядра  $^{15}\text{N}$  - 10833.30 кэВ, получены величины Q для реакций  $^{35}\text{Cl}(n,\gamma)^{36}\text{Cl}$  и  $^{37}\text{Cl}(n,\gamma)^{38}\text{Cl}$ , равные соответственно 8579.82 (2) и 6107.85 (10) кэВ.

A detailed study of the neutron-capture gamma-ray spectrum for chlorine, above an energy of 1.6 MeV, has revealed a total of 234 transitions with intensity greater than 0.04%. Consistency tests indicate that the average energy uncertainty for the entire set of gamma rays is 0.1 keV. Data reduction was accomplished by invoking spectral deconvolution techniques with the result that many previously reported transitions were found to be multiplets. A decay scheme was derived by making use of both these new findings and the high energy precision attained for the transition energies. The proposed decay scheme accounts for more than 98% of the observed intensity and the energy of the levels included were found to have an average uncertainty of 0.08 keV. Based upon an error-free  $^{15}\text{N}$  neutron separation energy of 10833.30 keV, the Q values for  $^{35}\text{Cl}(n,\gamma)^{36}\text{Cl}$  and  $^{37}\text{Cl}(n,\gamma)^{38}\text{Cl}$  were found to be 8579.82 (2) and 6107.85(10) keV, respectively. \*

Смешанные E2/M1 переходы из  $3/2^+$  основных состояний в первые возбужденные  $1/2^+$  состояния в ядрах  $^{39}\text{K}$  и  $^{41}\text{K}$  исследованы с помощью процессов неупругого рассеяния электронов при малых переданных импульсах. Обнаружено, что в сечениях доминируют E2 вклады, для величин  $B(E2)\uparrow$  получены значения  $18.9 \pm 1.8 e^2 \text{ ферми}^4$  в случае ядра  $^{39}\text{K}$  и  $23.9 \pm 4.2 e^2 \text{ ферми}^4$  в случае ядра  $^{41}\text{K}$ . В дополнение к величинам времен жизни указанных состояний для запрещенных по 1-переходов  $d_{3/2^- \rightarrow 1/2^-}$  определены значения  $B(M1)\uparrow$  которые оказались равными  $0.015 \pm 0.006 \mu_K^2$  для  $^{39}\text{K}$  и  $0.067 \pm 0.006 \mu_K^2$  для  $^{41}\text{K}$ .

The mixed E2/M1 transitions from the  $3/2^+$  ground states to the first excited  $1/2^+$  states in  $^{39}\text{K}$  and  $^{41}\text{K}$  were studied by low momentum transfer inelastic electron scattering. The E2 contribution dominates the cross section and  $B(E2)\uparrow$  values for  $^{39}\text{K}$  of  $18.9 \pm 1.8 e^2 \text{ fm}^4$  and for  $^{41}\text{K}$  of  $23.9 \pm 4.2 e^2 \text{ fm}^4$  were obtained. Together with the measured lifetimes of these states  $B(M1)\uparrow$  values for the 1-forbidden  $d_{3/2^- \rightarrow 1/2^-}$  transition are deduced to be  $0.015 \pm 0.006 \mu_K^2$  in  $^{39}\text{K}$  and  $0.067 \pm 0.006 \mu_K^2$  in  $^{41}\text{K}$ .  $\square$

Проводится обзор последних достижений в исследованиях ядерных спиновых возбуждений. Результаты  $(e, e')$  измерений в области гигантского M1 состояния ядра  $^{48}\text{Ca}$  и систематика гамов-теллеровских состояний, наблюдаемых в  $(p, n)$  реакциях при промежуточных энергиях, дают ясную картину спиново-зависимой динамики. Сила эффективного взаимодействия согласуется с известным представлением о ядерных силах. Однако силы возбуждения оказываются по величине много меньше значений, предсказываемых оболочечно-модельной теорией. Это расхождение может быть понято хотя бы частично при учете дополнительных адронных степеней свободы.

The recent progress in the study of nuclear spin excitations is reviewed. The  $(e, e')$  measurements of the giant M1 state in  $^{48}\text{Ca}$  and the systematics of the giant Gamow-Teller state seen in the intermediate energy  $(p, n)$  reaction give a clear picture of the spin-dependent dynamics. The effective interaction strength is consistent with previous knowledge of the nuclear force. However, the excitation are much smaller than shell-model theory predicts. This may be understood at least partially by considering additional hadronic degrees of freedom.  $\square$

Приводятся сечения гигантских электрических дипольных и квадрупольных резонансов для ядер  $^{42}\text{Ca}$  и  $^{44}\text{Ca}$ , измеренные с помощью неупругого рассеяния электронов с энергиями между 124 и 250 МэВ. Спектры разделены на дипольные и квадрупольные компоненты, а также определены вклады других высших мульти-

We present the giant electric-dipole and electric-quadrupole cross sections of  $^{42}\text{Ca}$  and  $^{44}\text{Ca}$  measured by inelastic electron scattering with incident energies between 124 and 250 MeV. Spectra were decomposed into dipole, quadrupole and other higher multipole components. The giant dipole resonan-

полностью. Для обоих ядер гигантские дипольные резонансы имеют большую ( $\sim 12$  МэВ) ширину и, по крайней мере, по две заметных структурных особенности. Квадрупольные резонансы группируются в нескольких областях энергии между 10 и 22 МэВ, исчерпывая величины  $(61 \pm 9)\%$  в ядре  $^{42}\text{Ca}$  и  $(46 \pm 7)\%$  в ядре  $^{44}\text{Ca}$  от значений, предсказываемых изоскалярным энергетически-взвешенным правилом сумм, соответственно. В этой же области энергий возбуждения были обнаружены и резонансы высших мультипольностей. Наблюдавшаяся структура дипольных и квадрупольных резонансов обсуждается в рамках коллективной модели; высказывается предположение о том, что расщепление дипольного резонанса в ядре  $^{44}\text{Ca}$  может отражать влияние ядерной деформации.

40 Assafiri Y.I. and Thompson M.N.  
Nucl. Phys., A 357, 429-436.

res in both nuclei have a large width of approximately 12 MeV, with at least two gross resonance structures. The quadrupole resonances are distributed in several clusters between 10 and 22 MeV, depleting  $(61 \pm 9)\%$  in  $^{42}\text{Ca}$  and  $(46 \pm 7)\%$  in  $^{44}\text{Ca}$  of the isoscalar energy-weighted sum rule, respectively. Higher multipole resonances were also found in the same excitation energy region. The observed structure in the dipole and quadrupole resonances are examined in terms of the collective model, and it is suggested that the splitting of the dipole resonance in  $^{44}\text{Ca}$  may reflect the effect of nuclear deformation. \*

THE  $^{42}\text{Ca}$  PHOTONEUTRON CROSS SECTION.

Реакция  $^{42}\text{Ca}(\gamma, n_t)^{41}\text{Ca}$  была исследована в области энергий от 10.5 до 28 МэВ при использовании обогащенной металлической мишени и техники кривых выхода. В полученном сечении обнаружена гросс-структура, характеристики которой согласуются с предсказаниями концепции изоспинового расщепления гигантского дипольного резонанса.

41 Hartry P.D. and Thompson M.N.  
Austr. J. Phys., 34, 505-510.

The reaction  $^{42}\text{Ca}(\gamma, n_t)^{41}\text{Ca}$  has been measured from 10.5 MeV to 28 MeV using an enriched metal target and the yield curve technique. The resultant cross section shows gross structure which is shown to be consistent with predictions of isospin splitting of the giant dipole resonance. \*

THE PHOTONEUTRON CROSS SECTION OF  $^{44}\text{Ca}$ .

Сечения фотонейтронной реакции  $^{44}\text{Ca}(\gamma, n_g)$  измерено в области энергий фотонов 11-26 МэВ. Сравнение с сечением реакции  $^{44}\text{Ca}(\gamma, p)$  свидетельствует о проявлении изоспинового расщепления дипольного гигантского резонанса (ДГР) в соответствии с предсказаниями. Обнаружены также некоторые свидетельства деформационного расщепления ДГР ядра  $^{44}\text{Ca}$ .

Measurement of the photoneutron cross section  $^{44}\text{Ca}(\gamma, n_g)$  has been made over the photon energy range 11-26 MeV. Comparison with the  $^{44}\text{Ca}(\gamma, p)$  cross section shows evidence for isospin splitting of the giant dipole resonance (DGR) in agreement with the predictions. Some evidence has also been found for deformation splitting of the  $^{44}\text{Ca}$  DGR. \*

42 Нова В.И., Пашук С.А., Ранж Ю.Н., Сорокин П.В. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ  $^{45}\text{Sc}(\gamma, n)_{e, e' n}^{44m}\text{Sc}$ . Ядерная физика, 34, 1431-1433.

Методом наведенной активности исследовались реакции  $^{45}\text{Sc}(\gamma, n)_{e, e' n}^{44m}\text{Sc}$ . Мишени облучались пучком электронов при энергиях 165, 195, 225, 260 МэВ. Применение спаренных мишеней

The reactions  $^{45}\text{Sc}(\gamma, n)_{e, e' n}^{44m}\text{Sc}$  were investigated by means of induced activity method. The targets were exposed to electron beams at the energies 165, 195, 225, 260 MeV.

скандия, разделенных конвертором из тантала, позволило определить отношение сечений фото- и электрорасщепления ядер. Сравнение экспериментальных и теоретических результатов указывает на доминирующую роль E1- и небольшую примесь E2-переходов в исследуемых реакциях.<sup>ж</sup>

Using double targets of scandium separated by a tantalum converter the authors were able to determine the ratio of photo- and electro-disintegrations of the nuclei. Comparison of the experimental data with theoretical calculations indicates a dominating role of the E1 transitions with a small admixture of the E2 transitions in the considered reactions.<sup>ж</sup>

- 43 Berant Z., Birenbaum Y., Moreh R. and Shahal O. STUDY OF THE  $^{49}\text{Ti}$  ENERGY LEVELS USING THE  $(\gamma, \gamma')$  AND THE  $(\gamma, n)$  REACTIONS. Nucl. Phys., A 368, 201-209.

На пучке фотонов, полученных из реакции  $\text{Cr}(n, \gamma)$ , в ядре  $^{49}\text{Ti}$  возбуждался несвязанный уровень с энергией 8884 кэВ. Изучены характеристики  $\gamma$ -распада и  $n$ -распада этого уровня с помощью измерения угловых распределений и поляризаций. Определены также спины и четности ряда уровней ядра  $^{49}\text{Ti}$ . Определены нейтронная и полная радиационная ширины уровня с энергией 8884 кэВ:

$$\Gamma_n = 0.25 \pm 0.05 \text{ эВ}, \Gamma_\gamma = 2.55 \pm 0.80 \text{ эВ}.$$

An unbound level in  $^{49}\text{Ti}$  at 8884 keV was photoexcited using a  $\gamma$ -beam obtained from the  $\text{Cr}(n, \gamma)$  reaction. The  $\gamma$ -decay and  $n$ -decay properties of this level were studied using angular distribution and polarization measurements. Thus spin and parity assignments of some levels in  $^{49}\text{Ti}$  were made. The neutron width and the total radiative width of the 8884 keV level were determined to be:  $\Gamma_n = 0.25 \pm 0.05 \text{ eV}, \Gamma_\gamma = 2.55 \pm 0.80 \text{ eV}.$ <sup>ж</sup>

- 44 Kennett S.R., Mitchell L.W., Anderson M.R. and Sargood D.G. CROSS-SECTION MEASUREMENTS AND THERMONUCLEAR REACTION RATES FOR  $^{46}\text{Ti}(p, \gamma)^{47}\text{V}$ ,  $^{47}\text{Ti}(p, \gamma)^{48}\text{V}$ ,  $^{47}\text{Ti}(p, n)^{47}\text{V}$  AND  $^{48}\text{Ti}(p, \gamma)^{49}\text{V}$ . Nucl. Phys., A 368, 337-351.

Выходы  $\gamma$ -квантов из реакции  $^{46}\text{Ti}(p, \gamma)^{47}\text{V}$  измерены как функции энергии налетающих частиц в области 0.72 - 3.00 МэВ из реакции  $^{47}\text{Ti}(p, \gamma)^{48}\text{V}$  - в области энергий 0.74 - 3.50 МэВ, из реакции  $^{48}\text{Ti}(p, \gamma)^{49}\text{V}$  - в области энергий 0.72 - 4.40 МэВ. Измерены также выходы вторичных  $\gamma$ -квантов из реакций  $(p, p')$  для всех трех мишеней и рассчитаны сечения реакций  $(p, p')$  для первых возбужденных состояний протонных групп ядер  $^{46}\text{Ti}$  и  $^{48}\text{Ti}$  и для десяти протонных групп ядра  $^{47}\text{Ti}$ . В реакции  $^{47}\text{Ti}(p, n)^{47}\text{V}$  в области энергий от порога до 4.40 МэВ измерен выход нейтронов. При сравнении этих данных с результатами расчетов в рамках статистической модели обнаруживается хорошее согласие. Вероятности термоядерных реакций для процессов  $(p, \gamma)$  и  $(p, n)$  вычисляются в диапазоне температур  $5 \times 10^8 - 10^{10}\text{K}$ , который включает область температур, представляющую интерес для расчетов ядерного синтеза.

The yield of  $\gamma$ -rays from the reaction  $^{46}\text{Ti}(p, \gamma)^{47}\text{V}$  has been measured as a function of bombarding energy over the range 0.72 - 3.00 MeV, from  $^{47}\text{Ti}(p, \gamma)^{48}\text{V}$  over the range 0.74-3.50 MeV, and from  $^{48}\text{Ti}(p, \gamma)^{49}\text{V}$  over the range 0.72-4.40 MeV. The yields of  $\gamma$ -rays following  $(p, p')$  reactions on all three targets were also measured and  $(p, p')$  cross sections were deduced for the first excited state proton groups for  $^{46}\text{Ti}$  and  $^{48}\text{Ti}$  and for the ten proton groups for  $^{47}\text{Ti}$ . The yield of neutrons from the reaction  $^{47}\text{Ti}(p, n)^{47}\text{V}$  has been measured over the range from threshold to 4.40 MeV. All these data are compared with statistical-model calculations and good agreement is achieved. Thermonuclear reaction rates for the  $(p, \gamma)$  and  $(p, n)$  reactions are calculated for the temperature range  $5 \times 10^8 - 10^{10}\text{K}$  which includes the range of temperatures of interest in nucleosynthesis calculations.<sup>ж</sup>



С целью изучения каналов распада состояний гигантского дипольного резонанса ядра  $^{52}\text{Cr}$ , при 10 значениях максимальной энергии тормозного  $\gamma$ -излучения в области  $E_{\gamma}^{\text{max}} = 10 - 32$  МэВ измерены спектры  $\gamma$ -квантов из реакции  $^{52}\text{Cr}(\gamma, \chi\gamma')$ . Установлены уровни, заселяемые в реакциях  $^{52}\text{Cr}(\gamma, n\gamma')$   $^{51}\text{Cr}$  и  $^{52}\text{Cr}(\gamma, p\gamma')$   $^{51}\text{V}$ , определены соответствующие интегральные сечения. Для наиболее сильных из уровней, наблюдавшихся в спектрах, измерены кривые выхода и методом обратной матрицы рассчитаны сечения различных каналов реакции.

The  $\gamma$ -quanta spectra from the  $^{52}\text{Cr}(\gamma, \chi\gamma')$  reaction have been measured at ten values of the  $\gamma$ -bremsstrahlung end-point energy in the region  $E_{\gamma}^{\text{max}} = 10 - 32$  MeV to study the decay channels for the states of the  $^{52}\text{Cr}$  giant dipole resonance. The levels occupied in the reactions  $^{52}\text{Cr}(\gamma, n\gamma')$   $^{51}\text{Cr}$  and  $^{52}\text{Cr}(\gamma, p\gamma')$   $^{51}\text{V}$  and the corresponding integrated cross sections have been determined. For the most intense levels of those observed in the spectra the yield curves have been measured and the cross section for the various reaction channels calculated by the inverse matrix method.

С целью поиска магнитной дипольной силы на пучке поляризованного тормозного излучения выполнены экспериментальные исследования ядерной резонансной флуоресценции. Не подтверждена сделанная ранее интерпретация уровней при энергиях 7730, 7896, и 9787 кэВ в ядре  $^{52}\text{Cr}$  как М1 возбуждений. Эти уровни оказываются обусловленными неожиданно сильными Е1-возбуждениями (больше 1m единицы Вайскопфа). Оставшаяся неидентифицированная М1 сила с величиной  $\sum B(M1) \uparrow = 2.5 \pm 0.7 \mu_K^2$  хорошо согласуется с наблюдаемой недостающей М1 силой в тяжелых ядрах.

Nuclear resonance fluorescence experiments with polarized bremsstrahlung were performed to search for magnetic dipole strength. Previous interpretations that states at 7730, 7896 and 9787 keV in  $^{52}\text{Cr}$  are due to M1 excitations can not be confirmed. These transitions are unexpectedly strong E1 excitations, exceeding 1 m Weisskopf unit in strength. The remaining identified M1 strength of  $\sum B(M1) \uparrow = 2.5 \pm 0.7 \mu_K^2$  is in agreement with the observation of missing M1 strength in heavy nuclei.  $\ddagger$

Квазимонохроматические фотоны использованы для измерения сечений упругого и неупругого рассеяния в области гигантского дипольного резонанса ядер  $^{52}\text{Cr}$ , Fe,  $^{60}\text{Ni}$ ,  $^{92}\text{Mo}$  и  $^{96}\text{Mo}$  в эксперименте, в котором вклады этих процессов были разделены. Сечения упругого рассеяния ясно свидетельствуют о проявлении изоспинового расщепления гигантского диполь-

Quasimonochromatic photons have been used to measure elastic and inelastic photon scattering cross sections in the giant dipole resonance region of  $^{52}\text{Cr}$ , Fe,  $^{60}\text{Ni}$ ,  $^{92}\text{Mo}$  and  $^{96}\text{Mo}$  in an experiment in which the elastic and inelastic scattering are resolved. The elastic scattering cross sections show clear evidence for isospin splitting

ного резонанса. Данные по неупругому рассеянию с возбуждением низлежащих вибрационных состояний, отражающему связь гигантского дипольного резонанса с коллективными поверхностными колебаниями, качественно согласуются с предсказаниями динамической коллективной модели. Однако, детальное сравнение свидетельствует о том, что модель не обеспечивает адекватного описания данных по рассеянию.

of the giant dipole resonance. The inelastic scattering to low-lying vibrational levels, which is a measure of the coupling between the giant dipole resonance and collective surface vibrations, is in qualitative agreement with the predictions of the dynamic collective model. However, when examined in detail, this model does not provide an adequate description of the scattering data. \*

48 Kennett S.R., Mitchell L.W., Anderson M.R. and Sargood D.G. CROSS-SECTION MEASUREMENTS AND THERMONUCLEAR REACTION RATES FOR  $^{52}\text{Cr}(p,\gamma)^{53}\text{Mn}$  AND  $^{54}\text{Fe}(p,\gamma)^{55}\text{Co}$ . Nucl. Phys., A 363, 233-241.

Выходы  $\gamma$ -квантов как функции энергии налетающих частиц измерены для реакций  $^{52}\text{Cr}(p,\gamma)^{53}\text{Mn}$  и  $^{52}\text{Cr}(p,p'\gamma)^{52}\text{Cr}$  в области 0.84 - 4.00 МэВ и реакций  $^{54}\text{Fe}(p,\gamma)^{55}\text{Co}$  и  $^{54}\text{Fe}(p,p'\gamma)^{54}\text{Fe}$  в области 1.05 - 3.69 МэВ. Все выходы  $\gamma$ -квантов оказались почти в 2 раза меньше значений, предсказываемых расчетами в рамках статистической модели, базирующейся на общих наборах параметров. Эти параметры брались из литературы для реакций под действием протонов на ядрах  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{50}\text{Ti}$  и  $^{51}\text{V}$ , которые подобно ядрам  $^{52}\text{Cr}$  и  $^{54}\text{Fe}$  имеют замкнутую оболочку из 28 нейтронов и для которых статистически-модельные расчеты также приводят к большему почти в 2 раза значениям. В случае ядер с  $N = 28$  для мнимой части потенциала взаимодействия в протонном канале получено новое выражение, позволившее достигнуть удивительного согласия между экспериментальными и рассчитанными сечениями. Скорости термонуклеарных реакций для  $(p,\gamma)$  на ядрах  $^{52}\text{Cr}$  и  $^{54}\text{Fe}$  рассчитаны для области температур  $(0.6 - 10.0) \times 10^9$  К.

The yields of  $\gamma$ -rays from the reactions  $^{52}\text{Cr}(p,\gamma)^{53}\text{Mn}$  and  $^{52}\text{Cr}(p,p'\gamma)^{52}\text{Cr}$  have been measured as a function of bombarding energy over the range 0.84-4.00 MeV, and from the reactions  $^{54}\text{Fe}(p,\gamma)^{55}\text{Co}$  and  $^{54}\text{Fe}(p,p'\gamma)^{54}\text{Fe}$  over range 1.05-3.69 MeV. All  $\gamma$ -ray yields were lower by factors of order of 2 than those predicted by statistical model calculations based on global parameter scale. Data are taken from the literature for proton induced reactions on  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{50}\text{Ti}$  and  $^{51}\text{V}$  which like  $^{52}\text{Cr}$  and  $^{54}\text{Fe}$  contain a closed shell of 28 neutrons, and for which statistical model calculations were also high by factors of order of 2 or more. A new prescription for obtaining the imaginary well depth for the proton channel is proposed for  $N = 28$  nuclei and it is shown to result in a striking improvement in the agreement between experimental and calculated cross sections. Thermonuclear reaction rates for the  $(p,\gamma)$  reactions on  $^{52}\text{Cr}$  and  $^{54}\text{Fe}$  are calculated for the temperature range  $(0.6-10) \times 10^9$  K. \*

49 Gardner H.J., Mitchell L.W., Kennett S.R., Anderson M.R. and Sargood D.G. CROSS SECTION MEASUREMENTS FOR THE REACTIONS  $^{53}\text{Cr}(p,\gamma)^{54}\text{Mn}$ ,  $^{53}\text{Cr}(p,n)^{53}\text{Mn}$  AND  $^{53}\text{Cr}(p,p')^{53}\text{Cr}$ . Austr. J. Phys., 34, 25-33.

Сечения реакций  $^{53}\text{Cr}(p,\gamma)^{54}\text{Mn}$ ,  $^{53}\text{Cr}(p,n)^{53}\text{Mn}$  и  $^{53}\text{Cr}(p,p')^{53}\text{Cr}$  измерены в области энергий протонов 0.88 - 2.40 МэВ. Данные сравниваются с результатами расчетов в рамках статистической модели, использующей параметры обобщенной оптической модели и учитывающей отдельные особенности изобар-анало-

Cross sections have been measured for the reactions  $^{53}\text{Cr}(p,\gamma)^{54}\text{Mn}$ ,  $^{53}\text{Cr}(p,n)^{53}\text{Mn}$  and  $^{53}\text{Cr}(p,p')^{53}\text{Cr}$  over the proton energy range 0.88-2.40 MeV. The results are compared with the predictions of statistical model calculations with global optical model parameters, with particular reference to the role of iso-

гоных резонансов. Для всех трех реакций достигается удовлетворительное согласие между теорией и экспериментом.

beric analogue resonances. Satisfactory agreement between theory and experiment is achieved for all three reactions. \*

50

Lindgren R.A., Flanz J.B., Hicks R.S., Parker B., Peterson G.A., Lawson R.D., Teeters W., Williamson C.F., Kowalski S. and Maruyama Y.K. COMPARISON OF INELASTIC ELECTRON SCATTERING WITH  $[\epsilon_{9/2} \otimes (f_{7/2}^{-3})] 8^-$  SHELL-MODEL CALCULATIONS FOR THE  $T = 1$  AND  $T = 2, 8^-$  STATES IN  $^{54}\text{Fe}$ . Phys. Rev. Lett., 46, 706-709.

Для идентификации M8 переходов и интерпретации состояний при энергиях  $E_x = 8.314, 8.949, 9.974, 10.677$  и  $13.263$  МэВ как уровней с  $J^\pi = 8^-$  использован процесс неупругого рассеяния электронов. Оболочечно-модельные расчеты в модельном пространстве  $[\epsilon_{9/2} \otimes (f_{7/2}^{-3})] 8^-$  подтверждают, что из упомянутых состояний, 4 нижних имеют  $T = 1$ , а сильнейшее - при энергии  $13.263$  МэВ -  $T = 2$ .

Inelastic electron scattering is used to identify M8 transitions and assign  $J^\pi = 8^-$  to states at  $E_x = 8.314, 8.949, 9.974, 10.677$ , and  $13.263$  MeV excitations. Shell-model calculations within the model space  $[\epsilon_{9/2} \otimes (f_{7/2}^{-3})] 8^-$  suggest that the four lowest states are  $T = 1$  and the strongest excitation, to the state at  $13.263$  MeV, is  $T = 2$ . \*

51

Dodge W.R., Leicht R.G., Hayward E. and Wolyneec E. ELECTRODISINTEGRATION OF  $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{59}\text{Co}$  and  $^{64}\text{Zn}$ . Phys. Rev., C 24, 1952-1960.

Сечения реакций  $(e, p)$  и  $(e, \alpha)$  на ядрах  $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{59}\text{Co}$  и  $^{64}\text{Zn}$  измерены в области энергий электронов 16 - 100 МэВ. Они проанализированы с использованием спектров E1 и E2 виртуальных фотонов, рассчитанных в борновском приближении с искаженными волнами. Определены E1 и E2 компоненты протонных и  $\alpha$ -частичных каналов.

The  $(e, p)$  and  $(e, \alpha)$  cross sections for  $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{59}\text{Co}$  and  $^{64}\text{Zn}$  have been measured in the electron energy range 16-100 MeV. They have been analysed using the distorted-wave Born approximation E1 and E2 virtual photon spectra. The E1 and E2 components in the proton and  $\alpha$  channels have been obtained. \*

52

Paradellis T., Vourvopoulos G., Costa C. and Sheldon E. USE OF THE  $(p, \gamma)$  REACTION ON SRMI-THICK TARGETS IN THE SPECTROSCOPY OF ODD MASS NUCLEI. Phys. Rev., C 24, 398-410.

Угловые распределения однократных  $\gamma$ -квантов, полученные для реакций  $(p, \gamma)$  на мишенях  $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{62}\text{Ni}$ ,  $^{66}\text{Zn}$  и  $^{68}\text{Zn}$ , имеющих толщины 3 - 5 мг/см<sup>2</sup>, используются для расчета статистических тензоров процессов ориентирования низколежащих уровней ядер  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{63}\text{Cu}$ ,  $^{67}\text{Ga}$  и  $^{69}\text{Ga}$ . Результаты свидетельствуют о том, что эти уровни можно относительно сильно ориентировать, причем эта ориентированность зависит только от значения спина низколежащего состояния. Эта особенность дает возможность создать метод спектроскопического исследования ядер с нечетными массовыми числами.

Singles  $\gamma$ -ray angular distributions obtained from the  $(p, \gamma)$  reaction on  $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{62}\text{Ni}$ ,  $^{66}\text{Zn}$  and  $^{68}\text{Zn}$  targets having a thickness of 3-5 mg/cm<sup>2</sup> are used to evaluate the statistical tensors for the alignment of the low-lying levels of  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{63}\text{Cu}$ ,  $^{67}\text{Ga}$  and  $^{69}\text{Ga}$ . The results show that these levels acquire a relatively strong alignment which depends only on the spin of the low-lying state. This fact makes the method suitable for spectroscopic investigation of odd mass nuclei. It has also been found that the observed Doppler shift of the transition in

Было также обнаружено, что наблюдаемый для переходов в этих ядрах доплеровский сдвиг в рамках предположения о времени боковой подпитки  $\sim 20$  фемтосек для  $\gamma$ -каскадов континуума может давать информацию о временах жизни возбужденных состояний. Возможности метода иллюстрируются результатами исследования свойств уровней ядра  $^{69}\text{Ga}$ .

these nuclei can yield information on the lifetimes of the excited states upon the assumption of a side feeding time of 20 fs for the continuum  $\gamma$  cascades. The method is illustrated with the examination of the level properties of the  $^{69}\text{Ga}$  nucleus.  $\equiv$

53 Ackerkmann K., Bangert K., Berg U.E.P., Junghans G., Schneider R.K.M., Stock R. and Wienhard K. GROUND STATE DIPOLE TRANSITIONS IN  $^{58}\text{Ni}$ . Nucl. Phys., A 372, 1-12.

С целью поиска дипольных возбуждений связанных состояний на пучке тормозного излучения с помощью Ge(Li) детекторов выполнены измерения ядерной резонансной флуоресценции в ядре  $^{58}\text{Ni}$ . В области энергий от 6 до 10 МэВ были обнаружены 10 уровней с ширинами переходов в основное состояние, большими 0,3 эВ, для которых приводятся парциальные данные об энергиях возбуждения, спинах и временах жизни. Измеренные вероятности переходов сравниваются с теоретическими вероятностями E1 и M1 возбуждений в ядре  $^{58}\text{Ni}$ . Так как величины сечений реакции  $^{58}\text{Ni}(\gamma, \gamma)$  определялись по отношению к сильным переходам в ядре  $^{208}\text{Pb}$ , приводятся также результаты отдельного измерения для реакции  $^{208}\text{Pb}(\gamma, \gamma)$ .

Nuclear resonance fluorescence measurements on  $^{58}\text{Ni}$  with bremsstrahlung and Ge(Li) detectors were performed to search for bound state dipole excitations. Ten levels with ground state decay widths larger than 0.3 eV have been observed in the energy region between 6 and 10 MeV for which precise excitation energies, spins and lifetimes are reported. The measured transitions probabilities are compared with theoretical estimates of E1 and M1 strength in  $^{58}\text{Ni}$ . Since the  $^{58}\text{Ni}(\gamma, \gamma)$  cross sections were determined relative to strong transitions in  $^{208}\text{Pb}$ , the results of a separate  $^{208}\text{Pb}(\gamma, \gamma)$  measurement are also presented.  $\equiv$

54 Bertrand F.E. GIANT MULTIPOLE RESONANCES - PERSPECTIVES AFTER TEN YEARS. Nucl. Phys., A 354, 129c-155c.

Около 10 лет назад были опубликованы доказательства существования первого из обнаруженных, так называемых гигантских мультипольных резонансов - гигантского квадрупольного резонанса. В последующие годы исследования в этой новой области проводились во многих ядерно-физических лабораториях во всем мире. В данном сообщении дан обзор современного состояния исследований электрических гигантских мультипольных резонансов. Другие сообщения на этой конференции посвящены описанию магнитных гигантских резонансов, мод распада гигантских резонансов и теоретическим следствиям из "новых" гигантских резонансов.

Nearly ten years ago evidence was published for the first of the so-called giant multipole resonances, the giant quadrupole resonance. During the ensuing years research in this new field has spread to many nuclear physical laboratories throughout the world. A review of the present status of electric giant multipole resonances is provided in this presentation. Other presentations to this conference will describe magnetic giant resonances, giant resonance decay modes, and theoretical implications of the "new" giant resonances.  $\equiv$

55

Lindgren R.A., Plum M.A., Gerace W.J., Hicks R.S., Parker B., Peterson G.A., Singhal R., Williamson C.F., Maruyama I.K. and Petrovich F. ISOSPIN SPLITTING OF ISOVECTOR HIGH-SPIN "STRETCHED" PARTICLE-HOLE EXCITATIONS IN NON-SELF-CONJUGATE NUCLEI. Phys. Rev. Lett., 47, 1266-1269.

С целью параметризации энергетической систематики изоспинового расщепления высокоспиновых магнитных состояний в несамоспряженных ядрах использована простая модель Лейна. Определено значение параметра силы  $V_I = 106 \pm 10$  МэВ.

A simple Lane model is used to parametrize the energy systematics of the isospin splitting of high-spin magnetic states in non-self-conjugate nuclei. A strength parameter  $V_I = 106 \pm 10$  MeV is found. \*

56

De Barros S., Eichler J., Gaspar M. and Goncalves O. RAYLEIGH SCATTERING OF 468 keV PHOTONS BY DIFFERENT ATOMS. Phys. Rev., C 24, 1765-1768.

Дифференциальные сечения упругого рассеяния  $\gamma$ -квантов с энергией 468 кэВ измерены для ядер Pb, W, Sn, Cd, Ag, Mo и Cu в области углов от 5 до 40°. Данные сравнивались с результатами расчетов в приближении форм-факторов, с использованием волновых функций Дирака-Хартри-Фока-Слатера, затабулированных Хаббелом, а также в ряде случаев - в приближении теории возмущений второго порядка. Для ядер W и Pb отклонения от теории форм-фактора наблюдаются для протонов, рассеиваемых на углы, большие угла 20°, соответствующего передаваемым импульсам порядка в  $\text{Å}^{-1}$ .

Differential cross section for elastic scattering of 468 keV  $\gamma$ -rays were measured for Pb, W, Sn, Cd, Ag, Mo and Cu for angles ranging from 5° to 40°. The results were compared with form factor approximations using Dirac-Hartree-Fock-Slater wave functions, as tabulated by Hubbel, and in some cases, with second order perturbation calculations. For W and Pb deviations from the form factor theory occur for photons scattered above 20° corresponding to a momentum transfer of  $6 \text{ Å}^{-1}$ . \*

57

Garg J.B., Tikku V.K., Halperin J. and Macklin R. NEUTRON CAPTURE CROSS SECTION IN  $^{64}\text{Zn}$ . Phys. Rev., C 23, 683-694.

Измерения полного нейтронного сечения захвата на выделенном изотопе  $^{64}_{30}\text{Zn}$  проведены в интервале энергий 2.5 - 900 кэВ. Эксперимент выполнен с использованием техники времени пролета и системы детектирования полной энергии  $\gamma$ -квантов с номинальным разрешением 0.12 нсек/м. Для 191 резонанса в области энергий до 131 кэВ определены энергии и области захвата. Величины радиационных и нейтронных ширин для многих резонансов были определены с использованием результатов измерений передачи. На основе этих результатов установлены средние значения  $\langle \Gamma_\gamma \rangle = (726 \pm 60)$  МэВ для s-волновых и  $\langle \Gamma_\gamma \rangle = (272 \pm 30)$  МэВ для p-волновых резонансов. Величина p-волновой силовой функции  $S_I = (0.75 \pm 0.08) \times 10^{-4} \text{ эВ}^{-1/2}$  получена для энергии нейтронов в области до 130 кэВ.

Total neutron capture cross section measurements of the separated isotope of  $^{64}_{30}\text{Zn}$  have been made in the energy interval of 2.5 - 900 keV. These were made using time-of-flight techniques and a total energy  $\gamma$ -ray detector system with a nominal resolution of about 0.12 ns/m. Resonance energies and capture areas were determined for 191 resonances up to 131 keV. Values of the radiation widths and neutron widths for many resonances have been determined making use of the results available from transmission measurements. From these results mean values of  $\langle \Gamma_\gamma \rangle = (726 \pm 60)$  MeV for s-wave and  $\langle \Gamma_\gamma \rangle = (272 \pm 30)$  MeV for p-wave resonances have been determined. A value for the p-wave strength function  $S_I = (0.75 \pm 0.08) \times 10^{-4} \text{ ev}^{-1/2}$  was obtained for neutron ener-

С помощью теоремы Байеса для условной вероятности идентифицированы  $d$ -волновые уровни, и получен нижний предел величины  $d$ -волновой силовой функции  $S_2 = (0.78 \pm 0.12) \text{ эВ}^{-1/2}$ . Величины среднего интервала между  $p$ -волновыми уровнями для всех резонансов, обнаруженных в области энергий до 130 кэВ, после выделения  $d$ -волновых резонансов оказались равными  $(0.68 \pm 0.04)$  и  $(1.10 \pm 0.07)$  кэВ соответственно. Анализ коэффициента линейной корреляции ( $\rho$ ) между  $\Gamma_n^0$  и  $\Gamma_\gamma$  привел к величине  $(0.47 \pm 0.08)$  со степенью достоверности 99.7%.

By using Bayes' theorem for conditional probability was used to identify  $d$ -wave levels and from these resonances a lower limiting value for  $d$ -wave strength function  $S_2 = (0.78 \pm 0.12) \times 10^{-4} \text{ eV}^{-1/2}$  was obtained. The values for the  $p$ -wave mean level spacing for all resonances observed up to 130 keV, and after elimination of  $d$ -wave resonances, were found to be  $(0.68 \pm 0.04)$  and  $(1.10 \pm 0.07)$  keV, respectively. An analysis of the linear correlation coefficient ( $\rho$ ) between  $\Gamma_n^0$  and  $\Gamma_\gamma$  gave a value of  $(0.47 \pm 0.08)$  at a confidence level of 99.7%. \*

58 Rullhusen P., Mückenheim W., Smend F., Schumacher M., Berg G.P.A., Mørk K., and Kissel L. TEST OF VACUUM POLARIZATION BY PRECISE INVESTIGATION OF DELBRÜCK SCATTERING. Phys. Rev., C 23, 1375-1383.

Сечения упругого рассеяния фотонов с энергией 2.754 МэВ были измерены на ядрах с атомными номерами 30, 42, 50, и 58 на углы от 60 до 120° со средней точностью  $\sim 2.8\%$  при использовании в качестве источника изотопа  $^{24}\text{Na}$ . Для указанных экспериментальных условий на базе фейнмановских диаграмм низших порядков со средней точностью 1% были рассчитаны амплитуды дельбрюкковского рассеяния. Для тех же условий на основе  $S$ -матрицы второго порядка при использовании волновых функций Дирака-Хартри-Фока-Слэтера были рассчитаны амплитуды рэлеевского рассеяния. Эти исследования подтверждают справедливость в пределах точности  $\sim 5\%$  дельбрюкковской теории низших порядков. Это соответствует новой проверке величины поляризации вакуума порядка  $\propto (Z\alpha)^2$ .

Using sources of  $^{24}\text{Na}$ , differential cross sections for elastic scattering of 2.754 MeV photons have been measured for angles between 60 and 120° and charge numbers of 30, 42, 50, and 58 with an accuracy of 2.8% on the average. For the cases covered by experiment, Delbrück scattering amplitudes have been calculated on the basis of the lowest-order Feynman graphs with an average numerical accuracy of 1%. For the same cases Rayleigh scattering amplitudes have been calculated on the basis of the second-order  $S$  matrix using Dirac-Hartree-Fock-Slater wave functions. These investigations confirm the lowest-order Delbrück theory with an accuracy of 5%. This corresponds to a new test of vacuum polarization of the order  $\propto (Z\alpha)^2$ . \*

59 Schumacher M., Smend F., Mückenheim W., Rullhusen P. and Börner H.G. NUCLEAR PHOTOEXCITATION AND DELBRÜCK SCATTERING STUDIED IN THE ENERGY RANGE 2-8 MeV. Z. Phys., A 300, 193-203.

Упругое рассеяние монохроматических фотонов на ядрах с массовыми числами от 64 до 238 было изучено в области энергий от 2 до 8 МэВ. Фотоны получались или с помощью источника  $\text{Ti}(n, \gamma)$ , установленного в тангенциальном канале высокопоточного реактора Гренобля, или с помощью источников  $^{24}\text{Na}$  и  $^{56}\text{Co}$ , образованных при облучении ядер  $\text{Al}$  или  $\text{Fe}$

Elastic scattering by nuclei in the range of mass numbers between 64 and 238 has been studied with monochromatic photons in the energy range between 2 and 8 MeV. These photons were provided either by a  $\text{Ti}(n, \gamma)$  source installed in the tangential through channel of the Grenoble high flux reactor, or by  $^{24}\text{Na}$  and  $^{56}\text{Co}$  sources produced by deuteron

дейтронами на циклотроне Геттингена. Наблюдалось фотовозбуждение 23 ядерных уровней, для большинства из них определены распадные свойства и ширины переходов в основные состояния ядер. Для ядра-мишени свинца детально исследовано дифференциальное сечение когерентного упругого рассеяния. Показано, что ниже фотонейтронного порога сечение реакции упругого рассеяния посредством виртуального фотовозбуждения ядра может быть аппроксимировано путем экстраполяции действительной части амплитуды гигантского дипольного резонанса кривой Лоренца. Отмечается, что кулоновские поправки к дельбрюкковскому рассеянию играют в области энергий 6.5 МэВ малую роль.

bombardment of Al or Fe at the Göttingen cyclotron. The photoexcitation of 23 nuclear levels has been observed and the decay properties and ground-state widths of the majority of these levels have been determined. For the lead scattering target the coherent elastic differential cross section has been studied in detail. This is evidence that below the photo-neutron threshold the elastic scattering via virtual photoexcitation of the nucleus can be approximated by extrapolating the real part of the giant dipole resonance amplitude along a Lorentzian curve. Coulomb corrections to Delbrück scattering seem to play a small role at 6.5 MeV. \*

Engler G., Chrien R.E. and Liou H.I. THERMAL AND RESONANCE NEUTRON CAPTURE STUDIES IN Se TARGETS WITH A = 74, 76, 77, 78, 80. Nucl. Phys., A 372, 125-140.

На мишени из природного Se выполнены исследования процессов испускания  $\gamma$ -квантов из реакций захвата тепловых и резонансных нейтронов. Точные значения энергий и абсолютных интенсивностей первичных и вторичных фотонов, сопровождающих захват тепловых и резонансных нейтронов, измерены для ядер  $^{74}\text{Se}$ ,  $^{76}\text{Se}$ ,  $^{77}\text{Se}$ ,  $^{78}\text{Se}$ ,  $^{80}\text{Se}$ . Из данных для тепловых нейтронов определены энергии отделения:  $8027.5 \pm 0.4$  кэВ для ядра  $^{75}\text{Se}$  [ $^{74}\text{Sc} + n$ ];  $7418.8 \pm 0.2$  кэВ для ядра  $^{77}\text{Se}$  [ $^{76}\text{Sc} + n$ ];  $10497.8 \pm 0.3$  кэВ для ядра  $^{78}\text{Se}$  [ $^{77}\text{Sc} + n$ ] и  $6701.1 \pm 0.6$  кэВ для ядра  $^{81}\text{Se}$  [ $^{80}\text{Sc} + n$ ]. Изучены десять резонансов и определены или подтверждены значения их спинов и четностей: так для резонансов ядра  $^{74}\text{Se}$  при энергии 27.1 эВ и 271.5 эВ и ядра  $^{76}\text{Se}$  при энергии 377.0 эВ и 862 эВ -  $1/2^+$ ; для резонансов ядра  $^{77}\text{Se}$  при энергии 112.0 эВ -  $1^-$ , 211.6 эВ -  $0^-$ , 340.8 эВ -  $1^-$ , 864.0 эВ - ( $1^-$ ); для резонансов ядра  $^{78}\text{Se}$  при энергии 383.0 эВ -  $1/2^+$  и ядра  $^{80}\text{Se}$  при энергии 1970 эВ -  $3/2^+$ . Из анализа данных по резонансному захвату сделаны выводы о значениях спинов и четностей 20 уровней ядер  $^{75}$ ,  $^{78}$ ,  $^{79}\text{Se}$ . Для захвата тепловых нейтронов ядрами  $^{74}$ ,  $^{76}$ ,  $^{77}\text{Se}$  и для резонансного захвата на уровень при энергии 27.1 эВ ядра  $^{74}\text{Se}$  в рамках одночастичной модели и модели гигантского дипольного резонанса вычислены EI силовые функции, которые, по-видимому, соответствуют систематике в области масс Se. Аномальная амплитуда

Thermal and resonance neutron capture  $\gamma$ -ray measurements have been performed on a natural Se target. Accurate energies and absolute intensities of primary and secondary  $\gamma$ -rays for thermal and resonance capture were measured for  $^{74}$ ,  $^{76}$ ,  $^{77}$ ,  $^{78}$ ,  $^{80}\text{Se}$ . Neutron separation energies derived from thermal measurements for the following are  $8027.5 \pm 0.4$  keV for  $^{75}\text{Se}$  [ $^{74}\text{Sc} + n$ ];  $7418.8 \pm 0.2$  keV for  $^{77}\text{Se}$  [ $^{76}\text{Sc} + n$ ];  $10497.8 \pm 0.3$  keV for  $^{78}\text{Se}$  [ $^{77}\text{Sc} + n$ ]; and  $6701.1 \pm 0.6$  keV for  $^{81}\text{Se}$  [ $^{80}\text{Sc} + n$ ]. Ten resonances were analysed and their spins and parities were determined or confirmed as  $1/2^+$  for the 27.1 eV and 271.5 eV resonances in  $^{74}\text{Se}$ , and for the 377.0 eV and 862 eV resonances in  $^{76}\text{Se}$ ;  $1^-$  for 112.0 eV,  $0^-$  for 211.6 eV,  $1^-$  for 340.8 eV and ( $1^-$ ) for 864.0 eV resonances in  $^{77}\text{Se}$ ;  $1/2^+$  for the 383.0 eV resonance in  $^{78}\text{Se}$  and ( $3/2^+$ ) for the 1970 eV resonance in  $^{80}\text{Se}$ . From the resonance data assignments of possible spins and parities of 20 levels in  $^{75,78,79}\text{Se}$  were made. EI strength functions for thermal capture in  $^{74,76,77}\text{Se}$  and for the 27.1 eV resonance in  $^{74}\text{Se}$  were calculated for both single-particle and giant dipole resonance models and seem to conform to the systematics in the Se mass region. Indications of non-statistical effects in thermal and resonance neutron capture were seen from the anomalous strength of the 7734.0 keV transition to the

перехода с энергией 7734.0 кэВ на уровень  $1/2^-$  при энергии 293.1 кэВ в ядре  $^{75}\text{Se}$  рассматривается как проявление нестатических эффектов в процессах захвата тепловых и резонансных нейтронов. Это подтверждается одностатической природой состояния при энергии 293.1 кэВ, которая следует из его большого  $(d, p) l = 1$  спектроскопического фактора. Валентная модель для механизма прямого нейтронного захвата, однако, не объясняет этого эффекта.

$1/2^-$  293.1 keV state in  $^{75}\text{Se}$ . This is supported by the single-particle nature of the 293.1 keV state as is evident from a large  $(d, p) l = 1$  spectroscopic factor to this state. The valence model for direct neutron capture mechanism does not, however, account for the effect. \*

- 61 Herman M. and Marcinkowski A. CROSS SECTIONS FOR FAST NEUTRON CAPTURE ON THE Se, Pd, Cd, Os AND Pt ISOTOPES. Nucl. Phys., A 357, 1-8.

Сечения захвата нейтронов изотопами Se, Pd, Cd, Os и Pt измерены активационным методом в области энергий нейтронов от 0.5 до 1.3 МэВ. Результаты измерений проанализированы в рамках представления о сечениях составного ядра. Исследована роль поправок на флуктуации ширины.

Activation capture cross sections are measured for Se, Pd, Cd, Os and Pt isotopes in the neutron energy range from 0.5 MeV to 1.3 MeV. The results of the measurements are tested against the compound nucleus cross sections. The role of the width fluctuation corrections is examined. \*

- 62 Van Camp E., Van de Vyver R., Kerkhove E., Ryckbosch D., Ferdinande H., Van Otten P., and Berkvens P. EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE PROTON ESCAPE WIDTH IN THE GIANT DIPOLE RESONANCE OF  $^{89}\text{Y}$ . Phys. Rev., C 24, 2499-2506.

Реакция  $^{89}\text{Y}(\gamma, p)^{88}\text{Sr}$  исследована при различных значениях максимальной энергии тормозного излучения в области гигантского дипольного резонанса. С помощью искусственно созданного спектра псевдомоноэнергетических фотонов удалось определить абсолютные сечения различных каналов фотопротонной реакции. Из сечений прямого распада определена ширина вылета протона  $\Gamma_p^\dagger$  для гигантского дипольного резонанса  $T_1$ ; ее величина составляет 0.30 - 0.35 МэВ. Вклад непрямых процессов составляет примерно 25% от полного проинтегрированного по энергии фотопротонного сечения.

The  $^{89}\text{Y}(\gamma, p)^{88}\text{Sr}$  reaction was studied at various bremsstrahlung end-point energies in the giant dipole resonance region. Using an artificially constructed pseudomonochromatic photon spectrum, it was possible to determine the absolute cross sections for various photoproton reaction channels. From the direct decay cross sections the proton escape width  $\Gamma_p^\dagger$  of the  $T_1$  giant dipole resonance was derived; its value amounts to 0.30-0.35 MeV. The nondirect contribution equals about 25% of the total energy-integrated photoproton cross section. \*

- 63 Kennett T.J., Prestwich W.V. and Islam M.A. THE LEVEL STRUCTURE OF  $^{104}\text{Rh}$  DEDUCED FROM THE  $^{103}\text{Rh}(n, \gamma)^{104}\text{Rh}$  REACTION. Z. Phys., A 299, 323-326.

Существование 516 переходов в области энергий от 3700 до 7000 кэВ обнаружено при изучении реакции  $^{103}\text{Rh}(n, \gamma)^{104}\text{Rh}$  с высокими разрешениями и чувствительностью. Это исполь-

A sensitive, high resolution study of the  $^{103}\text{Rh}(n, \gamma)^{104}\text{Rh}$  reaction has revealed the presence of 516 transitions in the energy range 3.700 to 7.000 keV. These results



зовано для интерпретации реакции в рамках статистической модели, в которой температура в выражении для плотности уровней предполагается постоянной. Существенно более простая структура уровней, которая была обнаружена в предыдущей работе, количественно объясняется в терминах разрешения и чувствительности. Средняя приведенная радиационная ширина оказывается существенно меньше известных для нуклидов в области масс  $A = 100$  величин, и ее значение указывает на энергетическую зависимость более сильную, чем  $E_\gamma^3$ . Энергия отделения нейтрона в реакции оказалась равной  $6999.0 \pm 0.1$  кэВ.

have been used to interpret the reaction in terms of a statistical model in which a constant temperature level density is assumed. Previous work which revealed a much simpler level structure is quantitatively explained in terms of resolution and sensitivity. The average reduced radiative width is significantly lower than that reported for nuclides in the  $A = 100$  mass region and the width shows an indication of an energy dependence somewhat greater than  $E_\gamma^3$ . The neutron separation energy of the reaction is found to be  $6.999.0 \pm 0.1$  keV. <sup>\*</sup>

64 Lepretre A., Beil H., Bergere R., Carlos P., Fagot J., De Miniac A. and Veysiere A. MEASUREMENTS OF THE TOTAL PHOTONUCLEAR CROSS SECTIONS FROM 30 MeV TO 140 MeV FOR Sn, Ce, Ta, Pb AND U NUCLEI. Nucl. Phys., A 367, 237-268.

Полные сечения фотоядерного поглощения для ядер Sn, Ce, Ta, Pb и U исследованы в интервале энергий от 25 до 140 МэВ с помощью периодически варьируемого по энергии пучка монохроматических фотонов, полученных методом аннигиляции на лету моноэнергетических позитронов. Основным экспериментальным результатом является набор данных, полученных суммированием фотонейтронных сечений различной множественности в виде  $\sigma^{(j)}(E_\gamma) = \sum_{i=j} \sigma(\gamma, in; E_\gamma)$  для множественностей нейтронов  $i = 1 - 12$ . Из этих данных рассчитано полное сечение фотоядерного поглощения  $\sigma^{(tot)}(E_\gamma)$ . Делается вывод о том, что модифицированная квазидейтронная модель Левинджера описывает сечения достаточно хорошо. Полученные данные, объединенные с низкоэнергетическими данными и проинтегрированные до энергии 140 МэВ, привели к необходимости введения фактора превышения  $K$  по отношению к предсказаниям правила сумм Томаса-Райха-Куна, имеющего величину  $0.76 \pm 0.10$ . Не было найдено никаких указаний на зависимость этого фактора от  $A$ .

The total photonuclear absorption cross section for Sn, Ce, Ta, Pb and U has been studied from 25 to 140 MeV using a continuously variable monochromatic photon beam obtained from the annihilation in flight of monoenergetic positrons. The basic experimental results are a set of data giving sums of inclusive multipole photo-neutron cross sections of the form  $\sigma^{(j)}(E_\gamma) = \sum_{i=j} \sigma(\gamma, in; E_\gamma)$  for neutron multiplicities ranging from  $i = 1$  to 12. From these data the total photonuclear absorption cross section  $\sigma^{(tot)}(E_\gamma)$  has been deduced. It is concluded that Levinger's modified quasideuteron model describes the total cross sections reasonably well. When these data are combined with lower energy data and integrated to 140 MeV they indicate the need for an enhancement factor  $K$  for the Thomas-Reiche-Kuhn sum rule of  $0.76 \pm 0.10$ . No evidence was found that would indicate an  $A$ -dependence for the enhancement factor. <sup>\*</sup>

Meuer D., Kühner G., Müller S., Richter A., Spamer E., Titze O. and Knüpfer W. SEARCH FOR MI GIANT RESONANCES IN  $^{140}\text{Ce}$  WITH HIGH-RESOLUTION ELECTRON SCATTERING AND COMMENTS ON A RECENT THEORETICAL PREDICTION. Phys. Lett., **106B**, 289-292.

Показано, что широкая структурная особенность при  $E_x \approx 9$  МэВ в спектрах неупругого рассеяния электронов на ядре  $^{140}\text{Ce}$ , которая до сих пор интерпретировалась как MI гигантский резонанс, образована совокупностью состояний с  $J^\pi = 2^-$  и полной силой около  $6 \times 10^3 \mu_K^2 \text{fm}^2$ . В противоположность последним теоретическим предсказаниям не обнаружено проявления MI гигантского резонанса в области энергий  $E_x \approx 7.5 - 10$  МэВ.

A broad structure at  $E_x \approx 9$  MeV in  $^{140}\text{Ce}$  which hitherto had been interpreted as the MI giant resonance is shown to consist of an accumulation of  $J^\pi = 2^-$  states with a total strength of about  $6 \times 10^3 \mu_K^2 \text{fm}^2$ . There is no indication of an MI giant resonance in the energy region  $E_x \approx 7.5 - 10$  MeV, contrary to a recent theoretical prediction.<sup>Ⓜ</sup>

Mizumoto M. NEUTRON RESONANCE PARAMETERS AND RADIATIVE CAPTURE CROSS SECTIONS OF  $^{147}\text{Sm}$  AND  $^{149}\text{Sm}$ . Nucl. Phys., **A-357**, 90-108.

Измерения сечений нейтронного захвата и передачи выполнены для разделенных изотопов  $^{147}\text{Sm}$  (98,34%) и  $^{149}\text{Sm}$  (97,72%) с помощью время-пролетной методики на 55-метровой пролетной базе линейного ускорителя электронов Японского исследовательского института атомной энергии. Энергии и нейтронные ширины большого числа разрешенных резонансов определены в области энергий до 2 кэВ для  $^{147}\text{Sm}$  и до 520 кэВ у  $^{149}\text{Sm}$ . Получены радиационные ширины 5 резонансов в реакции  $^{147}\text{Sm} + n$  и 7 резонансов в реакции  $^{149}\text{Sm} + n$ . Измерены  $S$ -волновые функции возбуждения, средние интервалы между уровнями и средние радиационные ширины:  $10^4 S_0 = 4.8 \pm 0.5$ ,  $\bar{D} = 5.7 \pm 0.5$  эВ и  $\bar{\Gamma}_\gamma = 69 \pm 2$  МэВ для  $^{147}\text{Sm}$  и  $10^4 S_0 = 4.6 \pm 0.6$ ,  $\bar{D} = 2.2 \pm 0.2$  эВ и  $\bar{\Gamma}_\gamma = 62 \pm 2$  МэВ для  $^{149}\text{Sm}$ . Среднее сечение захвата рассчитано от 3.3 до 300 кэВ с точностью от 5 до 15%. Измеренные сечения захвата для  $^{149}\text{Sm}$  сильно отличаются от оцененных на основе расчетов, выполненных в рамках статистической модели. Обсуждаются возможные причины такого расхождения.

Neutron capture and transmission measurements have been carried out on the separated isotopes of  $^{147}\text{Sm}$  (98.34%) and  $^{149}\text{Sm}$  (97.72%) at the 55 m time-of-flight station of the Japan Atomic Energy Research Institute electron linear accelerator. Resonance energies and neutron widths for a large number of resolved resonances were determined up to 2 keV for  $^{147}\text{Sm}$  and 520 eV for  $^{149}\text{Sm}$ . Radiation widths for 5 resonances in  $^{147}\text{Sm}+n$  and 7 resonances in  $^{149}\text{Sm}+n$  have been deduced. The  $s$ -wave strength functions, average level distances and average radiation widths were obtained to be:  $10^4 S_0 = 4.8 \pm 0.5$ ,  $\bar{D} = 5.7 \pm 0.5$  eV and  $\bar{\Gamma}_\gamma = 69 \pm 2$  MeV for  $^{147}\text{Sm}$ ; and  $10^4 S_0 = 4.6 \pm 0.6$ ,  $\bar{D} = 2.2 \pm 0.2$  eV and  $\bar{\Gamma}_\gamma = 62 \pm 2$  MeV for  $^{149}\text{Sm}$ . The average capture cross sections were deduced from 3.3 to 300 keV with an estimated accuracy of 5 to 15%. The measured capture cross sections for  $^{149}\text{Sm}$  are largely different from the evaluated data, which are obtained based on the statistical model calculation. Possible reasons for this disagreement are discussed.<sup>Ⓜ</sup>

Кривые полных сечений гамма-поглощения ( $\sigma_{tot}$ ) в области энергий EI гигантского резонанса для ядер  $^{154}\text{Sm}$ ,  $^{156}\text{Gd}$ ,  $^{165}\text{Ho}$ ,  $^{168}\text{Er}$ ,  $^{174}\text{Yb}$ ,  $^{178}\text{Hf}$ ,  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{181}\text{Ta}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{184}\text{W}$ ,  $^{186}\text{W}$  и  $^{197}\text{Au}$  измерены методом поглощения. Приводятся параметры аппроксимации измеренных сечений  $\sigma_{tot}$  кривыми Лоренца. Получены квадрупольные моменты ( $Q_0$ ) и параметры деформации ядер ( $\beta$ ). Для деформированных ядер в области  $\sim 155 < A < \sim 180$  установлено нарушение корреляции между ширинами гигантского резонанса ( $\Gamma$ ) и параметрами деформации. Наблюдалось уменьшение с увеличением  $A$  ширины резонансов  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ , соответствующих колебаниям нуклонов вдоль и поперек осей деформации, которое может быть объяснено наличием подоболочки с  $N = 108$ .

The curves of the total gamma-absorption cross sections ( $\sigma_{tot}$ ) in the EI giant resonance energy range for the nuclei  $^{154}\text{Sm}$ ,  $^{156}\text{Gd}$ ,  $^{165}\text{Ho}$ ,  $^{168}\text{Er}$ ,  $^{174}\text{Yb}$ ,  $^{178}\text{Hf}$ ,  $^{180}\text{Hf}$ ,  $^{181}\text{Ta}$ ,  $^{182}\text{W}$ ,  $^{184}\text{W}$ ,  $^{186}\text{W}$  and  $^{197}\text{Au}$  have been measured. Parameters of the Lorentz curves fitting the measured cross sections  $\sigma_{tot}$  are given. Quadrupole moments ( $Q_0$ ) and nuclear deformation parameters ( $\beta$ ) have been obtained. For deformed nuclei in the  $\sim 155 < A < \sim 180$  region the violation of correlation between giant resonance widths ( $\Gamma$ ) and nuclear deformation parameters was found.  $\Gamma_1$  and  $\Gamma_2$ , the widths of the resonances corresponding to vibrations of nucleons along and across the nuclear dormation axes, were observed to decrease with the increase of  $A$  which could be accounted for by the presence of an  $N = 108$  subshell. \*

На реакторе ИБР-30 методом времени пролета измерялись спектры  $\gamma$ -лучей, сопровождающих захват нейтронов ядрами  $^{154}\text{Gd}$  в изолированных резонансах. Получена новая информация о спине и четности ряда уровней ядра  $^{155}\text{Gd}$ . Наблюдалась статистически достоверная корреляция между приведенными нейтронными ширинами резонансов для переходов на вибрационные уровни ядра  $^{155}\text{Gd}$ . Эта корреляция объясняется в рамках квазичастичнофононной модели Соловьева. Проводится анализ усредненных интенсивностей коррелированных и некоррелированных переходов и делаются выводы о возможном характере фрагментации гигантского дипольного электрического резонанса. \*

Spectra of the  $\gamma$  rays accompanying the neutron capture by  $^{154}\text{Gd}$  at the isolated resonances were measured by means of the time-of-flight method at the IBR-30 reactor. Fresh information on the spins and parities of a number of levels in  $^{155}\text{Gd}$  has been obtained. A statistically reliable correlation between the reduced neutron widths and the partial radiative widths was observed for the transitions to vibrational levels of  $^{155}\text{Gd}$ . This correlation is explained within the framework of the quasiparticle-phonon model proposed by Solov'ev. The averaged intensities are analysed and conclusions are made concerning the possible character of fragmentation of the giant electric resonance. \*

При исследовании реакций  $^{180}\text{Ta}(n,\gamma)^{181}\text{Ta}$  и  $^{181}\text{Ta}(\gamma,n)^{180}\text{Ta}$  обнаружены уровни ядра  $^{180}\text{Ta}$  при энергиях 38, 73, 109, 181, 231, 258 и 309 кэВ. Показано, что уровень при энергии 73 кэВ есть известное долгоживущее состояние  $J = 9$ . Энергии отделения нейтрона определены для пар ядер  $^{180}\text{Ta}$ - $^{181}\text{Ta}$  и  $^{181}\text{Ta}$ - $^{182}\text{Ta}$  и оказались равными соответственно  $7579 \pm 2$  кэВ и  $6063.3 \pm 0.5$  кэВ. Для процесса захвата тепловых нейтронов ядром  $^{180}\text{Ta}$  определено значение  $Q = 7652.3 \pm 0.5$  кэВ.

A study of both the  $^{180}\text{Ta}(n,\gamma)^{181}\text{Ta}$  and  $^{181}\text{Ta}(\gamma,n)^{180}\text{Ta}$  reaction reveals energy levels in  $^{180}\text{Ta}$  at 38, 73, 109, 181, 231, 258 and 309 keV. The 73 keV level is shown to be the long-lived  $J = 9$  state occurring in nature. Neutron separation energies of  $7579 \pm 2$  keV and  $6063 \pm 0.5$  keV have been determined for the  $^{180}\text{Ta}$ - $^{181}\text{Ta}$  and  $^{181}\text{Ta}$ - $^{182}\text{Ta}$  pairs, respectively. The  $Q$  value for thermal neutron capture on  $^{180}\text{Ta}$  was found to be  $7652 \pm 0.5$  keV.  $\times$

Дифференциальные сечения упругого рассеяния  $\gamma$ -квантов с энергиями 344, 444, 779, 964, 1086, III2 и 1408 кэВ на вольфраме измерены для шести углов рассеяния в интервале от  $7^\circ$  до  $45^\circ$  и сравниваются с суммами теоретических сечений рэлеевского, ядерного томсоновского, а в случае энергии 1408 кэВ и дельбрюкковского рассеяния. Для малых переданных импульсов экспериментальные сечения находятся в хорошем согласии с сечениями, вычисленными с помощью рэлеевских амплитуд, полученных из хартри-фоковских форм-факторов, но для больших переданных импульсов экспериментальные сечения оказываются по величине меньше таких теоретических сечений, а также вычисленных с помощью "точных" рэлеевских амплитуд Кисселя и Пратта и дираковских амплитуд кулоновского форм-фактора. Учет дельбрюкковских амплитуд Папатзакоса и Морка при энергии 1408 кэВ уменьшает различие между экспериментальными и теоретическими сечениями при углах рассеяния, меньших  $25^\circ$ , но увеличивает их различие при больших углах.

Differential cross sections for the elastic scattering of 344, 444, 779, 964, 1086, III2 and 1408 keV  $\gamma$  rays by tungsten have been measured for six scattering angles ranging from  $7^\circ$  to  $45^\circ$  and are compared with theoretical cross sections for Rayleigh plus nuclear-Thomson plus, for the 1408 keV case, Delbrück scattering. For small momentum transfers the experimental results are in best agreement with cross sections computed using the Hartree-Fock form factor Rayleigh amplitudes, but at large momentum transfers the experimental results lie below these theoretical cross sections and also these computed using both the "exact" Rayleigh amplitudes of Kissel and Pratt and the Dirac point - Coulomb form factor amplitudes. Inclusion of the Papatzacos and Mork Delbrück amplitudes at 1408 keV reduced the difference between experimental and theoretical cross sections for scattering angles less than  $25^\circ$ , but worsens the situation for larger angles.  $\times$

С помощью метода времени пролета измерены сечения нейтронного захвата на ядрах  $^{186}\text{Os}$ ,  $^{187}\text{Os}$ ,  $^{188}\text{Os}$ ,  $^{189}\text{Os}$ ,  $^{190}\text{Os}$ ,  $^{192}\text{Os}$  в интервале энергий от 0.5 эВ до 150 кэВ. Положение ядерных уровней определено с помощью низкоэнергетических (резонансная область) данных (ниже энергии  $\sim 1$  кэВ), средние сечения - из данных выше энергии 1 кэВ. Отношение сечений на ядрах  $^{186}\text{Os}$  и  $^{187}\text{Os}$ , усредненных по распределению Максвелла, вблизи энергии 30 кэВ, является важным параметром для определения продолжительности ядерного синтеза, предшествующего образованию солнечной системы, и, таким образом, для определения возраста Вселенной методом ядерного датирования. Настоящее значение продолжительности ядерного синтеза  $10.8 \pm 1.4 \times 10^9$  лет находится в согласии с величиной, полученной методом U-Th датирования. Возраст Вселенной ( $17 \pm 3 \times 10^9$  лет) согласуется с величиной, полученной методом сферических кластеров, но явно превышает результат самого последнего измерения постоянной Хаббла.

The neutron-capture cross sections for  $^{186}\text{Os}$ ,  $^{187}\text{Os}$ ,  $^{188}\text{Os}$ ,  $^{189}\text{Os}$ ,  $^{190}\text{Os}$ ,  $^{192}\text{Os}$  have been measured by the neutron-time-of-flight technique from 0.5 eV to 150 keV. Nuclear level spacing were extracted from the low-energy (resonance-region) data below  $\sim 1$  keV, and average cross sections from the data above 1 keV. The ratio of the Maxwellian-weighted average cross sections for  $^{186}\text{Os}$  and  $^{187}\text{Os}$  near 30 keV is a vital parameter for the determination of the duration of nucleosynthesis prior to the formation of the solar system, and thus for the determination of the age of the universe by the nuclear-dating technique. The present result of  $10.8 \pm 1.4 \times 10^9$  yr for the duration of nucleosynthesis is in concordance with the value obtained from U-Th dating. The result for the age of the universe ( $17 \pm 3 \times 10^9$  yr) agrees with the value obtained from the globular-cluster method, but clearly exceeds the most recent determination of the Hubble time. \*

Джилаван Л.З., Лазарева Л.Е., Пономарев В.Н., Сорокин А.А. ИЗОМЕРНЫЕ ОТНОШЕНИЯ ВЫХОДОВ РЕАКЦИЙ  $^{197}\text{Au}(\gamma, n)^{196\text{m}}\text{Au}$  И  $^{197}\text{Au}(e, e'n)^{196\text{m}}\text{Au}$  ПРИ ЭНЕРГИЯХ 10-90 МэВ. Ядерная физика, 33, 591-600.

Активационным методом измерены отношения выходов  $(\gamma, n)$ - и  $(e, e'n)$ -реакций на ядрах  $^{197}\text{Au}$  с образованием высокоспиновых ( $J^\pi = I2^-$ ) состояний  $^{196\text{m}}\text{Au}$ . Полученная зависимость изомерного отношения для  $(\gamma, n)$ -реакции  $\bar{\alpha}_\gamma$  от  $E_{\gamma \text{ max}}$  имеет вид кривой насыщения. В области насыщения значение  $\bar{\alpha}_\gamma = (6.1 \pm 0.4) \times 10^{-4}$ . Анализ зависимости  $\bar{\alpha}_\gamma(E_{\gamma \text{ max}})$  позволяет предположить, что для  $(\gamma, n)$ -реакции процесс образования этого состояния имеет порог  $\sim 12$  МэВ. Изомерные отношения  $\bar{\alpha}_e$  для реакции  $(e, e'n)$  превышают значения  $\bar{\alpha}_\gamma$ . Этот факт позволяет сделать вывод о заметном вкладе в процесс возбуждения высокоспинового состояния изовекторного квадрупольного E2-резонанса, что хорошо согласуется с приведенными оценками на основе простой модели. Однако основная роль в заселении изомерного состояния, по-видимому, принадлежит каскадным  $\gamma$ -переходам. \*

Isomeric yield ratios of the  $(\gamma, n)$  and  $(e, e'n)$  reactions on nuclei  $^{197}\text{Au}$  with production of high-spin ( $J^\pi = I2^-$ ) states of the nucleus  $^{196\text{m}}\text{Au}$  are measured by means of the activation method. The obtained  $E_{\gamma \text{ max}}$  dependence of the isomeric ratio for the  $(\gamma, n)$  reaction,  $\bar{\alpha}_\gamma$ , has the form of a saturation curve. In the saturation region,  $\bar{\alpha}_\gamma = (6.1 \pm 0.4) \times 10^{-4}$ . Analysis of the dependence  $\bar{\alpha}_\gamma(E_{\gamma \text{ max}})$  suggests that for the  $(\gamma, n)$  reaction the production of this state has a threshold of about 12 MeV. The isomeric ratios  $\bar{\alpha}_e$  for the  $(e, e'n)$  reaction exceed the values of  $\bar{\alpha}_\gamma$ . This fact leads to the conclusion that the contribution from the isovector quadrupole E2 resonance to the excitation of the high-spin state is substantial, in good agreement with the presented estimates based on a simple model. However, the cascade  $\gamma$ -transitions play, evidently, the main role in population of the isomeric state. \*

Величина сечения реакции  $^{197}\text{Au}(n, 2n)^{196g+m}\text{Au}$  при энергии 14,68 МэВ измерена по отношению к величине сечения реакции  $^{56}\text{Fe}(n, p)^{56}\text{Mn}$  -  $(109.9 \pm 1.0)$  мбн. Она оказалась равной  $(2170 \pm 67)$  мбн. На основании результатов анализа формы кривой распада ядра  $^{196g}\text{Au}$  для энергии 14.3 МэВ определено отношение сечений образования изомеров  $^{196m}\text{Au}$  и  $^{196g}\text{Au}$  -  $(0.068 \pm 0.003)$ . При энергии 14.3 МэВ по отношению к величине сечения реакции  $^{197}\text{Au}(n, 2n)$  получена величина сечения реакции  $^{197}\text{Au}(n, \gamma)^{198}\text{Au}$  -  $(1.09 \pm 0.10)$  мбн.

The  $^{197}\text{Au}(n, 2n)^{196g+m}\text{Au}$  cross section at 14.68 MeV was measured as  $(2170 \pm 67)$  mb relative to the  $^{56}\text{Fe}(n, p)^{56}\text{Mn}$  cross section of  $(109.0 \pm 1.0)$  mb. The cross section ratio for the production of  $^{196m}\text{Au}$  and  $^{196g}\text{Au}$  was  $(0.068 \pm 0.003)$  at 14.3 MeV, derived from an analysis of the shape of the decay curve of  $^{196g}\text{Au}$ . The  $^{197}\text{Au}(n, \gamma)^{198}\text{Au}$  cross section was  $(1.09 \pm 0.10)$  mb at 14.3 MeV relative to the  $^{197}\text{Au}(n, 2n)$  cross section.  $\equiv$

Сообщается об идентификации новых переходов высокой мультипольности в ядрах  $^{207}\text{Pb}$  и  $^{206}\text{Pb}$ , выполненной с помощью измерения их форм-факторов. Приводится сравнение с соответствующими возбуждениями в ядре  $^{208}\text{Pb}$ .

We report the identification of new high multipolarity transitions in  $^{207}\text{Pb}$  and  $^{206}\text{Pb}$  by the measurement of their form factor. A comparison to the corresponding excitations in  $^{208}\text{Pb}$  is presented.  $\equiv$

Угловые распределения фотонейтронов из реакций  $^{207,208}\text{Pb}(\gamma, n_0)$  измерены при II углах в области вблизи  $\theta = 90^\circ$ . Источником  $\gamma$ -квантов с дискретными энергиями ( $\Delta E \lesssim 30$  эВ) в области  $E_\gamma = 7.0 - 11.4$  МэВ служила реакция захвата нейтронов. Использовался  $^3\text{He}$ -спектрометр с высоким разрешением. Обнаружены доказательства существования в обоих ядрах  $^{207}\text{Pb}$  и  $^{208}\text{Pb}$  E2-возбуждений, E2-E1, а также, возможно, и E1-M1 интерференции. Данные сравниваются с результатами расчетов, выполненных в рамках прямой-полупрямой модели, включающей E1 и изоскалярный E2 гигантские резонансы. Результаты сравнения свидетельствуют о том, что данная модель может описывать лишь некоторые особенности экспериментальных данных, в то время как большинство особенностей объяснений не получает.

Angular distributions of photoneutrons from the  $^{207,208}\text{Pb}(\gamma, n_0)$  reactions were measured at II angles around  $\theta = 90^\circ$ . The  $\gamma$ -source,  $E_\gamma = 7.0 - 11.4$  MeV, contained discrete lines ( $\Delta E \lesssim 30$  eV) obtained from n-capture and was used in conjunction with a high-resolution  $^3\text{He}$  spectrometer. Strong evidence for a E2 contribution and for E2-E1 and possibly E1-M1 interference was obtained in both  $^{207}\text{Pb}$  and  $^{208}\text{Pb}$ . The results are compared with calculations using a direct-semi-direct model which involved an E1 and isoscalar E2 giant resonances. The results indicate that this model could explain only certain features of the data while most of the other features remain unexplained.  $\equiv$

Представлены экспериментальные данные по упругому рассеянию фотонов на ядре  $^{208}\text{Pb}$  в области энергий от 10 до 100 МэВ. Эти новые данные вместе с ранее опубликованными данными по фотопоглощению анализируются с точки зрения согласованного описания. Кроме значения полной суммарной силы были получены также парциальные силы некоторых мультиполей. В области энергий 24.3 МэВ обнаружен электрический квадрупольный резонанс с силой, составляющей 1.4 от величины изовекторных сумм. Установлено экспериментальное значение параметра, который может рассматриваться как радиус области половинной плотности пространственного распределения в ядре силы взаимодействия, включающего токи перезарядки. Величина этого параметра-радиуса была определена как  $4.9 \pm 0.15$  ферми, что существенно меньше величины радиуса плотности электрического заряда (6.6 ферми), определенной с помощью упругого рассеяния электронов.

Experimental data on elastic scattering of photons in the energy range from 10 to 100 MeV for the nucleus  $^{208}\text{Pb}$  are presented. These new data along with some previously published data on photoabsorption are tentatively analysed in the framework of a consistent description. Besides a value for the summed total strength, the partial strengths of some multipoles were obtained. An electric quadrupole resonance was found to be located at 24.3 MeV with a strength of 1.4 isovector sums. An experimental value was deduced for a parameter which can be regarded as a half-density radius for the spatial interaction strength density distribution, including exchange currents, in a nucleus. This radius parameter was found to be  $4.9 \pm 0.15$  fm, considerably smaller than the electrical charge density distributions radius (6.6 fm), as obtained by elastic electron scattering. \*

Kühner G., Meuer D., Müller S., Richter A., Spamer E., Titze O. and Knüpfer W. ELECTROEXCITATION OF  $^{208}\text{Pb}$ , DISTRIBUTION OF ELECTRIC DIPOLE AND QUADRUPOLE STRENGTH AND FRAGMENTATION OF THE ISOSCALAR QUADRUPOLE GIANT RESONANCE. Phys. Lett., 104B, 189-193.

Неупругое рассеяние электронов с малым переданным импульсом на ядре  $^{208}\text{Pb}$  при высоком разрешении использовано для исследования распределения E1- и E2- интенсивностей в области энергий возбуждения  $E_x = 8 - 12$  МэВ. E1- и E2- интенсивности сильно фрагментированы и исчерпывают в исследованной области энергий  $(10_{-6}^{+1})\%$  и  $(29_{-8}^{+11})\%$  от величин, предсказываемых взвешенным по энергии правилом сумм. E2- интенсивность оказалась меньшей, чем это следует из наиболее распространенных теоретических предсказаний, но качественно согласуется с результатами  $(1p-1h) + (2p-2h)$  модельных вычислений, приведенными в настоящей работе. Более того, E2- интенсивность оказалась меньшей, чем величина, известная из экспериментов по рассеянию фотонов, причем форма распределения интенсивности заметно различается в экспериментах по электронному и адронному рассеянию.

Low momentum transfer, high-resolution inelastic scattering on  $^{208}\text{Pb}$  has been used to study the distribution of E1 and E2 strength in the region of excitation energy  $E_x = 8-12$  MeV. The E1 and E2 strength is very fragmented and the EWSR strength amounts to  $(10_{-6}^{+1})\%$  and  $(29_{-8}^{+11})\%$  in the investigated energy region, respectively. The E2 strength found is less than most current theoretical prediction but agrees qualitatively with a  $(1p-1h) + (2p-2h)$  model calculation presented in this paper. The E2 strength is also smaller than what is known from hadron scattering and the shape of the strength distribution is also markedly different in electron and hadron scattering. \*

Параметры уровней ядра  $^{208}\text{Pb}$  определены с помощью техники резонансного поглощения  $\gamma$ -квантов и измерения азимутального распределения упруго-рассеянных плоскополяризованных фотонов.  $\gamma$ -кванты получены в специально подобранных  $(p, \gamma)$  реакциях. Значения энергий состояний дублета вблизи энергии 7.1 МэВ оказались равными  $E_x = 7063.5 \pm 0.2$  и  $7083.3 \pm 0.3$  кэВ, радиационные ширины переходов в основное состояние -  $19.1 \pm 1.5$  и  $9.1 \pm 1.3$  эВ. Общим уровням приписана отрицательная четность, что согласуется с результатами предыдущих исследований. Связанное состояние при энергии 4.84 МэВ имеет энергию возбуждения  $E_x = 4842.2 \pm 0.2$  кэВ и наиболее вероятные характеристики  $J^\pi = 1^+$ .

Level parameters in  $^{208}\text{Pb}$  have been determined by means of the resonance gamma-ray absorption technique and measurement of the azimuthal distribution of the elastic scattering of plane-polarized photons. The radiation was produced in suitably chosen  $(p, \gamma)$  reactions. The 7.1 MeV doublet was found at  $E_x = 7063 \pm 0.2$  and  $7083 \pm 0.3$  keV with ground-state radiation widths of  $19.1 \pm 1.5$  and  $9.1 \pm 1.3$  eV. A unique negative parity assignment could be made to both levels, in agreement with other observations. The 4.84 MeV bound level has an excitation energy  $E_x = 4842 \pm 0.2$  keV, and is most a  $J^\pi = 1^+$  level.  $\ddagger$

Drake D.M., Joly S., Nilsson L., Wender S.A., Aniol K., Halpern I. and Storm D. E2 ISOVECTOR GIANT RESONANCE AS SEEN THROUGH THE CAPTURE OF FAST NEUTRONS. Phys. Rev. Lett., 47, 1581-1584.

Асимметрия вылета вперед-назад фотонов радиационного захвата нейтронов ядром  $^{208}\text{Pb}$  измерена в области энергий до 20 МэВ. Величина асимметрии резко возрастает от малых значений к большим вблизи энергии  $E_\gamma \sim 23$  МэВ, подтверждая предположение о локализации в этой энергетической области E2 гигантского изовекторного резонанса.

The forward-to-backward asymmetry of high-energy photons emitted in the radiative capture of neutrons with energies up to 20 MeV was measured for  $^{208}\text{Pb}$ . The asymmetry increases abruptly from small values to large ones near  $E_\gamma \sim 23$  MeV supporting the location in that neighbourhood of the E2 giant isovector resonance.  $\ddagger$

Uegaki J., Shoda K., Sugawara M., Saito T. and Tsubota H. A STUDY OF THE DECAY MODES OF THE  $g_{9/2}$  AND  $i_{11/2}$  ISOBARIC ANALOG RESONANCES IN  $^{209}\text{Bi}$  USING ELECTRONS AND BREMSSTRAHLUNG. Nucl. Phys., A 371, 93-110.

Дифференциальные сечения для нескольких углов рассеяния и протонные спектры измерены в реакции  $(e, p)$  для ядра  $^{209}\text{Bi}$  вблизи изобар-аналоговых резонансов (ИАР)  $g_{9/2}$  с переворачиванием спина и  $i_{11/2}$  без переворачивания спина с использованием широко-диапазонного магнитного спектрометра и 100 твердотельных детекторов. Аналогичные измерения выполнены на пучке тормозного излучения для реакции  $(\gamma, p)$  при использовании той же системы детектирования и геометрических условий. Данные обоим типам хорошо согласуются между собой в случае использования теории виртуаль-

Differential cross sections at several scattering angles and proton spectra around the  $g_{9/2}$  spin-flip and  $i_{11/2}$  non-spin-flip IAR in  $^{209}\text{Bi}$  were measured with the  $(e, p)$  reaction using a broad-range magnetic spectrometer and 100 solid-state detectors. Experiments on the  $(\gamma, p)$  reaction using bremsstrahlung were also performed on the same subject using the same detector system and geometry as for the  $(e, p)$  reaction experiments. Both data agree well with each other when the virtual photon theory is used. Strengths deduced for the resonance at the  $g_{9/2}$  IAS at



ных фотонов. Полученные для ИАР  $g_{9/2}$  при угле  $\theta_{lab} = 125.3^\circ$  интенсивности в основном согласуются с известными данными такого же типа, противоречиями результатам исследования реакции  $(p, \gamma_0)$  и  $\beta$ -распада. Моды протонного распада изученных резонансов рассчитаны методом разности фотонов. Обнаружено, что группы протонов распада ИАР  $i_{II/2}$  имеют моду распада, типичную для ИАР, а конечное ядро остается в нейтронных  $Ip-Ih$  состояниях. Мода распада ИАР  $g_{9/2}$  указывает на аномальный процесс реакции, так же как и опубликованные ранее данные для ИАР  $f_{7/2}$  с переворачиванием спина ядра  $^{139}La$ .

$\theta_{lab} = 125.3^\circ$  are in basic agreement with previous data which are in contradiction with the results of the  $(p, \gamma)$  reaction and  $\beta$ -decay. Proton decay modes of these resonances were deduced by the photon-difference method. Proton groups emitted through the  $i_{II/2}$  IAR are found to have a decay mode typical of the IAS and leave the residual nucleus in neutron  $Ip-Ih$  states. The decay mode at the  $g_{9/2}$  IAS shows an anomalous reaction process as do previous data on the  $f_{7/2}$  spin-flip IAR in  $^{139}La$ . \*

- 81 Ostapenko Yu.B., Smirenkin G.N., Soldatov A.S. and Tsypenyuk Yu.M.  
ISOMER SHELF IN THE PHOTOFISSION OF  $^{232}Th$  AND  $^{238}U$ . Phys. Rev., C 24, 529-532.

Обсуждаются экспериментальные данные по изомерному шельфу в сечениях фотоделения ядер  $^{232}Th$  и  $^{238}U$  и теоретическое описание этого явления.

Experimental data on the isomer shelf in the photofission cross section of  $^{232}Th$  and  $^{238}U$  and the adequate theoretical description of this phenomenon are discussed. \*

- 82 Bellia G., Calabretta L., Del Zoppo A., Migneco E., Russo G., Barna R.C. and De Pasquale D. SHELF EFFECT IN THE SUBTHRESHOLD PHOTOFISSION OF  $^{232}Th$ . Phys. Rev., C 24, 2762-2765.

Угловые распределения продуктов фотоделения ядра  $^{232}Th$  измерены на пучке тормозных  $\gamma$ -квантов в области энергий (5.4 - 6.4) МэВ. При уменьшении энергии ниже 6 МэВ сильно уменьшается угловая анизотропия, и шельф проявляется в изотропной компоненте выхода. Эти эффекты интерпретируются в терминах конкуренции между процессами мгновенного и запаздывающего делений. Обнаружены вибрационные резонансы в  $I^{-0}$  и  $2^{+0}$  каналах.

Angular distributions of photofission of  $^{232}Th$  have been measured using bremsstrahlung  $\gamma$  beams in the (5.4 - 6.4) MeV range. With decreasing energy below 6 MeV the angular anisotropy decreases strongly and, moreover, a shelf appears in the isotropic component of the yield. These effects are interpreted in terms of a competition between prompt and delayed fission. Vibrational resonances in the  $I^{-0}$  and  $2^{+0}$  channels are detected. \*

- 83 Воронин А.С., Корещкая И.С., Кузнецов В.Л., Недорезов В.Г., Никитина Н.В., Нога В.И., Пашук С.А., Ранж Ю.Н., Соловьев С.М. ДЕЛЕНИЕ ЯДЕР  $^{232}Th$ ,  $^{233}U$ ,  $^{235}U$ ,  $^{236}U$ ,  $^{238}U$ ,  $^{237}Np$  И  $^{239}Pu$  ЭЛЕКТРОНАМИ С ЭНЕРГИЕЙ 100 - 275 МэВ. Ядерная физика, 34, 1439-1443.

Приведены результаты измерения сечений деления ядер  $^{232}Th$ ,  $^{233}U$ ,  $^{235}U$ ,  $^{236}U$ ,  $^{238}U$ ,  $^{237}Np$  и  $^{239}Pu$  электронами с энергией 100 -

Measured electrofission cross sections for  $^{232}Th$ ,  $^{233}U$ ,  $^{235}U$ ,  $^{236}U$ ,  $^{238}U$ ,  $^{237}Np$  and  $^{239}Pu$  in the energy region 100-275 MeV are presented as

- 275 МэВ, а также отношения сечений фото- и электроделения для указанных ядер.\*

well as the ratios of the photo- and electrofission cross sections.\*

- 84 Arruda-Neto J.D.T., Berman B.L., Herdade S.B. and Nascimento I.C. FISSION DECAY OF THE GIANT QUADRUPOLE RESONANCE FOR  $^{234}\text{U}$ . Phys. Rev., C 23, 2595-2598.

В области энергий от 5.5 до 25.4 МэВ измерено сечение электроделения ядра  $^{234}\text{U}$ . При анализе данного сечения и измеренного ранее сечения фотоделения с использованием спектров виртуальных фотонов, рассчитанных в борновском приближении с искаженными волнами, определено сечение E2 фотоделения. Для исследованного ядра получены параметры канала распада посредством деления гигантского квадрупольного резонанса. Сравнение интегральных сечений E2 и E1 фотоделения для четных изотопов урана показывает, что с ростом делимости вероятность канала E1 деления возрастает существенно быстрее, чем канала E2.

The electrofission cross section for  $^{234}\text{U}$  from 5.5 to 25.4 MeV has been measured. From a combined analysis of it and the previously measured photofission cross section, using virtual-photon spectra calculated in the distorted-wave Born approximation, the E2 photofission cross section has been determined. Parameters of the fission-decay branch of the giant quadrupole resonance for this nucleus have been obtained. A comparison of the E2 and E1 integrated photofission cross sections for the even uranium isotopes shows that the E1 fission channel increases in strength more rapidly with fissility than does the E2 channel.\*

- 85 Jacobs E., De Clercq A., Thierens H., De Frenne D., D'hondt P., De Gelder P. and Deruytter A.J. FRAGMENT MASS AND KINETIC ENERGY DISTRIBUTIONS FOR THE PHOTOFISSION OF  $^{235}\text{U}$  WITH 12-, 15-, 20-, 30-, AND 70-MeV BREMSSTRAHLUNG. Phys. Rev., C 24, 1795-1798.

Измерения энергетических корреляций выполнены для реакции фотоделения ядра  $^{235}\text{U}$  на пучке тормозного  $\gamma$ -излучения с максимальными энергиями 12, 15, 20, 30 и 70 МэВ. Получены общие распределения по массам и кинетическим энергиям фрагментов. Изучается поведение полной кинетической энергии фрагментов как функции массы фрагментов и энергии возбуждения компаунд-ядра. Результаты интерпретируются в терминах модели точки разделения Уилкинса и др.

Energy correlation measurements were performed for the photofission of  $^{235}\text{U}$  with 12-, 15-, 20-, 30- and 70-MeV bremsstrahlung. Overall fragment mass and kinetic energy distributions are deduced. The behaviour of the total fragment kinetic energy as a function of the fragment mass and excitation energy of the compound nucleus is studied. The results are interpreted in terms of the scission-point model of Wilkins et al.\*

- 86 Кузнецов В.Л., Недорезов В.Г., Никитина Н.В., Ного В.И., Раник Д.Н., Телегин Д.Н. Смирнов А.Н., Эйсмонт В.П. ДЕЛЕНИЕ ЯДЕР  $^{238}\text{U}$  И  $^{237}\text{Np}$  ЭЛЕКТРОНАМИ С ЭНЕРГИЕЙ 90-270 МэВ. Украинский физический журнал, 26, 106-110.

Работа посвящается методам и результатам измерения сечений деления ядер  $^{238}\text{U}$  и  $^{237}\text{Np}$  электронами с энергией 90-270 МэВ. Полученные данные обсуждаются с помощью метода виртуальных фотонов. Различие сечений электроделения ядер  $^{238}\text{U}$  и  $^{237}\text{Np}$  интерпрети-

The paper deals with methods and results of measuring the cross sections for  $^{238}\text{U}$  and  $^{237}\text{Np}$  nuclear fission induced by 90-270 MeV electrons. The results obtained are discussed basing on the method of virtual photons. The difference in  $^{238}\text{U}$  and  $^{237}\text{Np}$  electron-

руется как следствие различных вкладов "гигантского" резонанса. \*

induced fission cross sections is due to different contribution of the "giant" resonance. \*

- 87 Mückenheim W., Rullhusen P., Smend F., Schumacher M., Endres G. and Langoff H. NUCLEAR RESONANCE FLUORESCENCE IN  $^{238}\text{U}$  AND A NEW APPROACH TO DOPPLER-SHIFT-ATTENUATION USING HIGH SPEED ROTATION. Z. Phys., A 300, 43-46.

С использованием источника  $^{56}\text{Co}$  уровень ядра  $^{238}\text{U}$  при энергии 3.254 МэВ возбуждался фотонами распада уровня при энергии 4.100 МэВ ядра  $^{56}\text{Fe}$ . Идентифицировано 10  $\gamma$ -переходов, с помощью которых снимается возбуждение с уровня при энергии 3.254 МэВ. Для спина и четности установлены значения  $\Gamma$ . С движущимся на высокоскоростной центрифуге источником  $^{56}\text{Co}$  исследован профиль линии эмиссии с энергией 3.254 МэВ. С использованием новой модификации анализа доплеровского сдвига для уровня при энергии 4.100 МэВ в ядре  $^{56}\text{Fe}$  установлено время жизни  $\tau_{\text{U}} = 55 \pm 25$  фемтосек. Величина сечения ядерной резонансной флуоресценции приводит к значению времени  $\tau_{\text{U}} = 0.33 \pm 0.12$  пикосек для уровня при энергии 3.254 МэВ в ядре  $^{238}\text{U}$ .

Using  $^{56}\text{Co}$  sources, a 3.254 MeV level in  $^{238}\text{U}$  was photoexcited by a  $\gamma$ -line emitted in the decay of the 4.100 MeV level in  $^{56}\text{Fe}$ . 10  $\gamma$ -transitions deexciting this 3.254 MeV level were identified. Spin and parity were determined to be  $1^-$ . By moving the  $^{56}\text{Co}$  source in a high speed centrifuge the profile of the 3.254 MeV emission line was investigated. By applying a new variety of Doppler shift analysis a lifetime of  $\tau_{\text{Fe}} = 55 \pm 25$  fs was obtained for the 4.100 MeV level in  $^{56}\text{Fe}$ . The cross section for nuclear resonance fluorescence yields a lifetime of  $\tau_{\text{U}} = 0.33 \pm 0.12$  ps for the 3.254 MeV level in  $^{238}\text{U}$ . \*

- 88 Ströher H., Fischer R.D., Drexler J., Huber K., Kneissl U., Ratzek R., Ries H., Wilke W. and Maier H.J. INVESTIGATION OF THE FISSION DECAY OF THE ISOSCALAR GIANT QUADRUPOLE RESONANCE IN  $^{238}\text{U}$  BY ELECTRON- AND POSITRON-INDUCED FISSION. Phys. Rev. Lett., 47, 318-322.

Противоречивые результаты исследования канала распада посредством деления изоскалярного гигантского квадрупольного резонанса для ядра  $^{238}\text{U}$  получены в экспериментах по электро- и позитрониндуцированному делению ( $E_e = 10-35$ ) МэВ. Измеренные отношения сечений  $\sigma^-/\sigma^+$  и абсолютные сечения проанализированы с использованием спектров виртуальных фотонов, рассчитанных в традиционном борновском приближении с искаженными волнами. В рамках такого подхода каналы распада гигантского квадрупольного резонанса посредством деления не могли быть зарегистрированы в отличие от недавних работ по инклюзивному электроделению.

The controversial results for the fission decay of the isoscalar giant quadrupole resonance in  $^{238}\text{U}$  have been investigated by electron- and positron-induced fission experiments ( $E_e = 10-35$  MeV). The measured cross section ratio  $\sigma^-/\sigma^+$  and absolute cross sections were analysed with use of available distorted-wave Born-approximation virtual-photon spectra. Within this analysis no fission decay of the giant quadrupole resonance could be detected, in contrast to a recent inclusive electrofission work. \*

Обнаружено увеличение выхода осколков деления ядер  $^{238}\text{U}$  под углом  $90^\circ$ , образующихся под действием фотонов, излучаемых при движении электронов высоких энергий в монокристалле кремния. Результаты позволяют выбрать наиболее оптимальные условия для получения максимальных выходов ядерных частиц.\*

An enhancement is detected at the angle  $90^\circ$  in the fission fragment yield from  $^{238}\text{U}$  nuclei produced by photons emitted by high-energy electrons passing through a silicon monocrystal. The results enable one to select the most optimal conditions to obtain maximal yields of nuclear particles.

С целью получения данных о распределении продуктов фотоделения ядра  $^{239}\text{Pu}$  по массам и зарядам определены независимые выходы продуктов фотоделения тормозным излучением с максимальной энергией  $E_0 = 28$  МэВ. Информация о радиоактивных продуктах реакции  $^{239}\text{Pu}(\gamma, f)$  получалась из спектров  $\gamma$ -квантов, испускавшихся фрагментами. Спектры измеряли с помощью коаксиального  $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектора. Приведены зарядовое и массовое распределения фрагментов деления.

In order to obtain data on the mass and charge distributions of the products of photofission of the  $^{239}\text{Pu}$  nucleus, determination was made of the independent yields of photofission products due to bremsstrahlung with end-point energy  $E_0 = 28$  MeV. The information on the active products of the  $^{239}\text{Pu}(\gamma, f)$  reaction was obtained from the spectra of  $\gamma$ -quanta emitted by the fragments. The spectra were measured using a coaxial  $\text{Ge}(\text{Li})$  detector. The charge and mass distributions of fission fragments are presented.

Измерения энергетических корреляций выполнены для реакций  $^{240}\text{Pu}(s.f.)$ ,  $^{239}\text{Pu}(n_{th}, f)$  и для фотоделения ядра  $^{240}\text{Pu}$  на пучке тормозного излучения с энергиями 12, 15, 20 и 30 МэВ. Сечение фотоделения ядра  $^{240}\text{Pu}$  определено вплоть до энергии 30 МэВ, что позволило вычислить среднюю энергию возбуждения  $\langle E_{exc} \rangle$  составного ядра. Полная средняя кинетическая энергия  $\langle E_k \rangle$  фрагментов ядра  $^{240}\text{Pu}(s.f.)$  оказалась на  $1.2 \pm 0.5$  МэВ больше, чем для ядра  $^{239}\text{Pu}(n_{th}, f)$ . При фотоделении ядра  $^{240}\text{Pu}$  наблюдалось уменьшение величин  $\langle E_k \rangle$  с ростом энергии  $\langle E_{exc} \rangle$ , при этом  $d\langle E_k \rangle / d\langle E_{exc} \rangle = 0.37 \pm 0.08$ . В распределениях по кинетическим энергиям и массам фрагментов из реакции  $^{240}\text{Pu}(s.f.)$  проявляются оболочечные эффекты. Изменения в измеренных распределениях с увеличением

Energy correlation measurements were performed for  $^{240}\text{Pu}(s.f.)$ ,  $^{239}\text{Pu}(n_{th}, f)$  and the photofission of  $^{240}\text{Pu}$  with 12-, 15-, 20-, and 30-MeV bremsstrahlung. The photofission cross section for  $^{240}\text{Pu}$  was determined up to 30 MeV, which permitted the calculation of the average excitation energy  $\langle E_{exc} \rangle$  of the compound nucleus. The average total kinetic energy  $\langle E_k \rangle$  of the fragments for  $^{240}\text{Pu}(s.f.)$  was found to be  $1.2 \pm 0.5$  MeV higher than for  $^{239}\text{Pu}(n_{th}, f)$ . A decrease of  $\langle E_k \rangle$ , with  $\langle E_{exc} \rangle$ ,  $d\langle E_k \rangle / d\langle E_{exc} \rangle = -0.37 \pm 0.08$ , is observed in the photofission of  $^{240}\text{Pu}$ . Fragment shell effects are present in the kinetic energy and mass distributions for  $^{240}\text{Pu}(s.f.)$ . Changes in the measured distributions with increasing excitation energy of the compound nucleus  $^{240}\text{Pu}$

энергии возбуждения составного ядра  $^{240}\text{Pu}$  обсуждаются в рамках модели точки развала Уилкинса и др.

are discussed in the framework of the scission point model of Wilkins et al. \*

92 Günther W., Huber K., Kneissl U., Krieger H., Ries H., Ströher H. and Wilke W.  
 YIELD RATIO FOR THE TWO  $^{241}\text{Pu}$  FISSION ISOMERS IN THE  $^{242}\text{Pu}(\gamma, n)$  REACTION.  
Nucl. Phys., A 359, 397-407.

Времена жизни и отношения выходов для двух делящихся изомеров  $^{241}\text{Pu}$  были измерены в реакции  $^{242}\text{Pu}(\gamma, n)$ . Величина времени жизни долгоживущего изомера ( $T_{I/2} = 20.5 \pm 2.2$  мксек) согласуется с известными данными. Может быть подтверждено существование короткоживущего изомера  $^{241}\text{Pu}$  со временем жизни  $34 \pm 7$  нсек. Измеренные отношения выходов оказались равными  $Y_{\text{изом.}}/Y_{\text{мгнов.}} = (9.2 \pm 0.8) \times 10^{-5}$  и  $Y_{\text{изом.}}/Y_{\text{мгнов.}} = (3.7 \pm 0.7) \times 10^{-5}$  соответственно. На основании результатов анализа отношения выходов изомерного деления  $Y_{\text{изом.}}^{\text{долг.}}/Y_{\text{изом.}}^{\text{корот.}} = 2.5 \pm 0.6$  в рамках статистической модели предпринята попытка идентификации спинов двух изомеров. Возможные значения спинов сравниваются с результатами одночастичных оболочечно-модельных расчетов, а также с имеющимися спектроскопическими данными для других четно-нечетных изотопов  $\text{Pu}$ .

The half-lives yield ratios for the two  $^{241}\text{Pu}$  fission isomers have been measured in the  $^{242}\text{Pu}(\gamma, n)$  reaction. The observed half-life for the long-lived isomer ( $T_{I/2} = 20.5 \pm 2.2 \mu\text{s}$ ) is in agreement with previous data, and the existence of a short-lived  $34 \pm 7$  ns isomer in  $^{241}\text{Pu}$  could be confirmed. The measured yield ratios are,  $Y_{\text{iso}}/Y_{\text{pr}} = (9.9 \pm 0.8) \times 10^{-5}$  and  $Y_{\text{iso}}/Y_{\text{pr}} = (3.7 \pm 0.7) \times 10^{-5}$ , respectively. From a statistical model analysis of the isomeric fission yield ratio,  $Y_{\text{iso}}^{\text{long}}/Y_{\text{iso}}^{\text{short}} = 2.5 \pm 0.6$ , a spin assignment for the two isomers is attempted. Possible spin combinations are compared with single-particle shell-model calculations and with available spectroscopic data for the other even-odd Pu isotopes. \*

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

<u>Б</u>	Бечварж Ф.	68	<u>Н</u>	Недорезов В.Г.	83, 86
<u>В</u>	Вацет П.И.	19		Нгуен Данг Нхан	68
	Воронин А.С.	83		Никитина Н.В.	83, 86
<u>Г</u>	Гонзатко Я.	68		Новиков Ю.А.	9, 34, 45
	Гурьев В.Н.	19		Нога В.И.	42, 83, 86
	Гутый А.И.	27	<u>О</u>	Омаров Е.С.	34, 45
<u>Д</u>	Джилавян Л.З.	72	<u>П</u>	Парлаг А.М.	27
	Догьст И.В.	19		Пашук С.А.	42, 83
<u>И</u>	Ишханов Б.С.	9, 27, 31, 34, 45		Петржак К.А.	90
<u>К</u>	Капитонов И.М.	27, 31		Писсарев И.М.	9, 34, 45
	Касилов В.И.	89	<u>Р</u>	Пономарев В.Н.	72
	Качан А.С.	29		Ранка Ю.Н.	42, 83, 86
	Кириченко В.В.	19	<u>С</u>	Смирнов А.Н.	86
	Кондратько М.Я.	90		Соловьев С.М.	83
	Копанец Е.Г.	29		Сорокин А.А.	72
	Корда Л.П.	29		Сорокин П.В.	42
	Корецкая И.С.	83	<u>Т</u>	Телегин Ю.Н.	86
	Кралик М.	68		Тележников С.А.	68
	Кузнецов В.Л.	83, 86		Теодорович О.А.	90
<u>Л</u>	Лазарева Л.Е.	72	<u>Х</u>	Ходячих А.Ф.	19
	Лалин Н.И.	89	<u>Ш</u>	Шведунов В.И.	27, 31
<u>М</u>	Мосесов А.В.	90		Шумаков А.В.	31
			<u>Э</u>	Эйсмонт В.П.	86

AUTHOR INDEX

<u>A</u>	Ackerman K.	25, 46, 49, 53	<u>D</u>	Davies W.G.	8
	Ahrens J.	II		De Barros S.	56
	Allen P.D.	26		De Clercq A.	85, 9I
	Anderson K.	25, 46, 49, 53		De Frenne D.	9I
	Aniol K.	79		De Gelder P.	9I
	Arima A	I7		Del Bianco W.	3, 20
	Arruda-Neto J.D.T.	84		Del Zoppo A.	82
	Asai J.	5		De Miniac A.	64
	Axel P.	I6		De Pascale M.P.	3
				De Pasquale D.	82
<u>B</u>	Ball G.C.	8		Deruytter A.J.	9I
	Bangert K.	25, 46, 53		De Sanctis E.	I, I8
	Barna R.C.	82		D'hondt P.	9I
	Bauer C.	2I		Dodge W.R.	5I
	Beck D.H.	5		Dowell D.H.	I6
	Beil H.	64		Drake D.M.	79
	Bellia G.	82		Drexler J.	88
	Berant Z.	43, 75		Duinker W.	30
	Berg G.P.A.	58		Dyer P.	8
	Berg U.E.P.	25, 46, 53	<u>E</u>	Earle E.D.	8
	Bergère R.	64		Eichler J.	56
	Berkvens P.	62		Endres G.	87
	Berman B.L.	4, 35, 7I, 84		Engler G.	60
	Bernheim M.	I, I8	<u>F</u>	Fagot J.	64
	Bertrand F.E.	54		Faul D.D.	4
	Bertsch G.F.	38		Federici L.	3
	Biesiot W.	22, 78		Ferdinande H.	62
	Birenbaum Y.	43, 75		Fischer R.D.	88
	Blasing C.	46		Flanz J.B.	50
	Boersma C.R.	30		Frullani S.	I, 3, I8
	Boffi S.	I8	<u>G</u>	Gardner H.J.	49
	Bolme G.	I6		Garg J.B.	57
	Börner H.G.	59		Gaspar M.	56
	Bowles T.J.	8, 47		Gerace W.J.	55
	Browne J.C.	7I		Giordano G.	3
	Bussiére A.	I, I8		Gippner P.	2I
<u>C</u>	Calabretta L.	82		Girolami B.	3
	Caloi R.	3		Goldshtein V.A.	6
	Capitani G.P.	I, I8		Goncalves O.	56
	Cardman L.S.	I3, I6		Grundey Th.	37
	Carlos P.	64		Guisti C.	I8
	Casano L.	3		Günther W.	92
	Chrien R.E.	33, 60		Gurevich G.M.	67
	Collins M.T.	24			
	Costa G.	52			
	Cousins T.	69			

<u>H</u>	Halperin J.	57	<u>L</u>	Landhoff H.	87
	Halpern I.	79		Landsberger S.	20
	Hammen M.	II, 77		Laszewski R.M.	47
	Hanna S.S.	I4		Lawson R.D.	50
	Harty P.D.	4I		Lazareva L.E.	67
	Hayward E.	5I		Le Brun S.F.	24
	Heisenberg J.	74		Lecomte R.	20
	Herdade S.B.	84		Leicht R.G.	II, 5I, 76
	Herman M.	6I		Leprêtre A.	64
	Hicks R.S.	50, 55		Lichtenstadt J.	74
	Hohmuth K.	2I		Lindgren R.A.	50, 55
	Holt R.J.	47		Liou H.I.	60
	Hontzeas S.	I2		Lolos G.J.	I2
	Huber K.	88, 92			
	Hyuga H.	I7	<u>M</u>	Macklin R.	57
<u>I</u>	Ingresso L.	3		Maier H.J.	88
	Islam M.A.	36, 63		Malyarzh E.M.	6
	Itoh K.	28, 39		Manglos S.	IO
<u>J</u>	Jackson H.E.	47		Marcinkowski A.	6I
	Jacobs E.	85, 9I		Maruyama X.K.	50, 55
	Jans E.	I		Matone G.	3
	Jeremie H.	3		Mattioli M.	3
	Joly S.	79		Mazur V.W.	67
	Junghuns G.	53		McCarthy J.S.	74
<u>K</u>	Kahane S.	75		McCullagh C.M.	33
	Kajrys G.	20		McDonald A.B.	8
	Kean P.	35		McKeown R.D.	47
	Kennett S.R.	44, 48		Melin R.C.	8
	Kennett T.J.	36, 49, 63, 69		Merkulov S.Yu.	67
	Kerkhove F.	62		Meuer D.	65, 77
	Kim J.	20		Meyer P.	4
	Kissel L.	58		Migneco E.	82
	Kneissl U.	88, 92		Millener D.J.	24
	Knüpfer W.	65, 77		Mitchell L.W.	44, 48, 49
	Kobras K.	46		Monaro S.	20
	Koester L.J.	I6		Moreh R.	23, 43, 75
	Kolkowski P.	73		Mork K.	58
	Kowalski S.	50		Mougey J.	I, I8
	Kozlovsky T.V.	6		Mückenheim W.	57, 59, 87
	Krieger H.	92		Muirhead E.G.	26
	Kühner G.	65, 77		Müller S.	65, 77
	Kuplennikov E.L.	6		Murphy J.J.	5
			<u>N</u>	Naatz W.	46
				Nascimento I.C.	84
				Nathan A.M.	24, 47
				Nilsson L.	79



<u>Q</u>	Ohisawa S.	28	Smith Ph.B.	22, 78
	Olson D.L.	4	Soldatov A.S.	8I
	Ostapenko Yu.B.	8I	Solodukhov G.V.	67
<u>P</u>	Pacati F.D.	18	Spamer E.	37, 65, 77
	Papanicolas C.N.	16, 74	Specht J.R.	47
	Paradellis T.	52	Stelts M.L.	33
	Paradis P.	20	Stock R.	25, 46, 53
	Parker B.	50, 55	Stock W.	37
	Pasquariello G.	3	Storm D.	79
	Pelfer P.	3	Ströher H.	88, 92
	Peterson G.A.	50, 55	Sugawara M.	80
	Petrovica F.	55	<u>T</u>	
	Picozza P.	3	Tanaka T.	32
	Plum M.A.	55	Tarnowski D.	I, 18
	Poldi E.	3	Tartakovsky V.K.	6
	Prestwich W.V.	36, 63, 69	Taylor R.B.	70
	Prosperi D.	3	Teansomprasong P.	70
	Pywell R.E.	35	Teeters W.	50
<u>R</u>	Ratzek R.	88	Terasawa T.	28
	Reeder P.L.	4I	Thierens H.	9I
	Richter A.	37, 65, 77	Thompson M.N.	32, 35, 40, 4I
	Ries H.	88, 92	Tikku V.K.	57
	Roberson N.R.	7, 10	Tilley D.R.	7, 10
	Robertson R.G.H.	8	Titze O.	65, 77
	Royer D.	I, 18	Torizuka Y.	28, 39
	Rück D.	46	Tsubota H.	80
	Rudolph W.	2I	Tsypenyuk Yu.M.	8I
	Rullhusen P.	58, 59, 87	Turck-Chieze S.	I, 18
	Russo G.	82	<u>U</u>	
	Ryan P.J.P.	32	Uegaki J.	80
	Ryckbosch D.	62	<u>V</u>	
	Ryves T.B.	73	Van Camp E.	62
<u>S</u>	Saito T.	28, 39, 80	Van de Vyver R.	62
	Sandorfi A.M.	24	Van Otten P.	62
	Sargood D.G.	44, 48, 49	Veyssiére A.	64
	Schaerf C.	3	Vodhanel R.	23
	Schelhaas K.P.	II, 75, 76	Vourvopoulos G.	52
	Schneider R.K.M.	25, 46, 53	<u>W</u>	
	Schoch B.	15	Wagner G.J.	18
	Schrieder G.	37	Ward L.	7
	Schumacher M.	57, 58, 86	Warner R.A.	2, 8
	Sealock R.M.	12	Webb D.V.	26
	Sellyey W.C.	23	Weller H.R.	7, 10
	Shahal O.	43	Wender S.A.	79
	Sheldon E.	52	Whittingham I.B.	70
	Shin Y.M.	39	Wienhard K.	25, 46, 53
	Shoda K.	32, 7I, 80	Wilke W.	87, 9I
	Shostak V.B.	6	Williamson C.F.	50, 55
	Singhal R.	55	Williamson S.E.	16
	Skopik D.M.	5, 7	Wolf A.	75
	Smend F.	57, 58, 86	Wolinec E.	5I
	Smirenkin G.N.	8I	<u>Y</u>	
			Yazaki K.	17
			<u>Z</u>	
			Ziegler B.	II, 76

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Предисловие..... 5  
Обзор фотоядерных данных..... 6  
Пояснение к таблице ..... 18  
Таблица ФОТОЯДЕРНЫЕ ДАННЫЕ..... 19  
Библиография и аннотация  
статей .....46  
Авторский указатель .....84

C O N T E N T S

Preface ..... 5  
Review of photonuclear data..... 6  
Explanation of Table ..... 18  
Table PHOTONUCLEAR DATA .....19  
Bibliography and abstracts  
of the papers .....46  
Author index .....84

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ САНЕТОК

Владимир Васильевич Варламов,  
Александр Николаевич Панов,  
Василий Иванович Шведун

Фотоядерные данные - 1981  
Информационный бюллетень № 5

Переводчик О.А.Зильберт  
Редактор К.И.Стратилатова  
Технические редакторы Н.З.Алсеева,  
А.П.Лапинскайте,  
Г.А.Роганова

В подготовке бюллетеня принимали участие  
Е.Т.Зезулина и Г.Н.Белогурова

---

Подписано к печати 19.10.82 г. Л-110175. Заказ № 2149.  
Формат 60x84/8. Бумага офсетная № 1.  
Усл. печ. л. 10,0. Уч.-изд. л. 6,5. Тираж, 400 экз.

---

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

---

Отпечатано в НИИЯФ МГУ

Цена 35 коп.