

# PHOTO-ABSORPTION SUM RULES $\sigma_{-1}$ IN DIFFERENT ENVIRONMENTS (ATOMS, NUCLEI, NUCLEONS)

*S. B. Gerasimov\**

Joint Institute for Nuclear Research, Dubna

Combining the spin-dependent dispersion GDH sum rule, the isotopic-spin-dependent Cabibbo–Radicati sum rule, and the relativistic dipole-moment-fluctuation (i.e. generalized Gottfried) sum rule with the three valence quark configuration of nucleons taken into account for the composition of the ground and the excited states of the nucleon, the relevant moments of the distribution and correlation functions of the quark electric dipole moment operators in the nucleon ground state are expressed via the experimentally measurable nucleon resonance photo-excitation amplitudes. These functions are of interest for checking detailed quark-configuration structure of the nucleon state vector. Within the non-relativistic approach to photo-absorption sum rules for the 3N-nuclei a new  $\sigma_{-1}$  sum rule is proposed which is based on general charge-symmetry (CS) consequences for the “CS-conjugated” triton and  ${}^3\text{He}$ .

С помощью дисперсионного спинового правила сумм ГДХ, правила сумм Кабиббо–Радикати изоспиновой алгебры токов и релятивистского правила сумм для флуктуации оператора дипольного момента, соответствующего обобщению правила сумм Готтфрида, в релятивистской модели трехкварковой структуры основного состояния нуклона получены парные корреляционные функции векторов кварковых токов, представляющие интерес для определения конфигурационной кварковой структуры вектора состояния нуклона. В нерелятивистском описании правил сумм  $\sigma_{-1}$  для сечений фотопоглощения трехнуклонными ядрами получены новые соотношения следствий зарядовой симметрии для «зарядово-сопряженной» пары ядер тритона и  ${}^3\text{He}$ .

PACS: 11.55.Hx; 25.20.-x

---

\*E-mail: gerasb@theor.jinr.ru

## MEASUREMENT OF THE PROTON SPIN POLARIZABILITIES AT MAMI

*G. M. Gurevich* \*, *V. P. Lisin*  
(*A2 collaboration*)

Institute for Nuclear Research of the Russian Academy of Sciences, Moscow

The spin polarizabilities of the nucleon are fundamental structure constants which describe the response of the nucleon spin to an incident polarized photon. The most model-independent way to measure the nucleon spin polarizabilities is the Compton scattering with polarization degrees of freedom. Three Compton scattering asymmetries on the proton were measured in the  $\Delta(1232)$  region using a polarized incident photon beam and a polarized (or unpolarized) proton target at the Mainz Microtron (MAMI). These asymmetries are sensitive to values of the spin polarizabilities. Fits to asymmetry data were performed using a dispersion model calculation, and a separation of all four proton spin-polarizabilities in the multipole basis was achieved. The values of the proton spin polarizabilities are presented.

Спиновые поляризуемости нуклона — фундаментальные структурные константы, которые описывают отклик спина нуклона на воздействие налетающего поляризованного фотона. Наиболее модельно-независимым методом измерения спиновых поляризуемостей нуклона является комптоновское рассеяние с поляризационными степенями свободы. Три асимметрии комптоновского рассеяния на протоне в области  $\Delta(1232)$ -резонанса были измерены на ускорителе МАМІ (Майнц) с использованием поляризованного пучка фотонов и поляризованной (или неполяризованной) протонной мишени. Эти асимметрии чувствительны к значениям спиновых поляризуемостей. В результате анализа данных по асимметриям с использованием расчетов по дисперсионной модели были определены все четыре спиновые поляризуемости протона, значения которых приводятся.

PACS: 13.40.-f; 13.60.Fz; 13.88.+e; 14.20.Dh; 24.70.+s

---

\*E-mail: gurevich@inr.ru

## DIPOLE POLARIZABILITIES OF CHARGED PIONS

*L. V. Fil'kov*<sup>1,\*</sup>, *V. L. Kashevarov*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow

<sup>2</sup> Institut für Kernphysik, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Mainz, Germany

We discuss main experimental works where dipole polarizabilities of charged pions have been determined. Possible reasons for the differences between the experimental data are discussed. In particular, it is shown that the account of the  $\sigma$ -meson gives a significant correction to the value of the polarizability obtained in the latest experiment of the COMPASS collaboration.

Рассматриваются ведущие экспериментальные работы, в которых измеряются дипольные поляризуемости заряженных пионов. Обсуждаются возможные причины различий полученных в разных экспериментах данных. В частности, показано, что учет  $\sigma$ -мезона вносит значительную поправку в значение поляризуемости, полученное в новейшем из экспериментов, проведенном коллаборацией COMPASS.

PACS: 13.40.-f; 11.55.Fv; 11.55.Hx; 12.39.Fe; 14.40.-n

---

\*E-mail: [filkov@sci.lebedev.ru](mailto:filkov@sci.lebedev.ru)

## PRODUCTION OF MEDICAL $^{99m}\text{Tc}$ ISOTOPE VIA PHOTONUCLEAR REACTION

*M. Fujiwara*<sup>1,2,\*</sup>, *K. Nakai*<sup>1</sup>, *N. Takahashi*<sup>3</sup>, *T. Hayakawa*<sup>2</sup>,  
*T. Shizuma*<sup>2</sup>, *S. Miyamoto*<sup>4</sup>, *G. T. Fan*<sup>4</sup>, *A. Takemoto*<sup>4</sup>,  
*M. Yamaguchi*<sup>4</sup>, *M. Nishimura*<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Research Center for Nuclear Physics, Osaka University, Osaka, Japan

<sup>2</sup> Japan Atomic Energy Agency, Tokai, Ibaraki, Japan

<sup>3</sup> Department of Chemistry, Graduate School of Science, Osaka University, Osaka, Japan

<sup>4</sup> University of Hyogo, Hyogo, Japan

<sup>5</sup> R&D Center Kagoshima, Kyocera Corporation, Kirishima, Kagoshima, Japan

$^{99m}\text{Tc}$  with a 6 hour half-life is one of the most important medical isotopes used for the Single-Photon Emission Computed Tomography (SPECT) inspection in hospitals of USA, Canada, Europe and Japan.  $^{99m}\text{Tc}$  isotopes are extracted by the milking method from parent  $^{99}\text{Mo}$  isotopes with a 66 hour half-life. The supply of  $^{99}\text{Mo}$  isotopes now encounters a serious crisis. Hospitals may not suitably receive  $^{99}\text{Mo}$  medical isotopes in the near future, due to difficulties in production by research nuclear reactors. Many countries are now looking for alternative ways to generate  $^{99}\text{Mo}$  isotopes other than those with research reactors. We discuss a sustained availability of  $^{99m}\text{Tc}$  isotopes via the  $^{nat}\text{Mo}(\gamma, n)$  photoneuclear reaction, and discuss to solve technical problems for extracting pure  $^{99m}\text{Tc}$  isotopes from other output materials of photoneuclear reactions.

$^{99m}\text{Tc}$  с периодом полураспада 6 ч является одним из наиболее важных медицинских изотопов, используемых для обследований с помощью метода однофотонной эмиссионной компьютерной томографии в клиниках США, Канады, Японии и Европы. Изотопы  $^{99m}\text{Tc}$  получают методом выжимки из родительских изотопов  $^{99}\text{Mo}$ , имеющих период полураспада 66 ч. Доступность изотопов  $^{99}\text{Mo}$  является серьезной проблемой в настоящее время. В ближайшем будущем клиники могут столкнуться с дефицитом медицинских изотопов  $^{99}\text{Mo}$  из-за проблем с их производством в исследовательских ядерных реакторах. По этой причине многие страны ищут альтернативные способы получения изотопов  $^{99}\text{Mo}$ . Обсуждается возможность использования изотопов  $^{99}\text{Tc}$ , которые можно получать постоянно в результате фотоядерной реакции  $^{nat}\text{Mo}(\gamma, n)$ . Для этого необходимо решить проблему отделения чистых изотопов  $^{99}\text{Tc}$  от других продуктов фотоядерных реакций.

PACS: 87.57.uh; 25.20.Lj; 23.35.+g

---

\*E-mail: fujiwara@rcnp.osaka-u.ac.jp

## FUTURE PROSPECTS OF NUCLEAR REACTIONS INDUCED BY GAMMA-RAY BEAMS AT ELI-NP

*D. Filipescu*<sup>1,\*</sup>, *D. L. Balabanski*<sup>1</sup>, *F. Camera*<sup>2,3</sup>, *I. Gheorghe*<sup>1,4</sup>,  
*D. Ghita*<sup>1</sup>, *T. Glodariu*<sup>1</sup>, *J. Kaur*<sup>1</sup>, *C. A. Ur*<sup>1</sup>,  
*H. Utsunomiya*<sup>5,6</sup>, *V. V. Varlamov*<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Extreme Light Infrastructure – Nuclear Physics (ELI-NP) / Horia Hulubei National  
Institute for R&D in Physics and Nuclear Engineering (IFIN-HH),  
Bucharest-Magurele, Romania

<sup>2</sup> Department of Physics, University of Milan, Milan, Italy

<sup>3</sup> INFN section of Milan, Milan, Italy

<sup>4</sup> University of Bucharest, Bucharest-Magurele, Romania

<sup>5</sup> Department of Physics, Konan University, Kobe, Japan

<sup>6</sup> Center for Nuclear Study, University of Tokyo, Wako, Saitama, Japan

<sup>7</sup> Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow

The future prospects of photonuclear reactions studies at the new Extreme Light Infrastructure – Nuclear Physics (ELI-NP) facility are discussed in view of the pursuit of investigating the electromagnetic response of nuclei using  $\gamma$ -ray beams of unprecedented energy resolution and intensity characteristics. We present here the features of the  $\gamma$ -ray beam source, the emerging ELI-NP experimental program involving photonuclear reactions cross section measurements and spectroscopy and angular measurements of  $\gamma$  rays and neutrons along with the detection arrays currently under implementation.

Обсуждаются перспективы исследований фотоядерных реакций на новой установке «Инфраструктура экстремального света – ядерная физика» (ИЭС-ЯФ). Целью проекта является исследование ядерного электромагнитного отклика с помощью пучков  $\gamma$ -лучей с беспрецедентными разрешением по энергии и величиной интенсивности. Рассматриваются характеристики источника пучка  $\gamma$ -лучей, развитие экспериментальной программы ИЭС-ЯФ, включая измерение сечений фотоядерных реакций, спектроскопию и угловые измерения  $\gamma$ -лучей и нейтронов, а также текущая ситуация по установке детектирующей аппаратуры.

PACS: 25.20.Dc; 25.20.Lj; 24.60.Dr

---

\*E-mail: dan.filipescu@eli-np.ro

## SEPARATION OF CONTRIBUTIONS FROM ISOVECTOR $E2$ AND $E1$ GIANT RESONANCES IN DIRECT AND INVERSE REACTIONS WITH REAL AND VIRTUAL PHOTONS

*L. Z. Dzhilavyan*\*, *A. M. Lapik*, *V. G. Nedorezov*, *B. A. Tulupov*

Institute for Nuclear Research of the Russian Academy of Sciences, Moscow

We give a brief overview of ways for separation of contributions from isovector electric quadrupole ( $E2$ ) and prevailing isovector electric dipole ( $E1$ ) giant resonances in atomic nuclei, excited in direct and inverse reactions with photons (real and virtual). We also present the main parameters of the isovector  $E2$  giant resonance, estimated to date using some of these ways for  $^{208}\text{Pb}$ .

Представлен краткий обзор способов выделения вкладов изовекторных электрических квадрупольных ( $E2$ ) на фоне превалирующих дипольных ( $E1$ ) гигантских резонансов в атомных ядрах, возбуждаемых в прямых и обратных реакциях с фотонами (реальными и виртуальными). Также приводятся основные параметры изовекторного  $E2$  гигантского резонанса, заявленные на основании результатов, полученных с использованием некоторых из этих способов для  $^{208}\text{Pb}$ .

PACS: 24.30.Cz; 25.20.-x

---

\*E-mail: dzhil@cpc.inr.ac.ru

# UNSTABLE NUCLEI IN DISSOCIATION OF LIGHT STABLE AND RADIOACTIVE NUCLEI IN NUCLEAR TRACK EMULSION

*D. A. Artemenkov*<sup>1</sup>, *A. A. Zaitsev*<sup>1,2</sup>, *P. I. Zarubin*<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup> Joint Institute for Nuclear Research, Dubna

<sup>2</sup> Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow

A role of the unstable nuclei  ${}^6\text{Be}$ ,  ${}^8\text{Be}$  and  ${}^9\text{B}$  in the dissociation of relativistic nuclei  ${}^{7,9}\text{Be}$ ,  ${}^{10}\text{B}$  and  ${}^{10,11}\text{C}$  is under study on the basis of nuclear track emulsion exposed to secondary beams of the JINR Nuclotron. Contribution of the configuration  ${}^6\text{Be} + n$  to the  ${}^7\text{Be}$  nucleus structure is  $(8 \pm 1)\%$ , which is near the value for the configuration  ${}^6\text{Li} + p$ . Distributions over the opening angle of  $\alpha$ -particle pairs indicate a simultaneous presence of virtual  ${}^8\text{Be}_{g.s}$  and  ${}^8\text{Be}_{2+}$  states in the ground states of the  ${}^9\text{Be}$  and  ${}^{10}\text{C}$  nuclei. The core  ${}^9\text{B}$  manifests itself in the  ${}^{10}\text{C}$  nucleus with a probability of  $(30 \pm 4)\%$ . Selection of the  ${}^{10}\text{C}$  “white” stars accompanied by  ${}^8\text{Be}_{g.s}$  ( ${}^9\text{B}$ ) leads to appearance of a distinct peak with a maximum at  $(4.1 \pm 0.3)$  MeV in the excitation energy distribution of  $2\alpha 2p$  “quartets”.  ${}^8\text{Be}_{g.s}$  decays are present in  $(24 \pm 7)\%$  of  $2\text{He} + 2\text{H}$  events of the  ${}^{11}\text{C}$  coherent dissociation and in  $(27 \pm 11)\%$  of the  $3\text{He}$  ones. The channel  ${}^9\text{B} + \text{H}$  amounts to  $(14 \pm 3)\%$ . The  ${}^8\text{Be}_{g.s}$  nucleus manifests itself in the coherent dissociation  ${}^{10}\text{B} \rightarrow 2\text{He} + \text{H}$  with a probability of  $(25 \pm 5)\%$  including  $(14 \pm 3)\%$  of  ${}^9\text{B}$  decays. A probability ratio of the mirror channels  ${}^9\text{B} + n$  and  ${}^9\text{Be} + p$  is estimated to be  $6 \pm 1$ .

На основе ядерной эмульсии, облученной на нуклотроне ОИЯИ, изучается роль нестабильных ядер  ${}^6\text{Be}$ ,  ${}^8\text{Be}$  и  ${}^9\text{B}$  в диссоциации релятивистских ядер  ${}^{7,9}\text{Be}$ ,  ${}^{10}\text{B}$  и  ${}^{10,11}\text{C}$ . Вклад конфигурации  ${}^6\text{Be} + n$  в структуру ядра  ${}^7\text{Be}$  составляет  $(8 \pm 1)\%$ , что близко к значению для  ${}^6\text{Li} + p$ . Распределение по углу разлета пар  $\alpha$ -частиц указывает на одновременное присутствие виртуальных состояний  ${}^8\text{Be}_{g.s}$  и  ${}^8\text{Be}_{2+}$  в ядрах  ${}^9\text{Be}$  и  ${}^{10}\text{C}$ . Основа  ${}^9\text{B}$  проявляется в ядре  ${}^{10}\text{C}$  с вероятностью  $(30 \pm 4)\%$ . Отбор «белых» звезд  ${}^{10}\text{C}$ , сопровождаемых  ${}^8\text{Be}_{g.s}$  ( ${}^9\text{B}$ ), ведет к появлению в распределении по энергии возбуждения «квартетов»  $2\alpha 2p$  отчетливого пика с максимумом при  $(4,1 \pm 0,3)$  МэВ. Распады  ${}^8\text{Be}_{g.s}$  присутствуют в  $(24 \pm 7)\%$  событий когерентной диссоциации  ${}^{11}\text{C}$ , а в канале  $3\text{He}$  в  $(27 \pm 11)\%$ . Канал  ${}^9\text{B} + \text{H}$  составляет  $(14 \pm 3)\%$ . Ядро  ${}^8\text{Be}_{g.s}$  проявляется в когерентной диссоциации  ${}^{10}\text{B} \rightarrow 2\text{He} + \text{H}$  с вероятностью  $(25 \pm 5)\%$ , включая  $(14 \pm 3)\%$  от распадов  ${}^9\text{B}$ . Отношение вероятностей зеркальных каналов  ${}^9\text{B} + n$  и  ${}^9\text{Be} + p$  оценивается равным  $6 \pm 1$ .

PACS: 21.60.Gx; 25.60.-t; 25.70.Jj; 29.20.db

---

\*E-mail: zarubin@lhe.jinr.ru