

# Центр данных фотоядерных исследований НИИЯФ МГУ: ВОЗМОЖНОСТИ И ИССЛЕДОВАНИЯ



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, НИИ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ, ОЭПВАЯ

## ЦЕНТР ДАННЫХ ФОТОЯДЕРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

CENTRE FOR PHOTONUCLEAR EXPERIMENTS DATA

ЦДФЭ: домашняя страница

Добро пожаловать на сайт ЦДФЭ.

Сервисы, доступные в ЦДФЭ:

Объект поиска	База данных
<p>Все об атомных ядрах и ядерных реакциях. Числовые данные, графическая информация и библиография</p> 	<p><b>Универсальная электронная система информации по атомным ядрам и ядерным реакциям</b> [Описание] Последнее обновление: 6 мая 2014</p>
<p>Распространенность, изотоп, атомная масса, избыток массы, энергия связи, спин, четность, момент, деформация, мода распада: основное и метастабильное состояния.</p> 	<p><b>Параметры основных и изомерных состояний атомных ядер</b> [Описание] Последнее обновление: 15 июня 2011</p>
<p>Ядерные реакции. Различные характеристики (международный фонд данных EXFOR). Налетающая частица: фотон, нейтрон, любая заряженная частица, тяжелый ион.</p> 	<p><b>База данных по ядерным реакциям (EXFOR)</b> [Описание] Последнее обновление: 9 января 2021</p>
<p><b>Параметры ядерных уровней:</b> Параметры ядерных уровней: Энергия, спин, четность, время жизни, мода, распад, метастабильное состояние, изоспин, момент количества движения, спектроскопический фактор и т.д. <b>Параметры <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-распадов:</b> Энергия, интенсивность, мультипольность, коэффициент</p> 	<p><b>Полная реляционная база ядерно-спектроскопических данных "Relational ENSDF"</b> [Описание] Последнее обновление: 6 мая 2014</p>

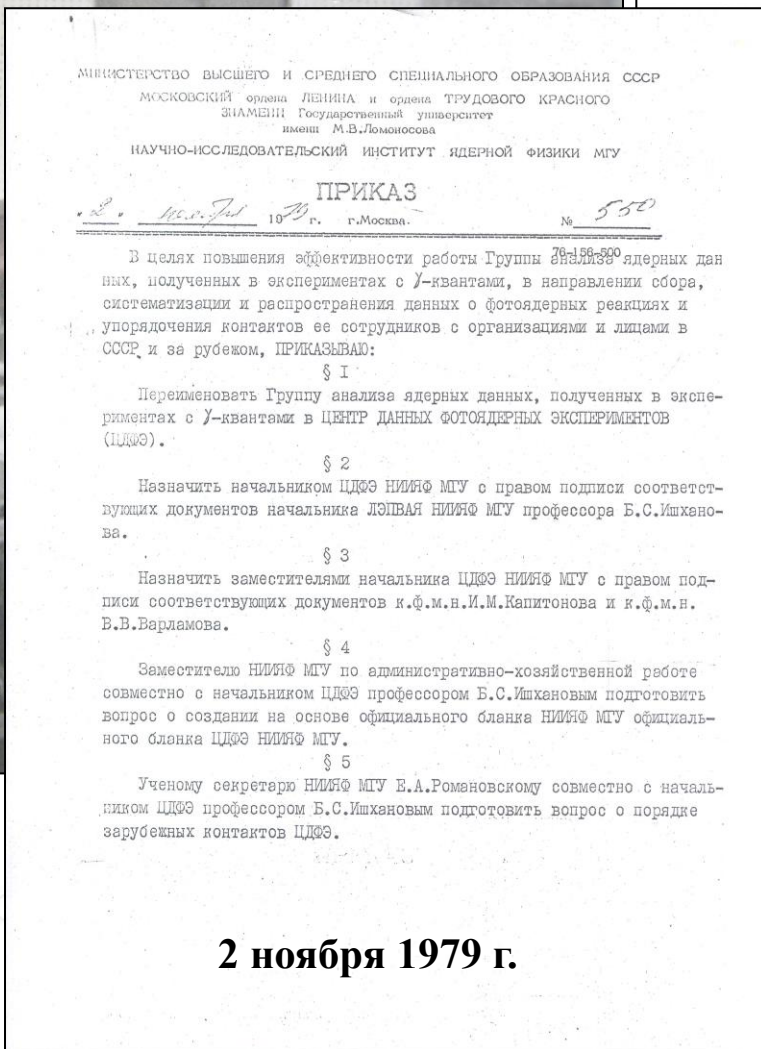
cdfe.sinp.msu.ru/cgi-bin/select.cgi?base=gsp\_ru&advanced=on

*В.В.Варламов*

**Центр данных фотоядерных экспериментов НИИЯФ МГУ:  
ВОЗМОЖНОСТИ И ИССЛЕДОВАНИЯ.**



# Центр данных фотоядерных исследований НИИЯФ МГУ: ВОЗМОЖНОСТИ И ИССЛЕДОВАНИЯ



**ЭВМ ЕС-1022**

**Центр данных фотоядерных  
экспериментов  
(ЦДФЭ – CDFE) НИИЯФ МГУ**

**2 ноября 1979 г.**



## Основные задачи Центра:

- **участие в создании и поддержании международной базы данных (БД) по ядерным реакциям под эгидой МАГАТЭ:**
  - поиск и компиляция фотоядерных данных, публикуемых в разных странах;
  - форматирование данных в согласованных форматах, регулярное пополнение и обновление разделов БД;
- **обеспечение доступа сотрудников МГУ и других российских учебно-научных организаций к современной международной ядерно-физической информации:**
  - адаптация основных массивов числовых ядерно-физических данных;
  - создание соответствующих информационно-поисковых систем (электронные банки, базы, карты данных, информационно-поисковые системы, Интернет-интерфейсы);
  - подготовка и распространение информационных указателей, атласов, обзоров;
- **экспертиза точности, надежности и достоверности данных, анализ и оценка данных, согласование результатов разных экспериментов.**



20 28

50

82

128

## Информационно-поисковые системы

Система коллективного пользования ЭВМ  
МГУ

Запросы сотрудников МГУ и других  
организаций

Гранты РФФИ

Исследовательские контракты МАГАТЭ

Web-сайт ЦДФЭ

28

20

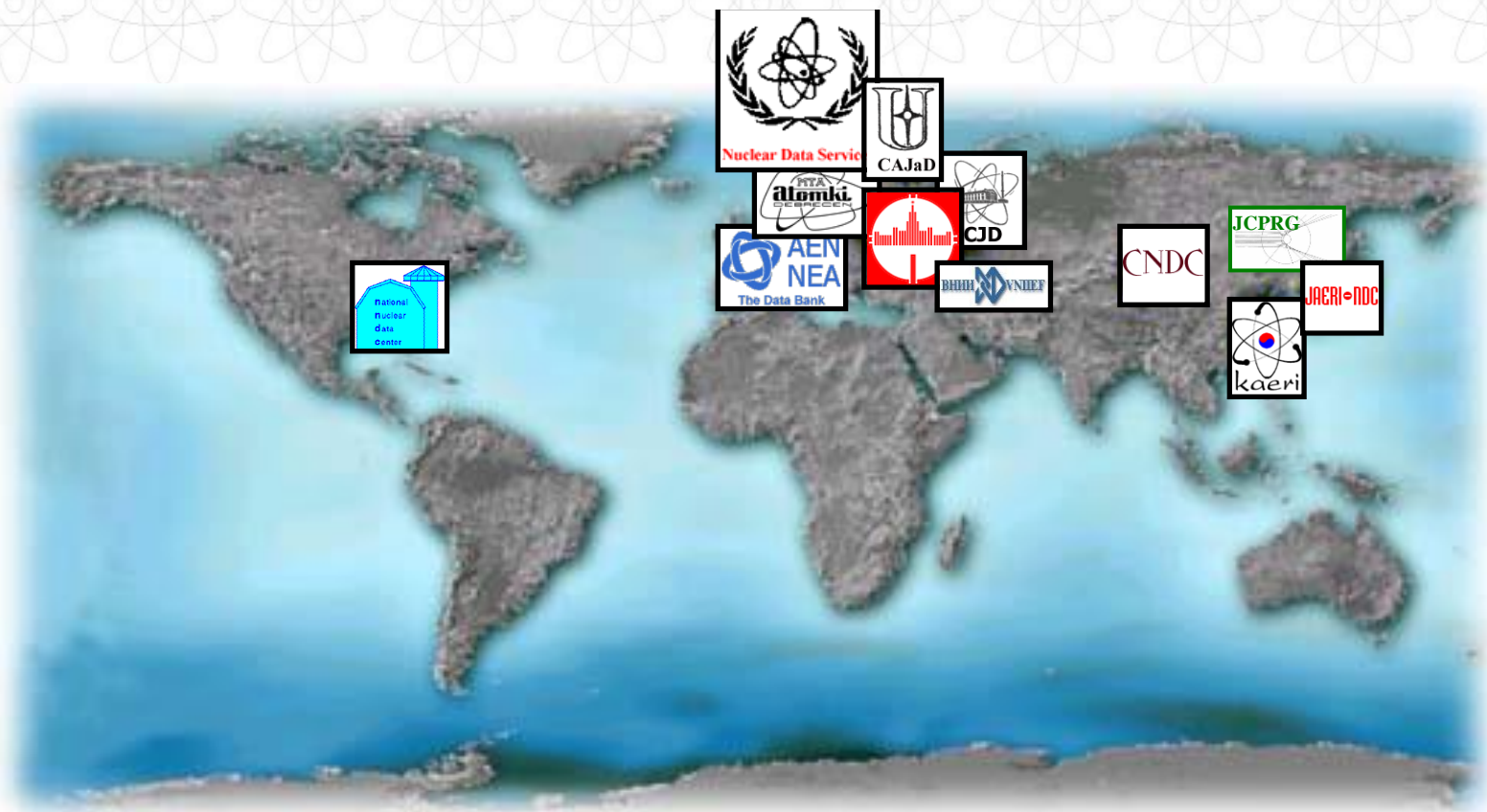


# Центр данных фотоядерных исследований НИИЯФ МГУ: возможности и исследования



Сеть МАГАТЭ Центров данных по ядерным реакциям  
(Nuclear Reaction Data Centers (NRDC) Network):

14 организаций из Австрии, Венгрии, Индии, Китая, Кореи,  
России (ЦДФЭ НИИЯФ МГУ (Москва), ЦЯД (РФЯЦ ВНИИЭФ (Саров), ЦЯД ФЭИ (Обнинск)),  
США, Украины, Франции, Японии





# Центр данных фотоядерных исследований НИИЯФ МГУ: ВОЗМОЖНОСТИ И ИССЛЕДОВАНИЯ



## Сеть Центров данных по ядерным реакциям МАГАТЭ

**International Network of Nuclear Reaction Data Centres (NRDC)**  
Coordinator: Naohiko Otsuka (IAEA NDS)  
(Site map)

**What is NRDC?**  
The International Network of Nuclear Reaction Data Centres (NRDC) constitutes a worldwide cooperation of nuclear data centres under the auspices of the International Atomic Energy Agency. The Network was established to coordinate the world-wide collection, compilation and dissemination of nuclear reaction data.

Country	Centre	Joined
Hungary	Nuclear Data Group (ATOMKI) Institute for Nuclear Research, Debrecen	1992
Russia	Centre for Photonuclear Experiments Data (CDFE) Moscow State University, Moscow	1982
Russia	Russian Nuclear Data Center (CJD) Institute of Physics and Power Engineering, Obninsk	1966
China	China Nuclear Data Center (CNDC) China Institute of Atomic Energy Beijing	1987
Russia	Center of Nuclear Physics Data (CNPD) All Russian Scientific Research Institute of Experimental Physics, Sarov	1997
Japan	Nuclear Data Center (JAEA/NDC) Japan Atomic Energy Agency, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki	1991
Japan	Hokkaido University Nuclear Reaction Data Centre (JCPRG) Hokkaido University, Sapporo	1975
Korea	Korea Nuclear Data Center (KNDC) Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI), Yuseong, Daejeon	2000
India	Nuclear Data Physics Centre of India (NDPCI) Bhabha Atomic Research Centre (BARC), Trombay, Mumbai	2008
IAEA	IAEA Nuclear Data Section (NDS) Vienna	1966
OECD	OECD NEA Data Bank (NEA DB) Boulogne-Billancourt	1966
U.S.A	US National Nuclear Data Center (NNDC) Brookhaven National Laboratory, Upton, NY	1966
Ukraine	Ukrainian Nuclear Data Center (UkrNDC) Institute for Nuclear Research, Kyiv	1998



# Центр данных фотоядерных исследований НИИЯФ МГУ: ВОЗМОЖНОСТИ И ИССЛЕДОВАНИЯ



International Atomic Energy Agency  
**Nuclear Data Services**  
Sección Datos Nucleares, OIEA

Hot Topics » IAEA-CIELO » TENDL-2019 » JENDL-4.0u2 » ENDF/B-VIII.0 News » Pointwise2020/TENDL-2019

**NEW**  
**GRUCON-2020** ENDF data processing code package (includes source code): [page] [download]  
**CoNDERC** Compilation of nuclear data experiments for radiation characterisation [page]  
**CENDL-3.2** Chinese evaluated neutron data library, issued in 2020: [introduction] [download] [list] [retrieve]

**EXFOR** Experimental nuclear reaction data  
**ENDF** Evaluated nuclear reaction libraries  
**LiveChart of Nuclides** Interactive Chart of Nuclides  
**ENSDF** evaluated nuclear structure and decay data (\*\*XUNDL)\*\*  
**CINDA** Nuclear reaction bibliography  
**NSR** Nuclear Science References

**NuDat-2** selected evaluated nuclear structure data  
**RIPL** reference parameters for nuclear model calculations  
**IBANDL** Ion Beam Analysis Nuclear Data Library  
**Charged particle reference cross section** Beam monitor reactions  
**PGAA** Prompt gamma rays from neutron capture  
**FENDL** Fusion Evaluated Nuclear Data Library  
**Photonuclear** - IAEA Photonuclear Data Library, 2019 - EPICS Electron & Photon Interaction Data, 2017  
**IRDFF-II** International Reactor Dosimetry and Fusion File  
**NAA** Neutron Activation Analysis Portal  
**Safeguards Data** Last updated: January 2017  
**Medical Portal** - Medical Radioisotopes Production, 2015 - Medical isotope browser, 2019  
**Standards** - Neutron cross-sections, 2017 - Decay data, 2005

IAEA Nuclear Data Section

## Секция ядерных данных МАГАТЭ (IAEA Nuclear Data Section, NDS)

National Nuclear Data Center  
BROOKHAVEN NATIONAL LABORATORY

**NSR** **XUNDL** **ENSDF**  
**NuDat** **Databases** **MIRD**  
**Sigma** **EXFOR** **ENDF**

**Chart of Nuclides**  
**Atlas of n Resonances**  
**Nuclear Wallet Cards**  
**Tools and Publications**  
**Nuclear Data Sheets**  
**Networks**  
**CSEWGF** **USNDP**

**Tweets by @NNDC\_BNL**  
**National Nuclear Data Center** @NNDC\_BNL  
 A new evaluation of half-lives and delayed neutron emission probabilities for fission fragments is now available: sciencedirect.com/science/articl...  
 This study and more can be found in our monthly Nuclear Data Sheets journal.

Main Structure & Decay Reactions Bibliography Networks & Links Publications

**AMDC** Atomic Mass Data Center, *Q-value Calculator*  
**Atlas of Neutron Resonances** Parameters & thermal values  
**CapGam** Thermal Neutron Capture  $\gamma$ -rays  
**Covariances of Neutron Reactions**  
**CSEWGF** Cross Section Evaluation Working Group  
**EXFOR** Nuclear reaction experimental data  
**ENSDF** Evaluated Nuclear Structure Data File  
**IRDFF** IRDFF International Reactor Dosimetry and Fusion File  
**MIRD** Medical Internal Radiation Dose  
**NSR** Nuclear Science References  
**Nuclear Data Sheets** Nuclear structure & decay data journal, *Special Issues on reaction data*  
**Nuclear Wallet Cards** Ground & isomeric states properties,  
**NuDat** Nuclear structure & decay Data  
**USNDP** U.S. Nuclear Data Program  
**USNDP/CSEWGF GForge** Collaboration Server

**Chart of Nuclides** Basic properties of atomic nuclei  
**ENDF** Evaluated Nuclear (reaction) Data File, *Sigma*  
**NDWG** Nuclear Data Working Group  
**NucRates** MACS & Astrophysical reaction rates  
**XUNDL** Experimental Un-evaluated Nuclear Data List

## Национальный центр ядерных данных США (USA National Nuclear Data Center, NNDC)

2/17/2021

«ЦДФЭ НИИЯФ МГУ»  
НИИЯФ-75, 2021

NDS - NNDC



# Центр данных фотоядерных исследований НИИЯФ МГУ: возможности и исследования



«Фотоядерных» в названии ЦДФЭ – дань истории, ЦДФЭ давно – Центр ядерных данных

Электронные базы данных по ядерным реакциям и спектроскопии атомных ядер, электронные карты по размерам ядер, ядерным деформациям, интерактивный калькулятор характеристик ядер, ядерных реакций и радиоактивных распадов

Ссылки на Интернет-ресурсы партнеров по сотрудничеству МАГАТЭ

Информационная поддержка научных исследований и учебного процесса

The screenshot shows the homepage of the Centre for Photonuclear Experiments Data (CDFE) website. The page features a red header with the center's name in Russian and English. A navigation menu on the left lists various services and databases. The main content area displays several featured services, each with a brief description, an icon, and a link to the full description. The services include:

- База данных** (Data Base)
- Партнеры** (Partners)
- Банк программ (служба программного обеспечения) OECD-NEA DB** (Program Bank)
- Ссылки** (Links)
- Контакты** (Contacts)
- О нас** (About Us)
- Сотрудники** (Staff)
- Публикации** (Publications)
- English Page**
- Универсальная электронная система информации по атомным ядрам и ядерным реакциям** (Universal electronic information system for atomic nuclei and nuclear reactions)
- Параметры основных и изомерных состояний атомных ядер** (Parameters of main and isomeric states of atomic nuclei)
- База данных по ядерным реакциям (EXFOR)** (Nuclear reaction data base (EXFOR))
- Полная реляционная база ядерно-спектроскопических данных "Relational ENSDF"** (Full relational database of nuclear spectroscopy data "Relational ENSDF")
- Карта параметров формы и размеров ядер** (Map of nuclear shape and size parameters)
- Публикации по ядерной физике (База данных "NSR")** (Publications in nuclear physics (NSR database))





# Центр данных фотоядерных исследований НИИЯФ МГУ: ВОЗМОЖНОСТИ И ИССЛЕДОВАНИЯ



Параметры основных состояний всех известных ядер - разнообразная информация о ядре в целом

Данные по ядерным реакциям под действием электронов, фотонов, нейтронов, заряженных частиц и тяжелых ионов

Данные по ядерной спектроскопии ядер - характеристики состояний ядер, а также параметры  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -переходов между ними

Данные о параметрах формы и размеров ядер

Информация о публикациях по физике атомных ядер и ядерных реакций с 1912 года

The screenshot shows the homepage of the Center for Photonuclear Experiments Data (CDPE). The header includes the logo and the text "ЦЕНТР ДАННЫХ ФОТОЯДЕРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ" and "CENTRE FOR PHOTONUCLEAR EXPERIMENTS DATA". The main content area is titled "Добро пожаловать на сайт ЦДФЭ." and lists several services available on the site. The left sidebar contains navigation links: "Базы данных", "Партнеры", "Банк программ (служба программного обеспечения) OECD-NEA DB", "Ссылки", "Контакты", "О нас", "Сотрудники", "Публикации", and "English Pages". The main content area is divided into sections: "Объект поиска" (Search object), "База данных" (Database), "Параметры основных и изомерных состояний атомных ядер" (Parameters of main and isomeric states of atomic nuclei), "База данных по ядерным реакциям (EXFOR)" (Database of nuclear reactions (EXFOR)), "Полная реляционная база данных 'Relational ENSDF'" (Full relational database 'Relational ENSDF'), "Карта параметров формы и размеров ядер" (Map of nuclear shape and size parameters), and "Публикации по ядерной физике (база данных 'NSR')" (Publications in nuclear physics (database 'NSR')).

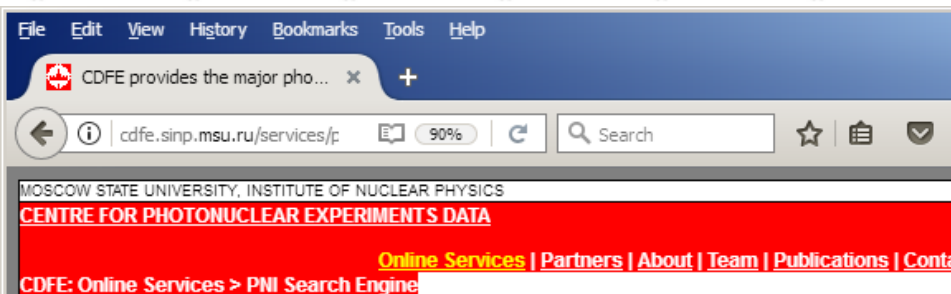
The screenshot shows a detailed page from the CDPE website. The header includes the logo and the text "ЦЕНТР ДАННЫХ ФОТОЯДЕРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ" and "CENTRE FOR PHOTONUCLEAR EXPERIMENTS DATA". The main content area is titled "Добро пожаловать на сайт ЦДФЭ." and lists several services available on the site. The left sidebar contains navigation links: "Базы данных", "Партнеры", "Банк программ (служба программного обеспечения) OECD-NEA DB", "Ссылки", "Контакты", "О нас", "Сотрудники", "Публикации", and "English Pages". The main content area is divided into sections: "Объект поиска" (Search object), "База данных" (Database), "Параметры основных и изомерных состояний атомных ядер" (Parameters of main and isomeric states of atomic nuclei), "База данных по ядерным реакциям (EXFOR)" (Database of nuclear reactions (EXFOR)), "Полная реляционная база данных 'Relational ENSDF'" (Full relational database 'Relational ENSDF'), "Карта параметров формы и размеров ядер" (Map of nuclear shape and size parameters), and "Публикации по ядерной физике (база данных 'NSR')" (Publications in nuclear physics (database 'NSR')).



# Центр данных фотоядерных исследований НИИЯФ МГУ: ВОЗМОЖНОСТИ И ИССЛЕДОВАНИЯ



## Электронный индекс (библиографический указатель) фотоядерных данных, опубликованных в научной литературе с 1955 года



ONLINE SERVICES. PNI Search Engine.

Each field in this form is optional - may be blank.

[Click here for [help...](#)]

Advanced Search:		Examples
Exfor Number :	<input type="text"/>	M0519   M0265
Index Number :	<input type="text"/>	96002   62001j
Nucleus Investigated (Z,A) :	<input type="text"/>	12   10;20   7-82
Reaction Target (Z,A) :	<input type="text"/>	16   13;24;98   4-65
Incident Particle :	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	BRST BRST-POL MON MON-POL POL
Outgoing Particle :	<input type="text"/>	
Quantities :	<input type="text"/>	DST,POL,A-POW   SIG
Energies Interval (MeV) :	<input type="text"/>	0 - 12.54   15-24.78   103.04 - 2000
Angles Interval (Degree) :	<input type="text"/>	0 - 180   90 - 360
Reference :	<input type="text"/>	J,NP/A,339,205,1980   J,NP/A
Author :	<input type="text"/>	ALLEN   D.J.HOLT
Year(s) :	<input type="text"/>	1960   1998 - 2000

[Click here to submit query! See another window for results!]

CDFE search engine. Photonuclear Data Index.  
The 113 following data sets matched to your request...

EXFOR Number	Index Number	Nucleus Investigated (Z,SYMB.A)	Reaction Target (Z,SYMB.A)	Incident Particle	Outgoing Particle	Quantities	Min & Max Energy	Min & Max Angle	Comments	Reference	Author	Year		
74133j	29	CU	28	NI	62	P	G	ABY	2.500 2.500		J,PRC,9,237,1974	RAMAVATARAM+	1974	
82014j	29	CU	28	NI	62	P	G	SPC	1.500 3.000	55.000 55.000	J,SNP,36,193,1982	B A NEMASHKALO+	1982	
55513j	29	CU	29	CU	63	E	X	SIG	12.000 22.000		J,PR,100,289,1956	SCOTT+	1956	
55513j	29	CU	29	CU	63	G	X	SIG	12.000 22.000		J,PR,100,289,1956	SCOTT+	1956	
57017j	29	CU	29	CU	63	E	X	ABY	30.000 82.000		J,PR,105,1534,1957	R L HINES	1957	
58048j	29	CU	29	CU	63	G	BRST	N	ABY	0.000 22.000	J,PR,111,1297,1958	W L BENDEL+	1958	
61075j	29	CU	29	CU	63	G	BRST	N	SIG,ABY	0.000 34.000	J,PR,115,420,1959	A S PERDUE+	1959	
69081j	29	CU	29	CU	63	G	BRST	XN	ABY	0.000 25.000	J,PR,120,2128,1950	CUMMING+	1950	
69089j	29	CU	29	CU	63	G	G	XXX	0.070 0.900		J,PR,120,2128,1950	CUMMING+	1950	
69089j	29	CU	29	CU	63	G	G	XXX	0.070 0.900		J,PR,120,2128,1950	CUMMING+	1950	
61009j	29	CU	29	CU	63	G	N	SIG	0.440 18.000		J,NP,23,458,1961	G E COOTE+	1961	
62071j	29	CU	29	CU	63	G	MON	N	SIG	0.000 21.000	J,PR,126,709,1962	W DEL BIANCO+	1962	
63086j	29	CU	29	CU	63	E	E	XXX	180.000 800.000		J,PR,130,245,1963	H W KENDALL+	1963	
64043j	29	CU	29	CU	63	G	BRST	G	ABY,LFT	0.500 3.000	100.000,100.000	J,NP/A,57,403,1964	E C BOOTH+	1964
64043j	29	CU	29	CU	63	G	BRST	G	ABY,LFT	0.500 3.000	100.000,100.000	J,NP/A,57,403,1964	E C BOOTH+	1964
64081j	29	CU	29	CU	63	G	MON	N	SIG	10.000 28.000		J,PR,6,133,1149,1964	S C FULTZ+	1964
65103j	29	CU	29	CU	63	E	N	RLY	14.000 32.000		J,PR,139,8962,1965	D F HERRING+	1965	
68026j	29	CU	29	CU	63	E	X	ABY	30.000 50.000		J,NP/A,110,453,1968	RITTER+	1968	
68052j	29	CU	29	CU	63	G	G	ABY	0.800 3.000		J,NP/A,116,281,1968	ALSTON+	1968	
68052j	29	CU	29	CU	63	G	G	ABY	0.800 3.000		J,NP/A,116,281,1968	ALSTON+	1968	
68080j	29	CU	29	CU	63	G	N	SIG	11.000 23.000		J,PR,176,1366,1968	OWEN+	1968	
68128j	29	CU	29	CU	63	G	MON	2N	SIG	18.000 26.000	J,PR,176,1366,1968	R E SUNG+	1968	
68128j	29	CU	29	CU	63	G	MON	2N	SIG	10.000 20.000	J,PR,176,1366,1968	R E SUNG+	1968	
68128j	29	CU	29	CU	63	G	MON	N+P	SIG	18.000 25.000	J,PR,176,1366,1968	R E SUNG+	1968	
72027j	29	CU	29	CU	63	G	N	SIG	9.000 33.000		J,NP/A,181,777,1972	OWEN+	1972	
72056j	29	CU	29	CU	63	E	N	SIG	19.000 25.000		J,NP/A,195,559,1972	Q KUHL+	1972	
74197j	29	CU	29	CU	63	E	N-2P	ABY,SIG	300.000 1200.000		J,SNP,19,484,1974	V I NODGA+	1974	
74197j	29	CU	29	CU	63	E	N-2P	ABY,SIG	300.000 1200.000		J,YF,10,945,1974	V I NODGA+	1974	
74197j	29	CU	29	CU	63	G	BRST	N-2P	ABY,SIG	300.000 1200.000		J,SNP,19,484,1974	V I NODGA+	1974
74197j	29	CU	29	CU	63	G	BRST	N-2P	ABY,SIG	300.000 1200.000		J,YF,10,945,1974	V I NODGA+	1974
76033j	29	CU	29	CU	63	E	X	R,SIG			J,NP/A,244,205,1975	E VOLYNCH+	1975	



# Центр данных фотоядерных исследований НИИЯФ МГУ: возможности и исследования



15 справочно-информационных  
буллетеней с опубликованными  
данными

5 объединенных информационных  
Указателей данных

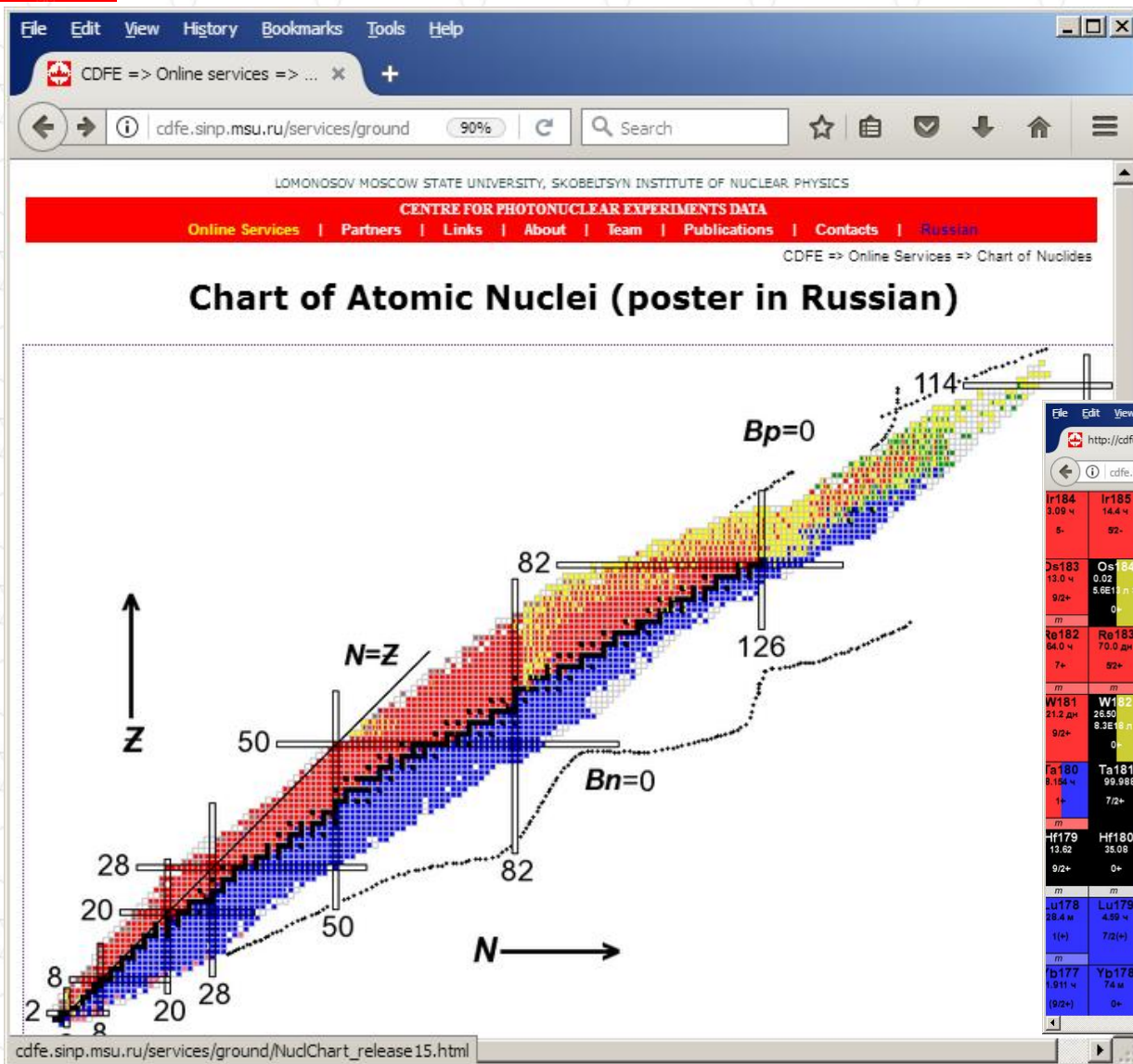
Сводный информационный  
Указатель фотоядерных  
данных 1976 - 1995

10 тематических  
информационных обзоров

IAEA (МАГАТЭ)  
Atlas of Giant Dipole Resonances.  
Parameters and Graphs of  
Photonuclear Reaction Cross Sections.  
INDC(NDS)-394, 1999.



# Центр данных фотоядерных исследований НИИЯФ МГУ: ВОЗМОЖНОСТИ И ИССЛЕДОВАНИЯ



## Электронная карта 128 основных свойств атомных ядер

Ir184 3.09 ч 5-	Ir185 14.4 ч 5-	Ir186 16.64 ч 5+	Ir187 10.3 ч 3/2+	Ir188 41.9 ч 1-	Ir189 13.2 дн 3/2+	Ir190 11.78 дн 4-	Ir191 37.3 ч 3/2+	Ir192 73.827 дн 4+	Ir193 52.7 ч 3/2+	Ir194 19.28 ч 1-	Ir195 2.3 ч 3/2+
m											
Os183 13.0 ч 9/2+	Os184 0.02 с 5.6E11 n > 9/2+	Os185 93.6 дн 1/2-	Os186 1.59 с 2.0E19 n > 0+	Os187 1.6 с 1/2-	Os188 13.29 ч 0+	Os189 16.21 ч 3/2-	Os190 26.36 ч 0+	Os191 15.4 дн 9/2-	Os192 40.93 ч 0+	Os193 30.11 ч 3/2-	Os194 6.0 л 0+
m											
Re182 64.0 ч 7+	Re183 70.0 дн 9/2+	Re184 38.0 дн 3(-)	Re185 37.40 ч 9/2+	Re186 3.7168 дн (-)	Re187 62.6 с 4.12E10 n > 5/2+	Re188 17.003 ч 1-	Re189 24.3 ч 9/2+	Re190 3.1 м (2-)	Re191 9.8 м (3/2+, 1/2+)	Re192 16 с ?	Re193 ?
m											
W181 21.2 дн 9/2+	W182 26.50 ч 8.3E19 n > 9/2+	W183 14.31 ч 1.3E19 n > 1/2-	W184 30.64 ч 2.9E19 n > 0+	W185 75.1 дн 3/2-	W186 28.43 ч 2.7E19 n > 0+	W187 23.72 ч 3/2-	W188 69.78 дн 0+	W189 10.7 м (3/2-)	W190 30.0 м 0+	W191 300 нс > β-?	W192 β-? 0+
m											
Ta180 8.154 ч 1+	Ta181 99.988 ч 7/2+	Ta182 114.43 дн 3-	Ta183 7/2+	Ta184 8.7 ч (5)	Ta185 49.4 м (7/2+)	Ta186 10.5 м (3-, 3-)	Ta187 2 м β-?	Ta188 20 с m	Ta189 3 с β-?	Ta190 0.3 с β-?	118
m											
Hf179 13.62 ч 9/2+	Hf180 35.08 ч 0+	Hf181 42.39 дн 0+	Hf182 8.9059 л (3/2-)	Hf183 1.07 ч (3/2-)	Hf184 4.12 ч 0+	Hf185 3.5 м 0+	Hf186 2.6 м 0+	Hf187 30 с β-?	Hf188 20 с 0+		117
m											
Lu178 58.4 м (1+)	Lu179 4.59 ч 7/2(+)	Lu180 5.7 м 5+	Lu181 3.5 м (7/2+)	Lu182 2.0 м (0, 1, 3)	Lu183 58 с (7/2+)	Lu184 20 с (3+)		114	115	116	
m											
Yb177 3.11 ч (9/2+)	Yb178 74 м 0+	Yb179 9.0 м (1/2-)	Yb180 2.4 м 0+	Yb181 1 м β-?				112	113		

«ЦДФЭ НИИЯФ МГУ»  
НИИЯФ-75, 2021

Карта ядер



Электронная  
карта данных о  
форме и  
размерах  
атомных ядер

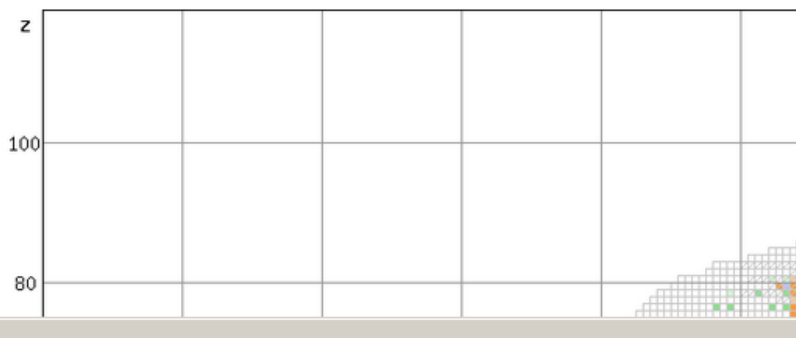
File Edit View History Bookmarks Tools Help  
CDFE => Online services => ...  
cdfe.sinp.msu.ru/services/radchart/radmain.html 90% Search  
Lomonosov Moscow State University, Skobel'syn Institute of Nuclear Physics  
CENTRE FOR PHOTONUCLEAR EXPERIMENTS DATA  
Online Services | Partners | Links | About | Team | Publications | Contacts | Russian  
CDFE => Online Services => Chart of Nucleus Shape Parameters  
**Chart of nucleus shape and size parameters**

### Nucleus quadrupole deformation parameter $\beta_2$ :

- $\beta_2(B(E2))$  obtained using reduced transition probabilities.  
 [\[S.Raman, C.W.Nestor, P.Tikkanen, At.Data Nucl.Data Tables 78, 1 \(2001\)\]](#)
- $\beta_2(Q_{mom})$  obtained from the electric quadrupole moment values.  
 [\[N.J.Stone, At.Data Nucl.Data Tables, 90 75 \(2005\)\]](#)

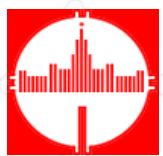
### Nucleus charge radii:

- $r_1$  from  
 [\[Nadjakov E. G., Marinova K. P. and Gangrsky Y. P., At.Data Nucl.Data Tables, 56, 133\(1994\)\]](#) (updated 2015)
- $r_2$  from  
 [\[I. Angeli, At.Data Nucl.Data Tables, 87, 185 \(2008\)\]](#) (updated 2008)



CDFE => Online Services => Chart of Nuclear Quadrupole Deformations - Microsoft Inter...  
Файл Правка Вид Избранное Сервис Справка  
Назад Поиск Избранное Медиа  
Адрес: http://cdfe.sinp.msu.ru/cgi-bin/muh/chartnucl.cgi?zmin=14&zmax=24&zch=0&fz=28  
Переход

					Z=24	42Cr	43Cr	44Cr	45Cr	46Cr	47Cr	48Cr	49Cr	50Cr	51Cr	52Cr	53Cr	54Cr				
					Z=23	40V	41V	42V	43V	44V	45V	46V	47V	48V	49V	50V	51V	52V	53V			
					Z=22	38Ti	39Ti	40Ti	41Ti	42Ti	43Ti	44Ti	45Ti	46Ti	47Ti	48Ti	49Ti	50Ti	51Ti	52Ti		
					Z=21	36Sc	37Sc	38Sc	39Sc	40Sc	41Sc	42Sc	43Sc	44Sc	45Sc	46Sc	47Sc	48Sc	49Sc	50Sc	51Sc	
					Z=20	34Ca	35Ca	36Ca	37Ca	38Ca	39Ca	40Ca	41Ca	42Ca	43Ca	44Ca	45Ca	46Ca	47Ca	48Ca	49Ca	50Ca
	32K	33K	34K	35K	36K	37K	38K	39K	40K	41K	42K	43K	44K	45K	46K	47K	48K	49K				
	31Ar	32Ar	33Ar	34Ar	35Ar	36Ar	37Ar	38Ar	39Ar	40Ar	41Ar	42Ar	43Ar	44Ar	45Ar	46Ar	47Ar	48Ar				
	30Cl	31Cl	32Cl	33Cl	34Cl	35Cl	36Cl	37Cl	38Cl	39Cl	40Cl	41Cl	42Cl	43Cl	44Cl	45Cl	46Cl	47Cl				
	29S	30S	31S	32S	33S	34S	35S	36S	37S	38S	39S	40S	41S	42S	43S	44S	45S	46S				
	28P	29P	30P	31P	32P	33P	34P	35P	36P	37P	38P	39P	40P	41P	42P	43P	44P	45P				
	27Si	28Si	29Si	30Si	31Si	32Si	33Si	34Si	35Si	36Si	37Si	38Si	39Si	40Si	41Si	42Si	43Si	44Si				
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				



# Центр данных фотоядерных исследований НИИЯФ МГУ: ВОЗМОЖНОСТИ И ИССЛЕДОВАНИЯ



File Edit View History Bookmarks Tools Help

ЦДФЭ => Базы данных => ... x

cdfe.sinp.msu.ru/services/calc\_thr/calc\_thr\_ 90%

Базы данных | Партнеры | Ссылки | О нас | Сотрудники | Публикации | Контакты

ЦДФЭ => Базы данных => Калькулятор и графическая система для параметров атомных ядер и характеристик ядерных реакций и радиоактивных распадов

## Калькулятор и графическая система для параметров атомных ядер и характеристик ядерных реакций и радиоактивных распадов

Источник данных:  
текущая версия (июль 2010 года) электронной базы данных  
"Nuclear Wallet Cards"  
Национального центра ядерных данных США (USA National Nuclear Data Center - NNDC)

### 1. Энергии связи ядер

Каждое поле формы может быть пустым

Z:

N:

A:

Варианты расчета:

- Эн
- Уде
- Раз

На ось абсцисс:  Z

### 2. Энергии отделения нуклонов и ядер

Каждое поле формы может быть пустым. [Помощь...](#)

**Входные параметры**

Z:  Пример: 20, 40-60

N:  Пример: 20, 40-60

A:  Пример: 20, 40-60

Варианты отделения:

Примеры: n, 2n, 2d, 16O+2t+n, n+p, 13C+a, 62Ni, 13C+1H

Тип атомных ядер:  Все ядра  Только четные  Только нечетные

На ось абсцисс:  Z  N  A

### 3. Энергии распадов

Энергии распадов рассчитаны на основании значений атомных масс по [следующим формулам](#).  
Каждое поле формы может быть пустым. [Помощь...](#)

**Входные параметры**

Z:  Пример: 20, 40-60

**4. Пороги и энергии реакций**

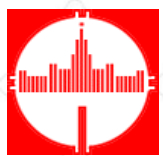
Каждое поле формы может быть пустым. [Помощь...](#)

Входные параметры:	Z:	A:	Число частиц
Ядро-мишень:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	1
Налетающая частица:	<input type="text" value="Нет налетающих частиц"/> <a href="#">(для ввода ионов &gt;&gt;&gt;)</a>		
Вылетающая частица 1:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="0"/>
Вылетающая частица 2:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="0"/>
Ядро-продукт:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="0"/>

### 5. Деление ядер

Каждое поле формы может быть пустым. [Помощь...](#)

Входные параметры:	Z:	A:	Число частиц
Ядро-мишень:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	1
Налетающая частица:	<input type="text" value="Нет налетающих частиц"/> <a href="#">(для ввода ионов &gt;&gt;&gt;)</a>		
Выбираемый (пользователем) осколок:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	1
Определяемый (программой) осколок:	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	1
Мгновенная частица 1, сопровождающая деление:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="0"/>
Мгновенная частица 2, сопровождающая деление: <a href="#">(если больше части &gt;&gt;&gt;)</a>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="0"/>

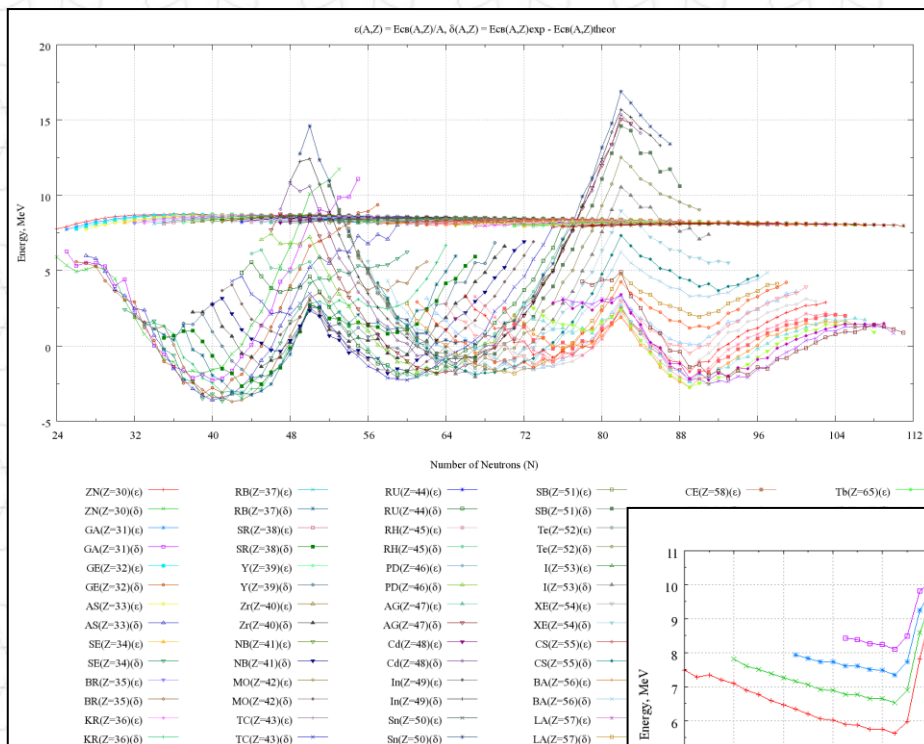


# Центр данных фотоядерных исследований НИИЯФ МГУ: ВОЗМОЖНОСТИ И ИССЛЕДОВАНИЯ

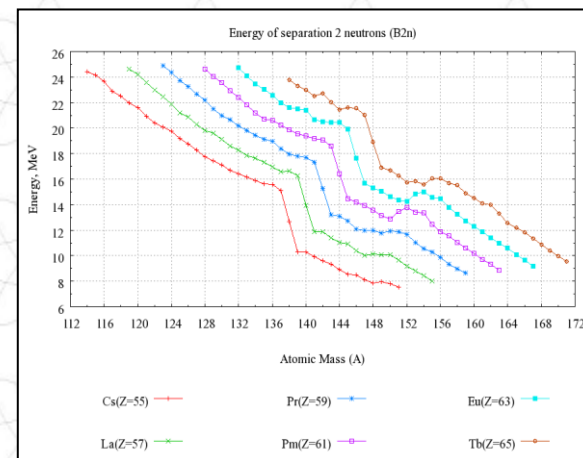


## Примеры выдачи данных о реакциях и распадах.

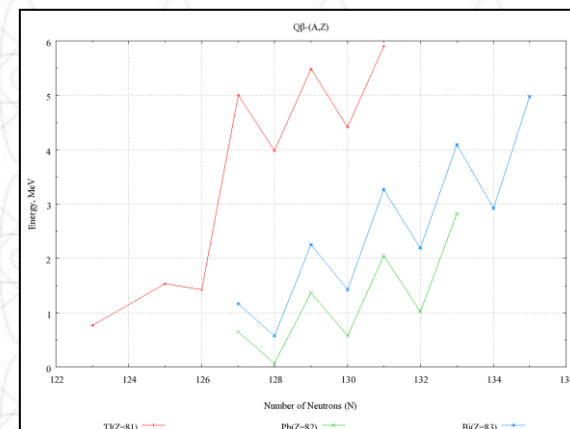
### Энергии связи и удельные энергии связи различных ядер



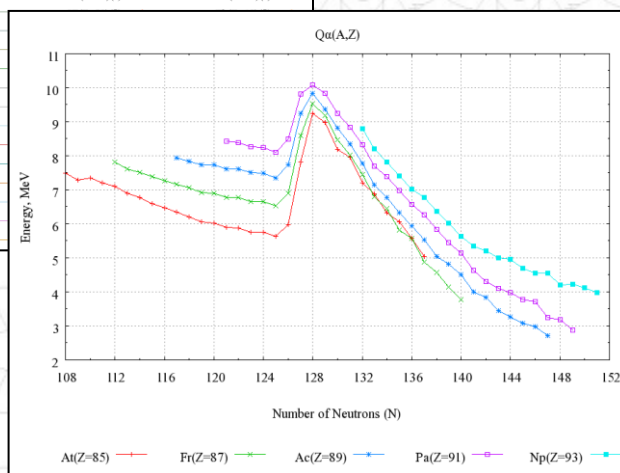
### Энергии отделения двух нейтронов



### Энергии $\beta$ -распада

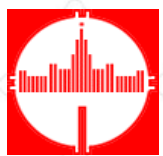


### Энергии $\alpha$ -распада

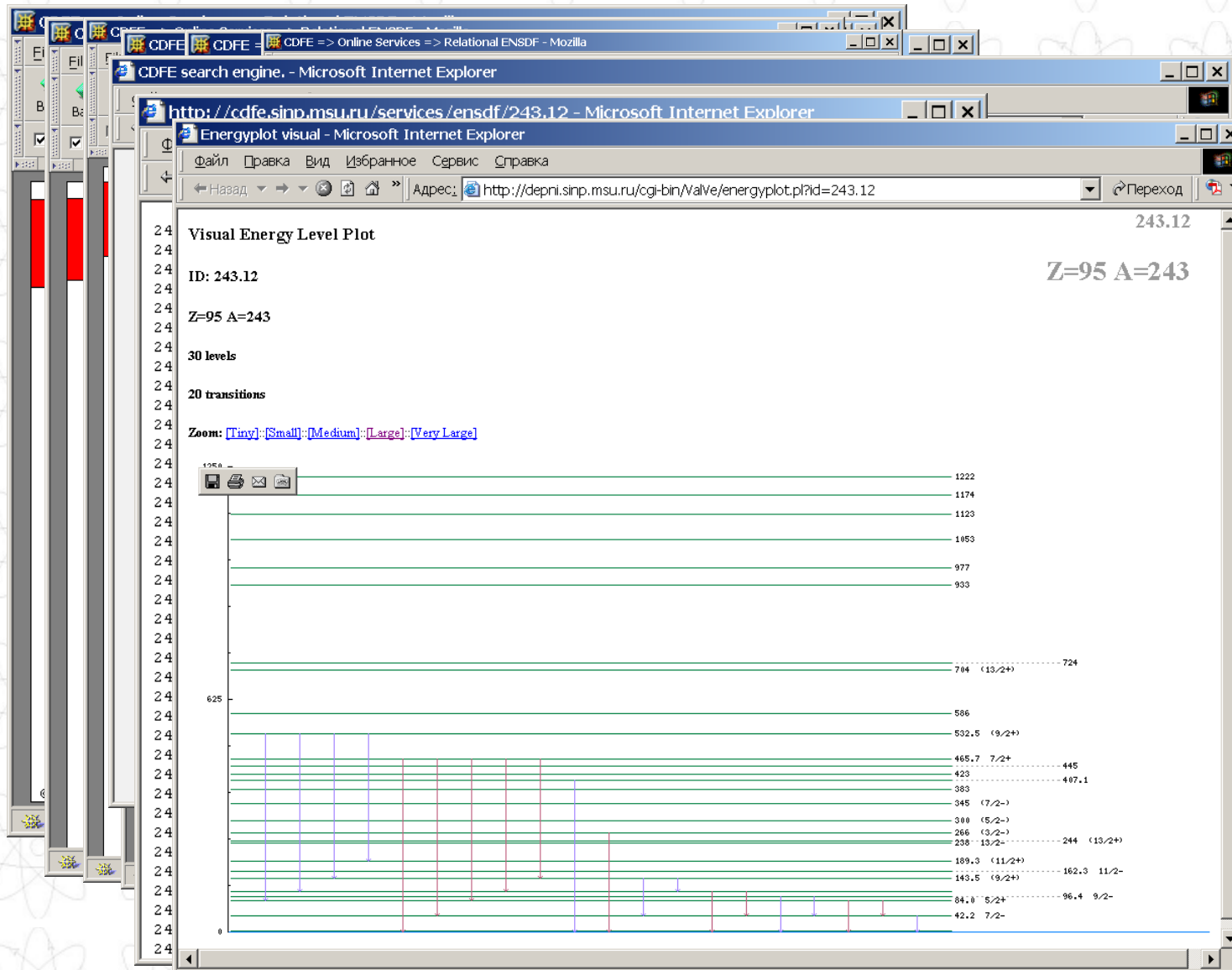


«ЦДФЭ НИИЯФ МГУ»  
НИИЯФ-75, 2021

Калькулятор -  
примеры



# Центр данных фотоядерных исследований НИИЯФ МГУ: ВОЗМОЖНОСТИ И ИССЛЕДОВАНИЯ



Не имеющая аналогов по возможностям поисковой системы БД «Relational ENSDF».

Информационная «матрешка»: возможно раскрытие любой части поисковой системы сверху-вниз и обратно

- ядро
- уровень
- гамма-переход
- конечное ядро
- распад
- эксперимент
- реакция
- ...

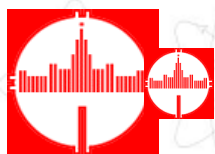




**Базы и банки данных –  
инструменты новых информационных технологий:**

**практически все опубликованные данные в цифровом виде и мощное гибкое программное обеспечение для поиска данных по большому количеству признаков открывают новые возможности для проведения новых исследований, прежде всего по анализу данных и установлению неизвестных ранее закономерностей, получению новых данных.**

**Могут быть заданы вопросы, которые раньше  
«не приходили в голову»,  
ответы на которые –  
новые данные, новые сведения, новое знание.**



**Классические магические ядра:  
2, 8, 20, 28, 50, 82, 126**

**Некоторые характерные признаки магических ядер  
(по сравнению с соседними):**

- у них энергия первого  $J^\pi = 2^+$  уровня  $E(2_1^+)$  заметно больше;
- они имеют более сферическую форму (менее деформированы) - заметно меньший параметр квадрупольной деформации  $\beta_2$ ;
- у них отношение энергий первых  $J^\pi = 4^+$  и  $J^\pi = 2^+$   $E(4_1^+)/E(2_1^+)$  заметно меньше;
- для них имеются заметные особенности в энергиях отделения нуклонов, например, в зависимостях  $B(n)$ ,  $B(2n)$  от  $N$ ,  $Z$  и/или  $A$ ;
- и некоторые др. (различия энергетических щелей и т.д.)

Energy value for 2+ level

**Классические магические ядра**

20

28

50

82

126

**«Остров магичности»**

**Z = 40, N = 56:**

**<sup>96</sup>Zr**

Energy value for 2+ level

E2+

1

0

-1

0

20

40

60

80

100

120

Z

N

160

140

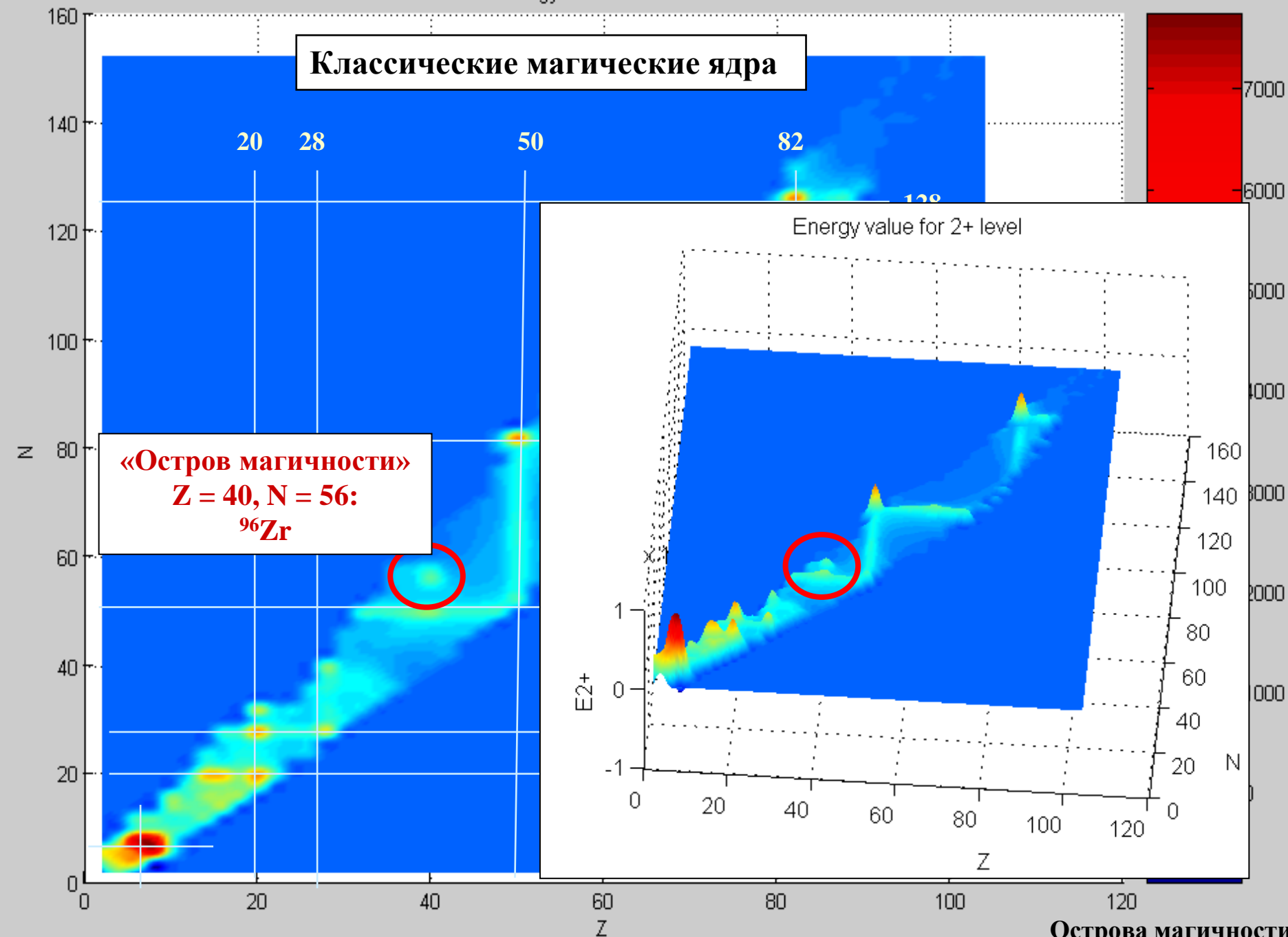
120

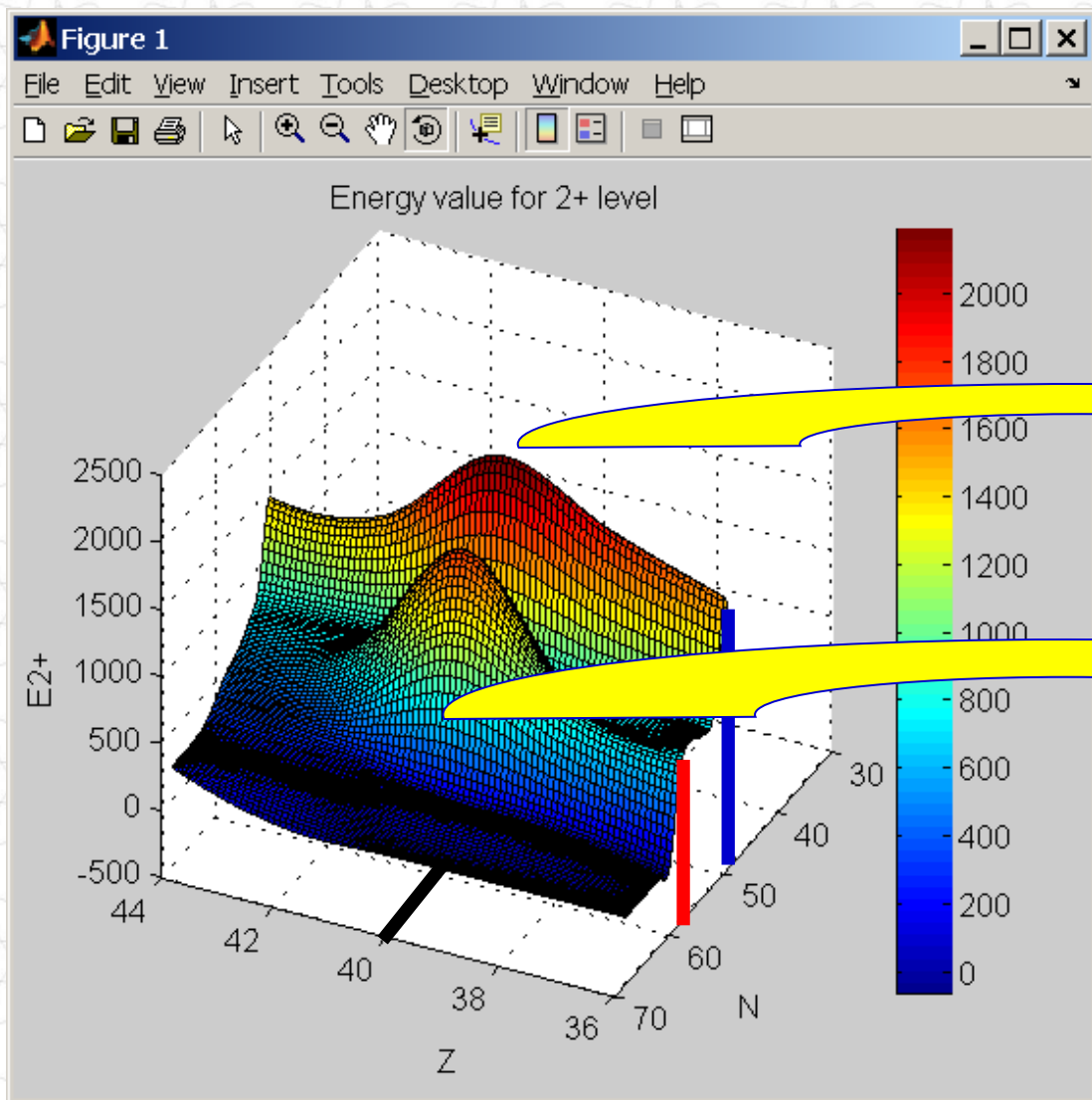
100

80

60

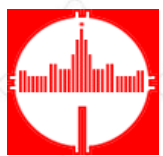
**Острова магичности**



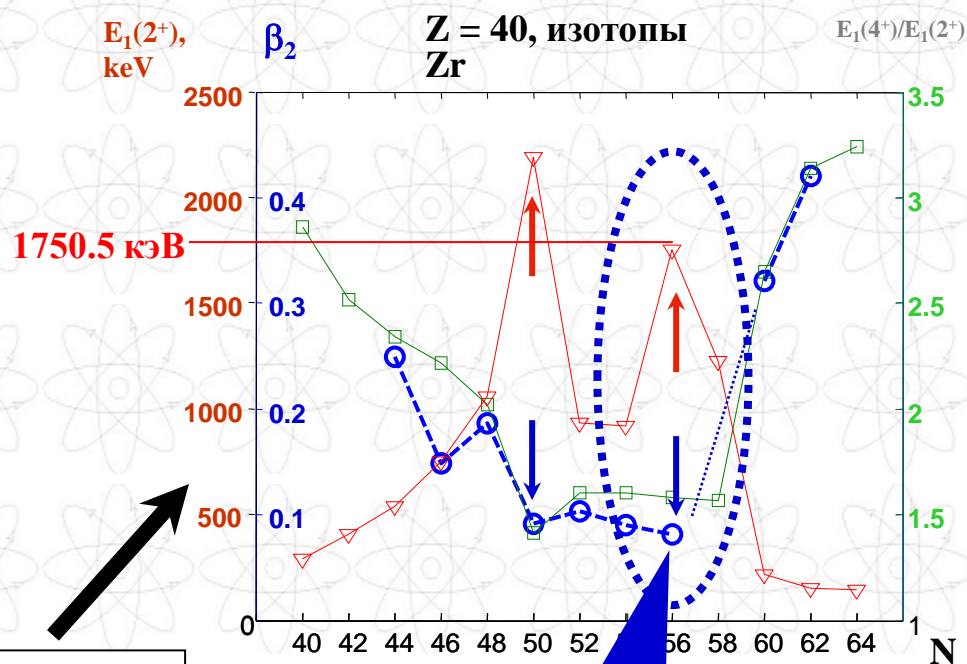
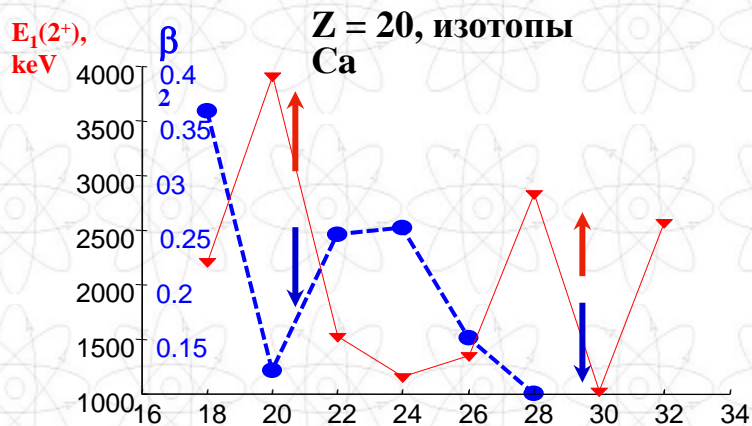


«Линия магичности»  
 $Z = 40, N = 50:$   
 ${}^{90}\text{Zr}$

«Остров магичности»  
 $Z = 40, N = 56:$   
 ${}^{96}\text{Zr}$



Корреляция поведения «параметров магичности» Zr - Ca



Два максимума в  $E_1(2^+)$  и минимума в  $\beta_2$  для дважды магических ядер  $^{40}\text{Ca}(20,20)$   $^{48}\text{Ca}(20,28)$ .

Два максимума в  $E_1(2^+)$  и минимума (в  $\beta_2$  и в отношении  $E_1(4^+)/E_1(2^+)$ ) для магического ядра  $^{90}\text{Zr}(40,50)$  и ядра  $^{96}\text{Zr}(40,56)$  – тоже магического?

Квадрупольная деформация ( $\beta_2 = 0.08$ ) ядра  $^{96}\text{Zr}$  меньше, чем не только у соседних изотопов циркония, но и у дважды магических ядер  $^{40}\text{Ca}$  ( $\beta_2 = 0.123$ ) и  $^{48}\text{Ca}$  ( $\beta_2 = 0.106$ ).

$^{96}\text{Zr}$  – магическое ядро (N = 56).



Ядро	Z	N	Прот. пара	“j = j” связь	Нейтр. пара	Коммент.
<sup>14</sup> C	6	8		$\pi 1p_{3/2} - \nu 1p_{3/2}$	$\nu 1p_{1/2}$	
<sup>14</sup> O	8	6	$\pi 1p_{1/2}$	$\pi 1p_{3/2} - \nu 1p_{3/2}$		
<sup>16</sup> O	8	8		$\pi 1p_{1/2} - \nu 1p_{1/2}$		дважды класс.
<sup>24</sup> O	8	16		$\pi 1p_{1/2} - \nu 2s_{1/2}$		
<sup>28</sup> O	8	20	$\pi 1p_{1/2}$	$\pi 1p_{3/2} - \nu 1d_{3/2}$		дважды класс.
<sup>40</sup> O	8	32	$\pi 1p_{1/2}$	$\pi 1p_{3/2} - \nu 2p_{3/2}$		теор. связ.
<sup>48</sup> O	8	40		$\pi 1p_{1/2} - \nu 2p_{1/2}$		нет данн.
<sup>30</sup> Si	14	16		$\pi 1d_{5/2} - \nu 1d_{5/2}$	$\nu 2s_{1/2}$	
<sup>30</sup> S	16	14	$\pi 2s_{1/2}$	$\pi 1d_{5/2} - \nu 1d_{5/2}$		нет данн.
<sup>54</sup> Ca	20	34	$\pi 2p_{1/2}$	$\pi 2p_{3/2} - \nu 1d_{3/2}$		
<sup>96</sup> Sr	38	58		$\pi 1f_{5/2} - \nu 2d_{5/2}$	$\nu 2p_{1/2}$	
<sup>96</sup> Zr	40	56	$\pi 2p_{1/2}$	$\pi 1f_{5/2} - \nu 2d_{5/2}$		

Установлено, что ядро <sup>96</sup>Zr имеет характерную структуру верхних подоболочек - заполненные протонная и нейтронная подоболочки с одинаковым j.

Установлено, что такую же структуру имеют некоторые другие «новые» (неклассические) магические ядра - имеющие признаки классических магических ядер, но не предусмотренных традиционной оболочечной моделью.

Предложен механизм парного взаимодействия протонов и нейтронов с одинаковым полным моментом j с учетом эффектов протон-нейтронного спаривания.

Исследования в области «Магические числа и эволюция оболочечной структуры атомных ядер».



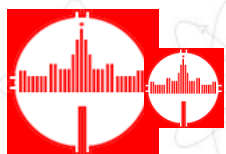
# Центр данных фотоядерных исследований НИИЯФ МГУ: ВОЗМОЖНОСТИ И ИССЛЕДОВАНИЯ



**Международная электронная база  
данных  
по ядерным реакциям под действием  
фотонов, нейтронов, заряженных  
частиц и тяжелых ионов  
системы EXFOR.**

**Фотоядерные данные:  
числовые данные из многих  
(несколько тысяч) публикаций.**

The screenshot shows the website of the Center for Photonuclear Experiments Data (CDFE) at Moscow State University. The page is in Russian and features a navigation menu on the left with links for 'Базы данных', 'Партнеры', 'Банк программ', 'Ссылки', 'Контакты', 'О нас', 'Сотрудники', 'Публикации', and 'English Pages'. The main content area is titled 'Центр данных фотоядерных экспериментов' and 'CENTRE FOR PHOTONUCLEAR EXPERIMENTS DATA'. It includes a welcome message and a list of services. One of the services, 'База данных' (Database), is highlighted with a blue circle. This section lists 'EXFOR' as a database of nuclear reactions, providing a link to its description and the last update date (11 декабря 2019). Other databases listed include 'Универсальная электронная система информации по атомным ядрам и ядерным реакциям', 'Параметры основных и измеренных состояний атомных ядер', 'Полная реляционная база ядерно-спектроскопических данных "Relational ENSDF"', 'Карта параметров формы и размеров ядер', and 'Публикации по ядерной физике (База данных "NSR")'.



## Огромное количество данных международной электронной БД системы EXFOR

(выходы и сечения реакций, спектры, угловые, зарядовые, массовые распределения продуктов, поляризации, анализирующие способности, ...) -  
о ядерных реакциях под действием:

электронов

$[(e, e'), (e, 1n), (e, 2n), (e, 3n), \dots, (e, 1p), \dots, (e, f), \dots];$

фотонов

$[(\gamma, \gamma'), (\gamma, 1n), (\gamma, 1n1p), (\gamma, 2n), (\gamma, 3n), \dots, (\gamma, 1p), (\gamma, 1p1n),$

(несколько тысяч статей)

$\dots (\gamma, 2npd\alpha), \dots (\gamma, f), \dots ];$

нейтронов

$[(n, n'), (n, \gamma), (n, p), (n, d), (n, t), (n, \alpha), \dots];$

заряженных частиц

$[(p, p'), (p, n), (p, d), (p, t), (p, \alpha), \dots$

$\dots, (d, d'), (d, n), (d, p), (d, t), (d, \alpha), \dots$

$\dots, (t, t'), (t, n), (t, p), (t, d), (t, \alpha), \dots, (\alpha, 117n80p), \dots];$

тяжелых ионов

$[(^6\text{Li}, n), (^{10}\text{B}, p), \dots, (^{14}\text{N}, ^{11}\text{C}), \dots, (^{40}\text{Ar}, 5np\alpha), \dots]$





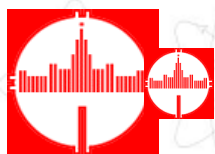
## Поисковая система ЦДФЭ «EXFOR»

The screenshot displays the EXFOR search interface with the following search criteria:

- Outgoing Particle / Process:** KP Kaons, positive; N Neutrons; P Protons; P10 Pions, neutral; P1N Pions, negative
- Product Nucleus:** Z (digits) or Chemical symbol (letters) and Mass number (digits)
- Energy / Angle range:** Low limit (X-min): any; High limit (X-max): ADEG, AMIN
- Status:** any; APRVD Approved by author; COREL Data correlated with another data set; CPX Data taken from data file of McGowan, et al.; CURVE Data read from a curve
- Method:** any; ABSFY Absolute fission yield measurement; ACTIV Activation; AMS Accelerator mass spectrometry; ASEP Separation by mass-separator
- Facility:** any; BETAT Betatron; CCW Cockcroft-Walton accelerator; CHOPF Fast chopper; CHOPS Slow chopper
- Detector:** any; BE3 Boron Trifluoride neutron detector

At the bottom, there are search buttons labeled "SEARCH" and "CLEAR ALL", and a footer with links: [ Online Services | Partners | About | Team | Publications | Contacts | Links | Visit analyzer | Russian ]

Могут быть найдены данные для любых реакций (любые налетающая и вылетающие частицы, любые конечные ядра), энергий налетающих частиц, энергий и/или углов вылета продуктов, любых типов пучка ( $\gamma$ -квантов или др.) и детектора, лаборатории, авторов и т.д. и т.п.  
Информация может быть представлена в виде графиков и таблиц числовых данных.



## Пример: поиск данных по сечению реакции $^{26}\text{Mg}(\gamma, xn)$ .

CDFE => Online Services => EXFOR M0002013 Data/Graph

cdfe.sinp.r 90%

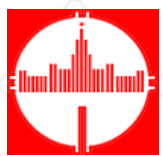
CDFE => Online Services => http://cdfe...13&SOURCE=ON

CDFE => Online Services => http://cdfe.sinp.msu.ru/cgi-bin/exf2tr

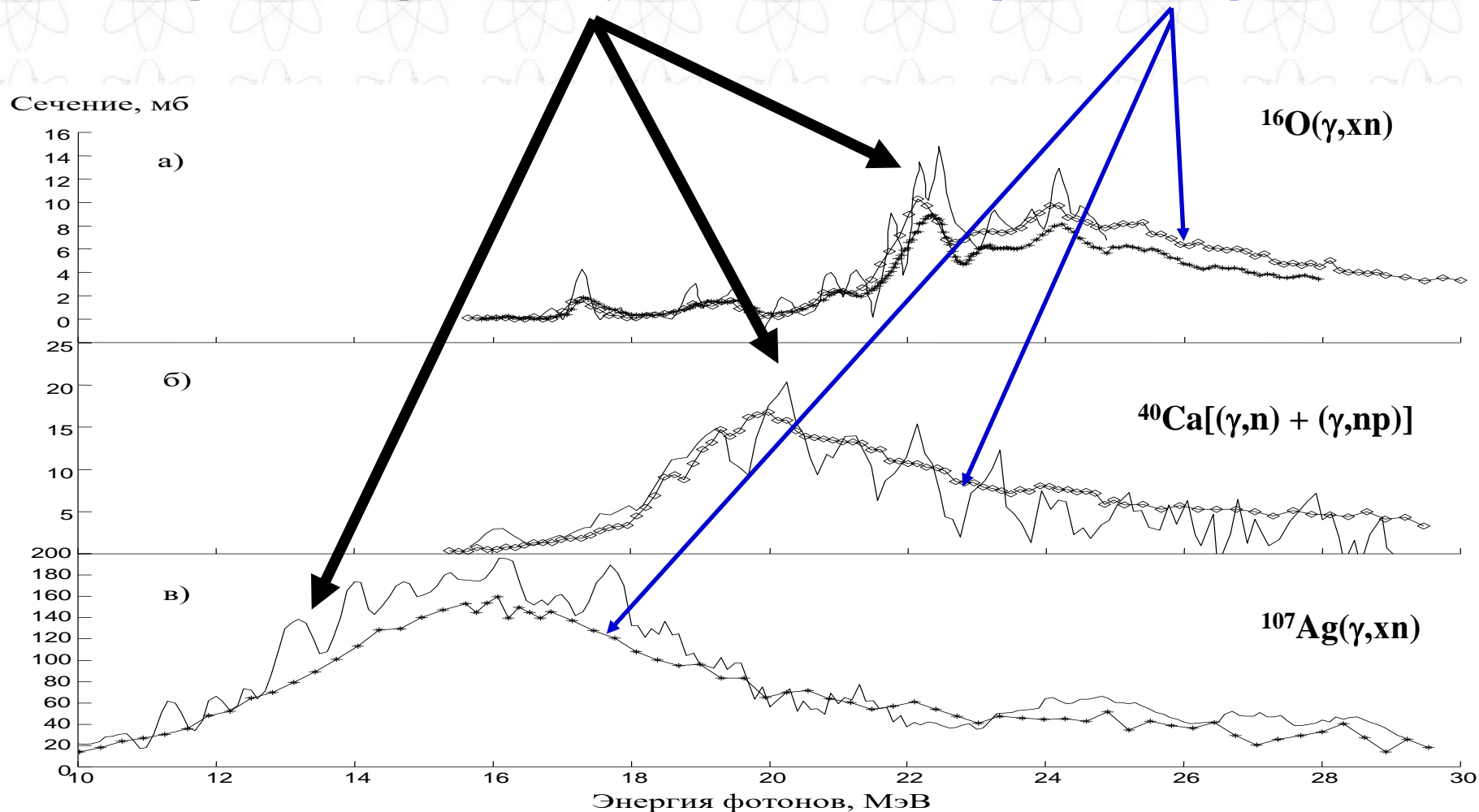
SUBENT M0002013 20130524  
AUTHOR (B. S. Ishkhanov, I. M. Kapitonov, V. N. Orlin, I. M. Piskarev, V. I. Shvedunov, V. V. Varlamov)  
TITLE Decay channels of the giant dipole resonance in Mg-26.  
REFERENCE (J, NP/A, 313, 317, 1979)  
#doi:10.1016/0375-9474(79)90503-7  
INSTITUTE (4RUSMOS)  
INC-SOURCE (BRST)  
FACILITY (BETAT, 4RUSMOS)  
REACTION (12-MG-26 (G, P) 11-NA-25, , SIG, , BRS)

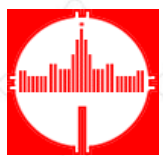
EN DATA DATA-ERR  
MEV MB MB

16.40	0.32	0.74
16.50	2.18	2.26
16.60	3.12	2.09
16.70	1.57	1.87
16.80	1.46	1.65
16.90	1.45	1.49
17.00	2.25	1.34
17.10	3.70	1.21
17.20	3.09	1.08
17.30	3.19	0.97
17.40	3.49	0.87
17.50	4.38	0.75
17.60	4.96	0.64
17.70	4.13	0.59
17.80	5.07	0.58
17.90	4.02	0.52
18.00	3.52	0.48
18.10	3.58	0.47
18.20	3.92	0.46
18.30	4.04	0.45
18.40	4.74	0.46
18.50	3.60	0.41
18.60	3.65	0.40
18.70	4.48	0.43
18.80	4.01	0.40
18.90	3.06	0.35
19.00	2.91	0.30
19.10	3.21	0.31

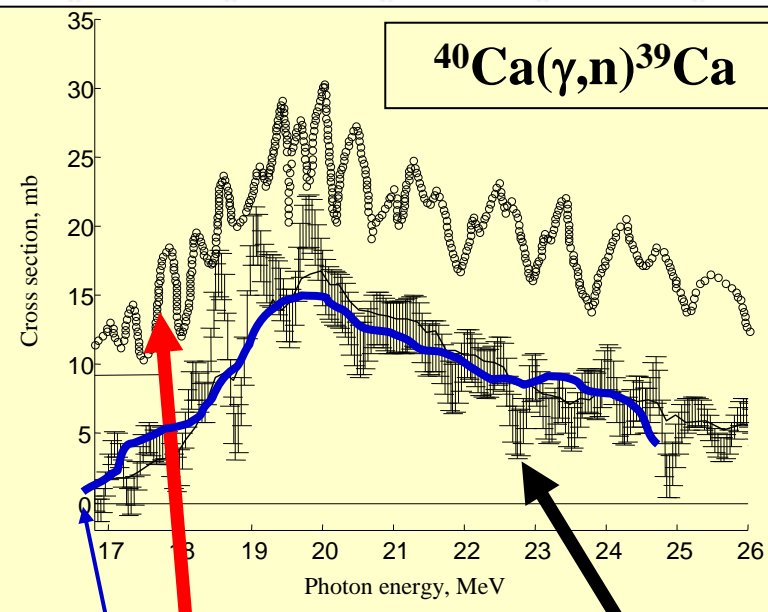


Структура гигантского дипольного резонанса.  
Эксперименты с тормозным излучением и квазимоноэнергетическими фотонами.





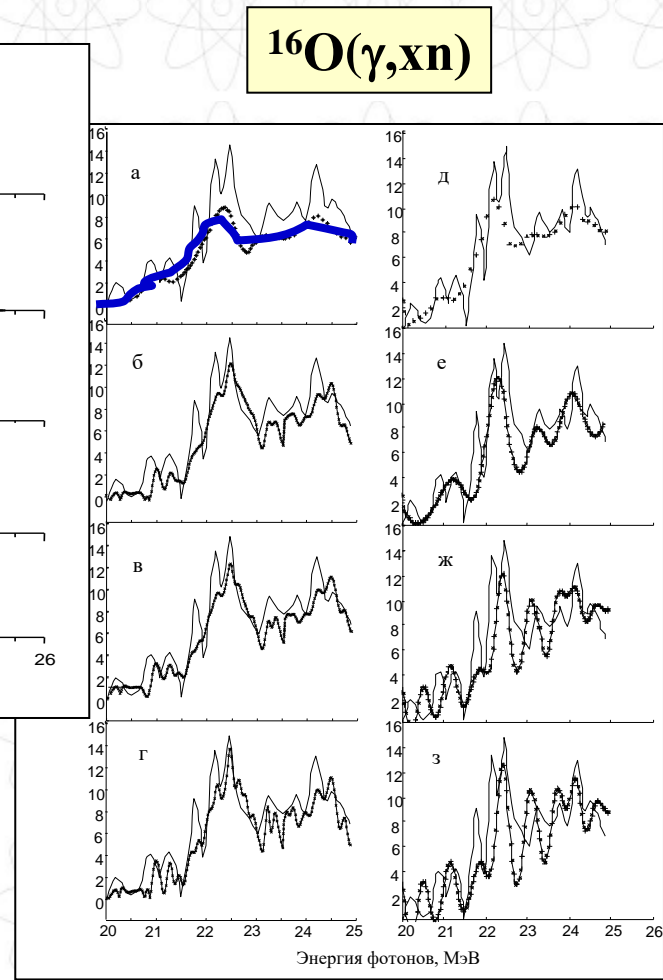
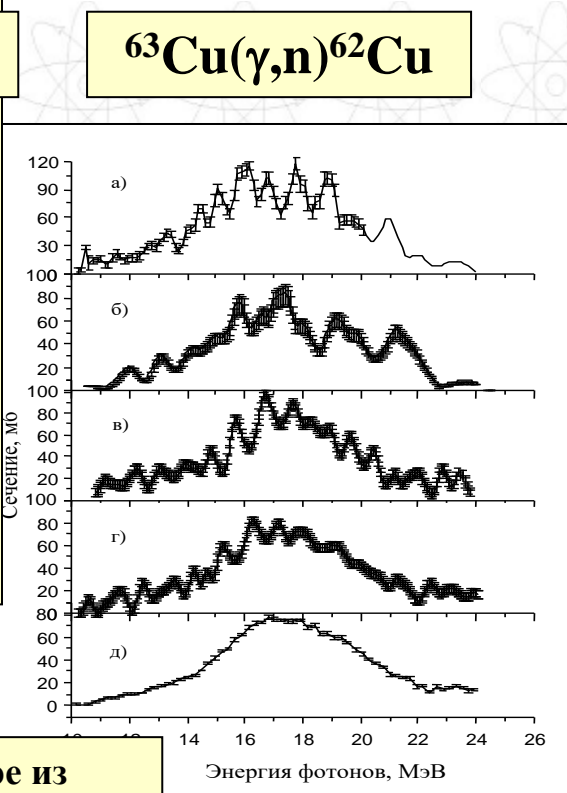
# Центр данных фотоядерных исследований НИИЯФ МГУ: ВОЗМОЖНОСТИ И ИССЛЕДОВАНИЯ

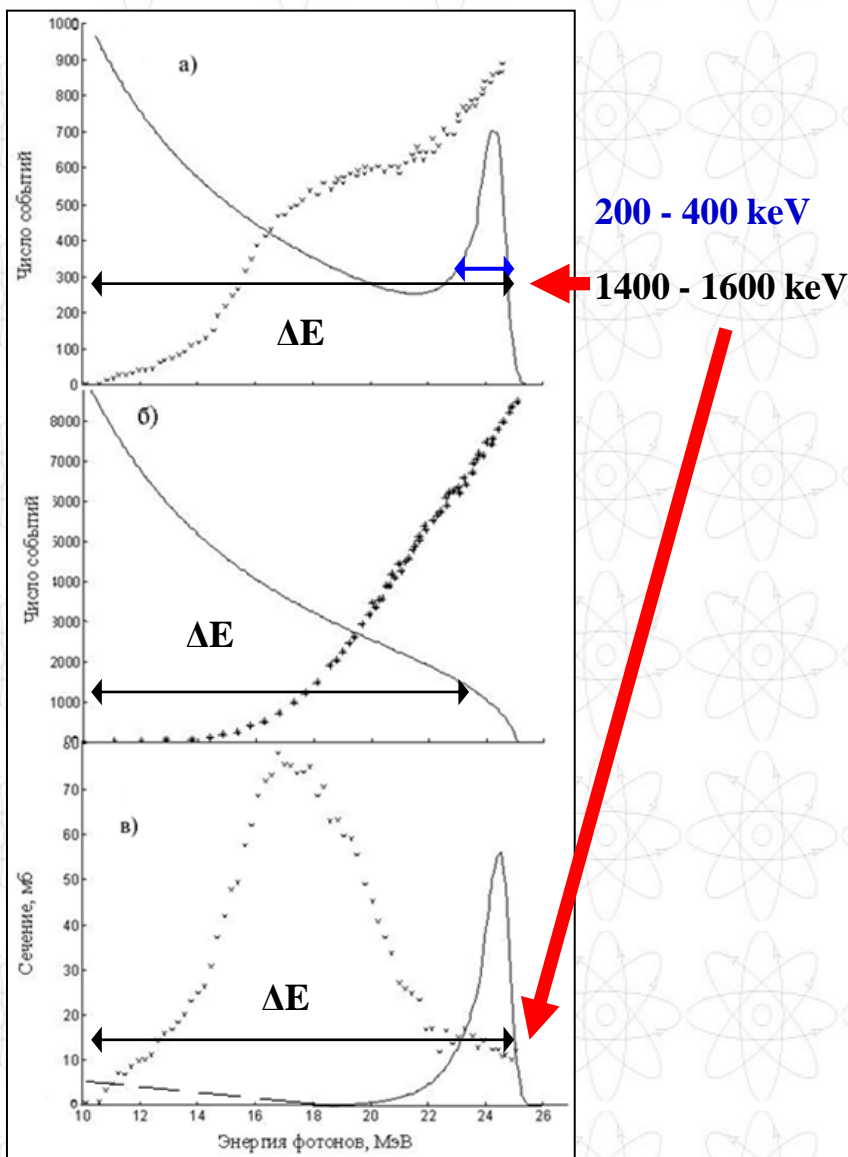
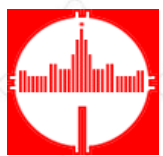


**Результат эксперимента с тормозным  $\gamma$ -излучением**

**Сечение реакции, восстановленное из результата эксперимента с квазимоноэнергетическими фотонами**

**Реальное энергетическое разрешение эксперимента с квазимоноэнергетическими фотонами в 4 - 6 раз хуже по сравнению с его оценкой по ширине аннигиляционной линии в спектре фотонов.**





Разность двух выходов есть не сечение, а вновь выход реакции:  
 $\int W_1 \sigma dE - \int W_2 \sigma dE \neq \sigma$

Простая разностная процедура определения сечения реакции позволяет убрать «хвост» тормозного излучения позитронов, но не позволяет повысить энергетическое разрешение!

Разностная процедура – вычитание из результата с плохим разрешением результата с очень плохим разрешением! **Получение хорошего разрешения – «вечный двигатель»!**



Большинство данных о сечениях парциальных фотонейтронных реакций получено в 1962 – 1986 годах в Ливерморе (США) и Сакле (Франция) на пучках квазимоноэнергетических аннигиляционных фотонов с помощью метода разделения нейтронов по множественности и опубликовано в полном атласе –

**S.S.Dietrich, V.L.Berman. Atomic Data and Nuclear Data Tables, 38 (1988) 199**

Имеется также некоторое количество данных, полученных на пучках тормозного излучения.

Другие - 10

Ливермор ~ 240 наборов данных

Обе лаб. ~ 100 наборов данных для 19 ядер

Сакле ~ 250 наборов данных

Тормозное излучение

**Основная проблема –  
головная боль пользователей**

Для каждого ядра – сечения реакций:

$(\gamma, 3n)$

$(\gamma, 2n)$

$(\gamma, 1n)$

$(\gamma, Sn) = (\gamma, 1n) + (\gamma, 2n) + (\gamma, 3n) + \dots$

$(\gamma, xn) = (\gamma, 1n) + 2(\gamma, 2n) + 3(\gamma, 3n) + \dots$

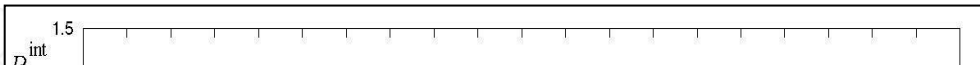
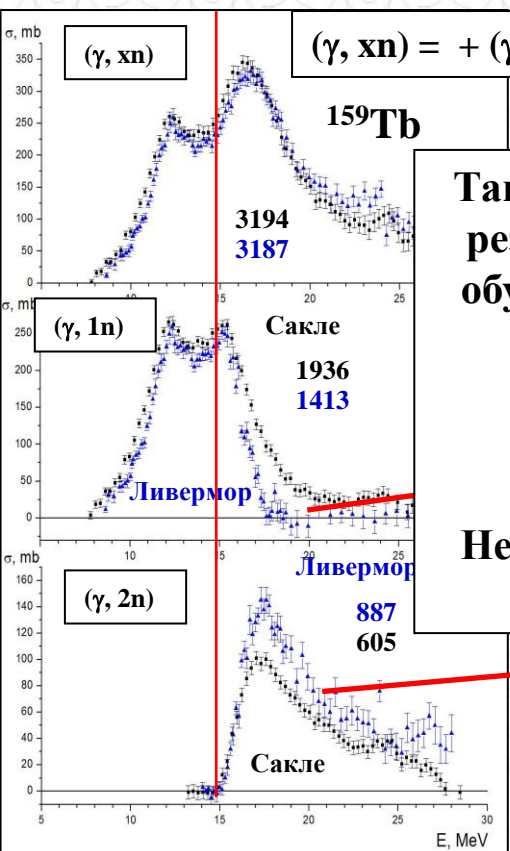


**Главная проблема: для 19 ядер, исследованных в обеих лабораториях: сечения реакций  $(\gamma, 1n)$  имеют большие величины в Сакле,  $(\gamma, 2n)$  – в Ливерморе.**

Отношения интегральных сечений  $R_{\text{инт}} = \sigma_{\text{инт}}^{\text{С}} / \sigma_{\text{инт}}^{\text{Л}}$

**B2n**

$$(\gamma, xn) = + (\gamma, 1n) + 2(\gamma, 2n) + 3(\gamma, 3n) + \dots$$



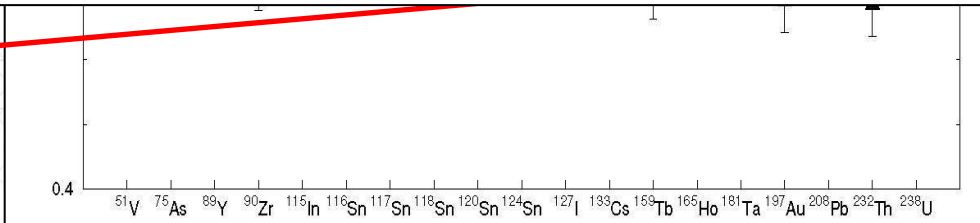
Такое соотношение сечений реакций означает присутствие в результатах значительных систематических погрешностей, обусловленных особенностями экспериментальных методов разделения нейтронов по множественности.

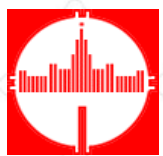
Это ставит вопросы о том, являются ли такие данные достоверными и, если нет, то почему.

Необходимы объективные критерии достоверности данных, не зависящие от способа их получения.

ее сечение для реакций  $(\gamma, 1n)$  – 1.08.

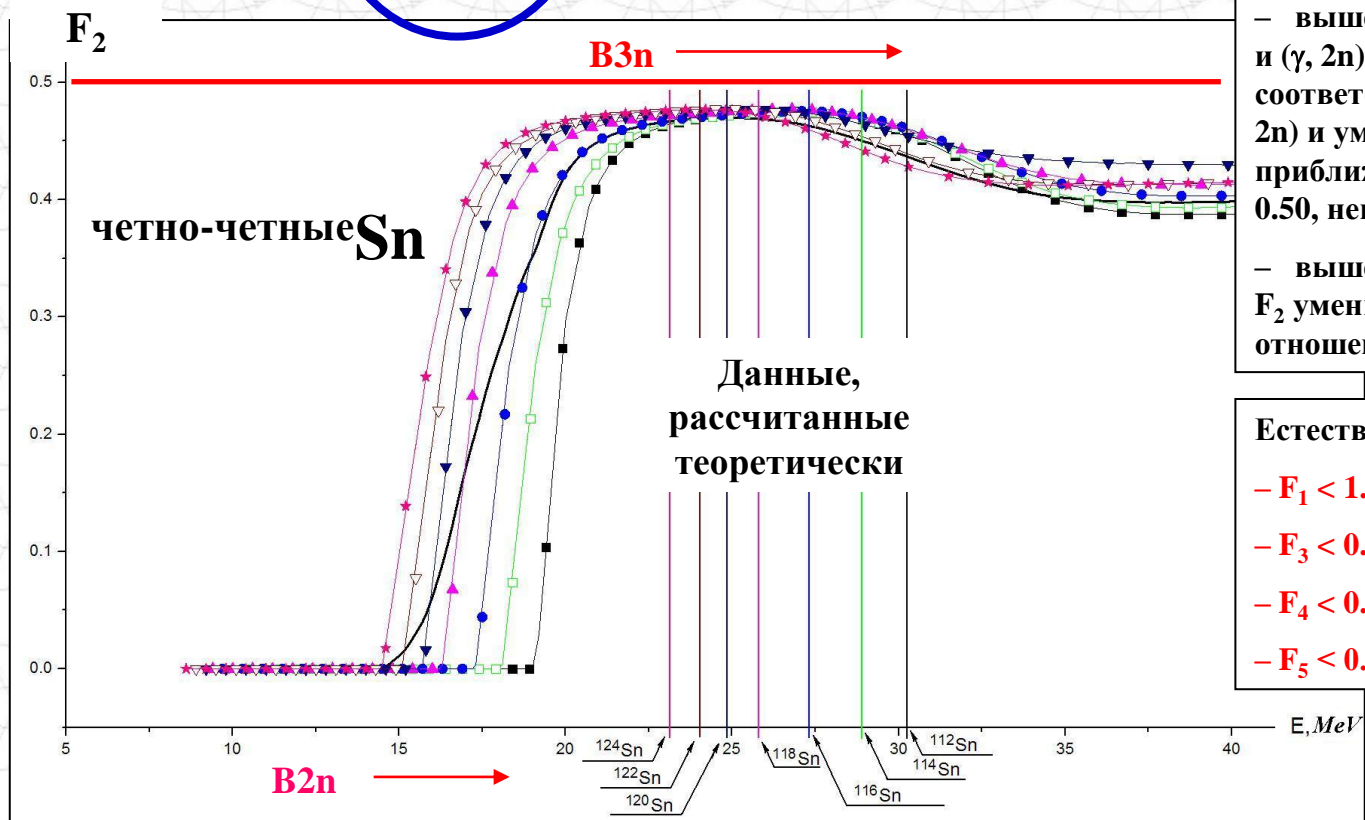
ее сечение для реакции  $(\gamma, 2n)$  –  $\langle R \rangle = 0.83$ .





### Главный критерий достоверности данных

$$F_2 = \frac{\sigma(\gamma, 2n)}{\sigma(\gamma, 1n) + 2\sigma(\gamma, 2n) + 3\sigma(\gamma, 3n) + \dots} < 0.50 (!)$$



Физически достоверное поведение функции  $F_2$  должно быть следующим:

- до порога  $B_{2n}$  реакции  $(\gamma, 2n)$  возможна только реакция  $(\gamma, 1n)$ :  $F_2 = 0$ ;
- выше  $B_{2n}$  возможны реакции  $(\gamma, 1n)$  и  $(\gamma, 2n)$ ,  $F_2$  увеличивается в соответствии с конкуренцией роста  $\sigma(\gamma, 2n)$  и уменьшения  $\sigma(\gamma, 1n)$  и приближается к физическому пределу 0.50, негде его не достигая;
- выше  $B_{3n}$  возможна реакция  $(\gamma, 3n)$ ,  $F_2$  уменьшается вследствие появления в отношении вклада  $3\sigma(\gamma, 3n)$ .

Естественное дополнение критериев:

- $F_1 < 1.00$ ,
- $F_3 < 0.33$ ,
- $F_4 < 0.25$ ,
- $F_5 < 0.20, \dots$





$^{116}\text{Sn}$ :

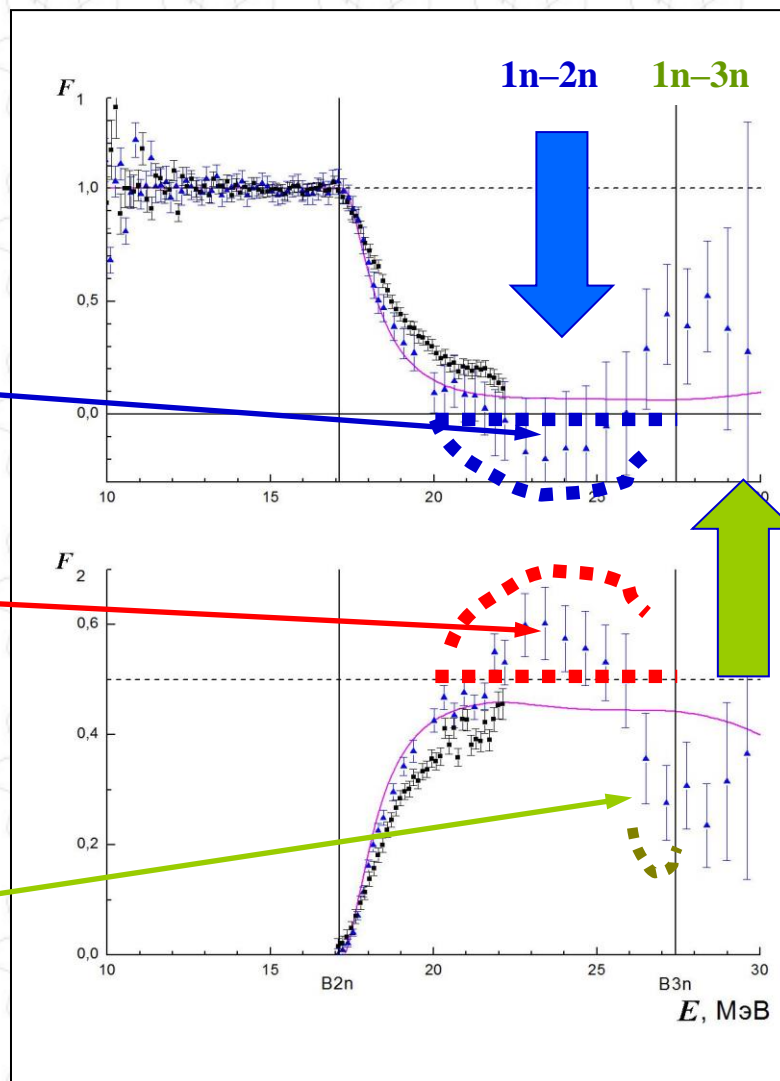
## очевидные признаки недостоверности данных

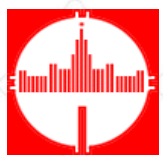
Физически запрещенные  
отрицательные значения  $F_1$

Значения, превышающие достоверные

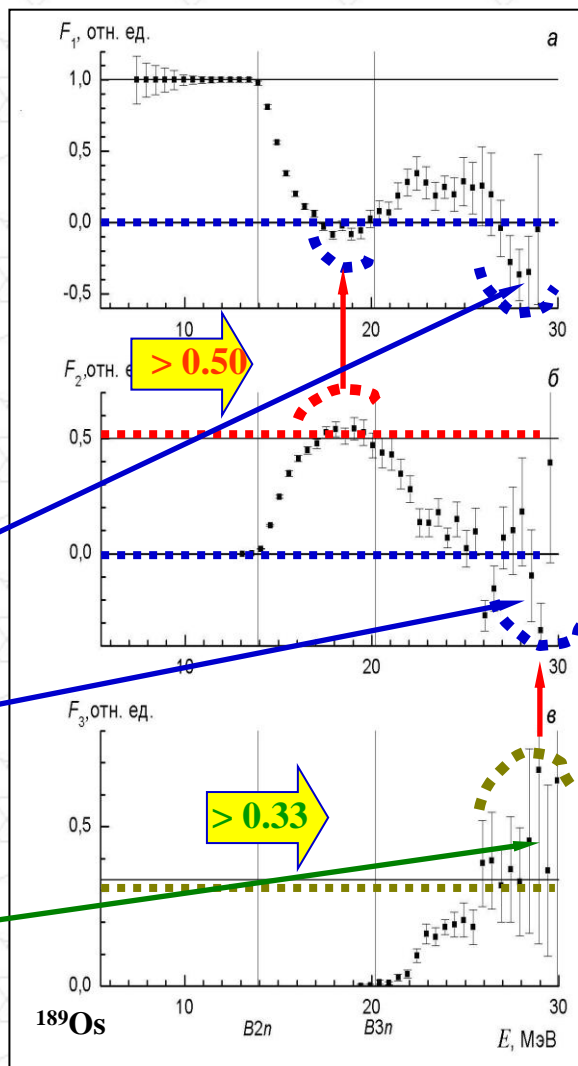
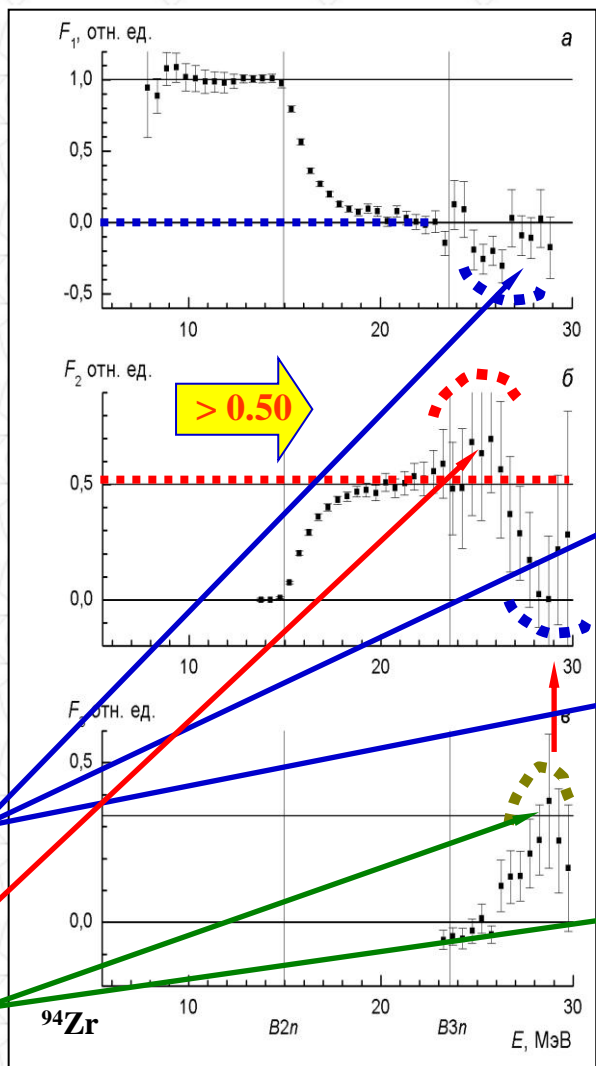
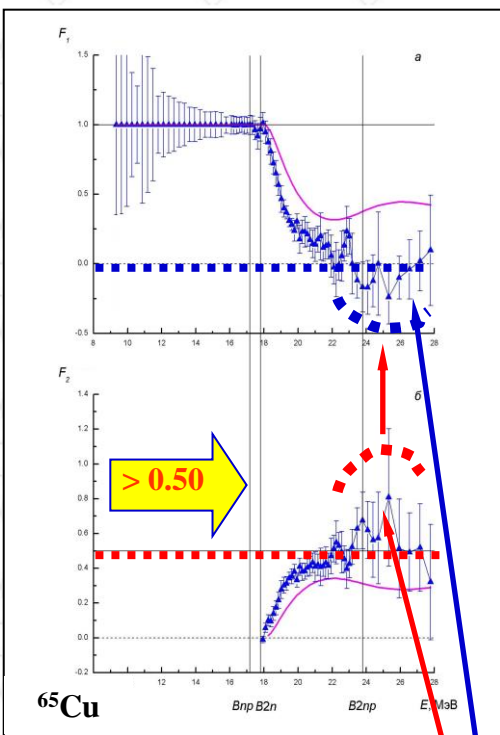
$$F_2 = \frac{\sigma(\gamma, 2n)}{\sigma(\gamma, 1n) + 2\sigma(\gamma, 2n) + 3\sigma(\gamma, 3n) + \dots} < 0.50 (!)$$

Уменьшение  $F_2$  при энергиях на  
2.5 МэВ меньших  $B_{3n}$





# Центр данных фотоядерных исследований НИИЯФ МГУ: возможности и исследования



**Физически запрещенные  
отрицательные значения**

**Физически  
недостовверные значения  
 $F_i > 0.50$  (0.33)**



Новый экспериментально-теоретический подход  
к оценке сечений парциальных фотонейтронных реакций:

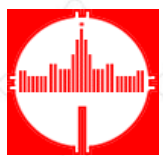
$$\sigma^{\text{оцен}}(\gamma, 1n) = F_1^{\text{теор}} \bullet \sigma^{\text{эксп}}(\gamma, xn),$$

$$\sigma^{\text{оцен}}(\gamma, 2n) = F_2^{\text{теор}} \bullet \sigma^{\text{эксп}}(\gamma, xn),$$

$$\sigma^{\text{оцен}}(\gamma, 3n) = F_3^{\text{теор}} \bullet \sigma^{\text{эксп}}(\gamma, xn), \dots$$

- только экспериментальное сечение реакции полного выхода нейтронов  $\sigma^{\text{эксп}}(\gamma, xn)$ , априори свободное от ограничений методов разделения нейтронов по множественности, используется как исходное;
- для определения вкладов в сечение полной реакции  $\sigma^{\text{эксп}}(\gamma, xn)$  сечений парциальных реакций  $\sigma^{\text{оцен}}(\gamma, 2n)$  и  $\sigma^{\text{оцен}}(\gamma, 3n)$  - описания конкуренции каналов распада ГДР – используются переходные функции множественности - отношения  $F_{1,2,3}, \dots$ , рассчитанные в рамках комбинированной модели фотонуклонных реакций.

Экспериментально-теоретический подход к оценке сечений парциальных реакций означает, что соотношение между ними соответствует представлениям модели, а соответствующая сумма сечений парциальных реакций  $\sigma^{\text{оцен}}(\gamma, xn)$  равна сечению выхода нейтронов  $\sigma^{\text{эксп}}(\gamma, xn)$ , не зависящему от разделения нейтронов по множественности.



# Центр данных фотоядерных исследований НИИЯФ МГУ: ВОЗМОЖНОСТИ И ИССЛЕДОВАНИЯ



**Установлено, что для многих ядер ( $^{51}\text{V}$ ,  $^{63,65}\text{Cu}$ ,  $^{75}\text{As}$ ,  $^{76,78,80,82}\text{Se}$ ,  $^{89}\text{Y}$ ,  $^{90,91,92,94}\text{Zr}$ ,  $^{103}\text{Rh}$ ,  $^{116,117,118,119,120,124}\text{Sn}$ ,  $^{115}\text{In}$ ,  $^{127}\text{I}$ ,  $^{129}\text{Xe}$ ,  $^{133}\text{Cs}$ ,  $^{138}\text{Ba}$ ,  $^{139}\text{La}$ ,  $^{140,142}\text{Ce}$ ,  $^{141}\text{Pr}$ ,  $^{145,148}\text{Nd}$ ,  $^{153}\text{Eu}$ ,  $^{159}\text{Tb}$ ,  $^{160}\text{Gd}$ ,  $^{165}\text{Ho}$ ,  $^{181}\text{Ta}$ ,  $^{186}\text{W}$ ,  $^{186,188,189,190,192}\text{Os}$ ,  $^{197}\text{Au}$ ,  $^{208}\text{Pb}$ ,  $^{209}\text{Bi}$ , и некоторые другие) оцененные и экспериментальные данные существенно различаются.**

**$^{65}\text{Cu}$   
(Livermore)**

**$^{188}\text{Os}$   
(Livermore)**

**( $\gamma$ , 1n)**

**( $\gamma$ , 2n)**

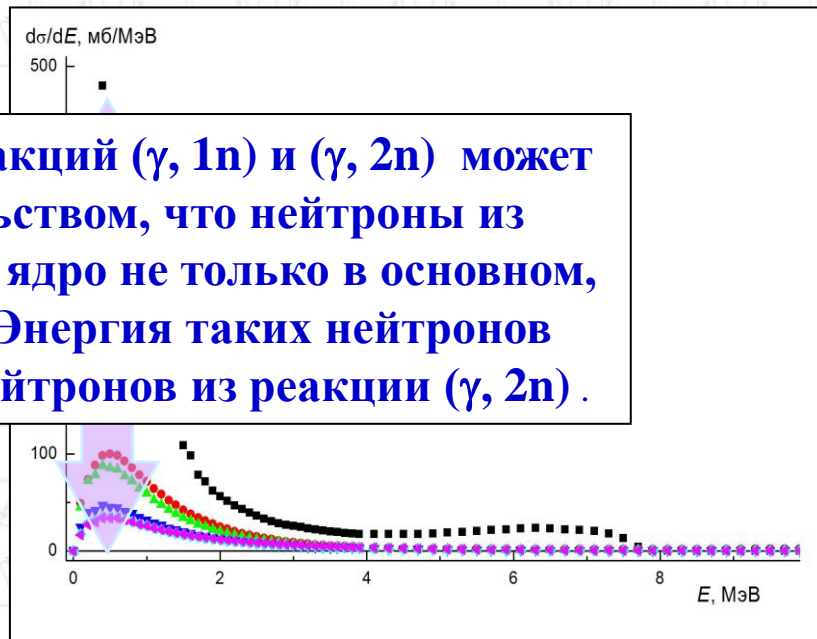
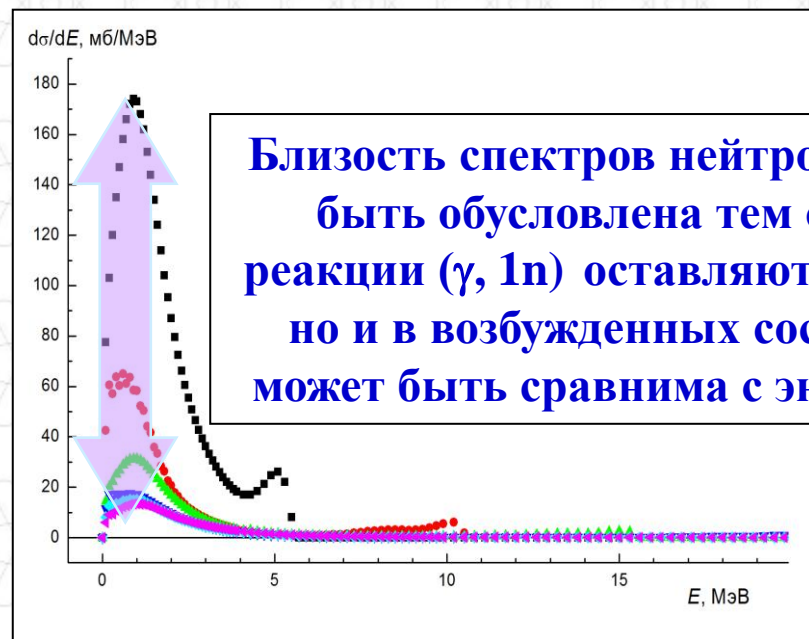
**Основной причиной расхождений является недостоверная (ошибочная) сортировка нейтронов по множественности, основанная на измерении их энергии, поскольку спектры нейтронов из реакций ( $\gamma$ , 1n) и ( $\gamma$ , 2n) оказываются близкими.**



**Основной причиной расхождений является недостоверная (ошибочная) сортировка нейтронов по множественности, основанная на измерении их энергии, поскольку спектры нейтронов из реакций  $(\gamma, 1n)$  и  $(\gamma, 2n)$  оказываются близкими.**

$^{141}\text{Pr}$

$^{181}\text{W}$



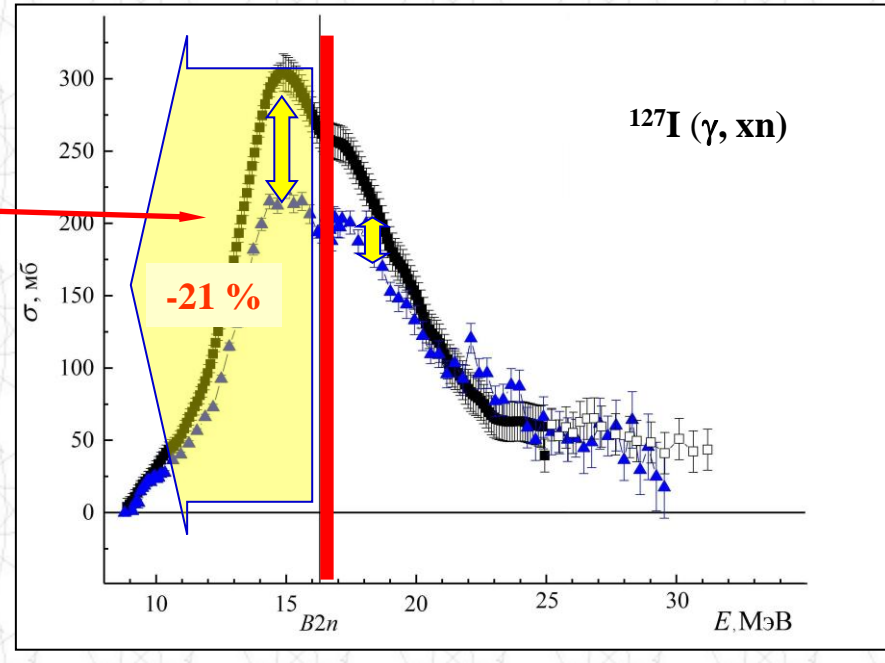
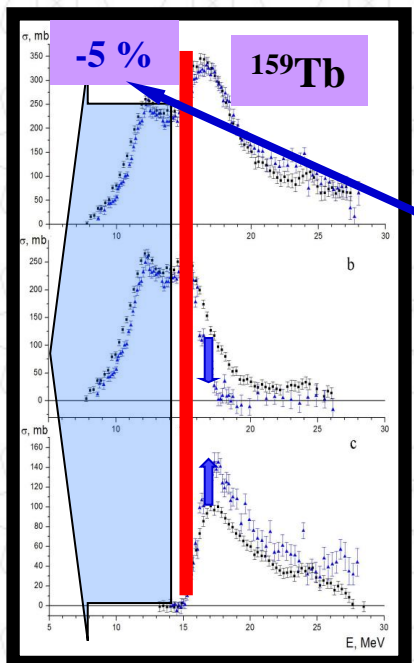
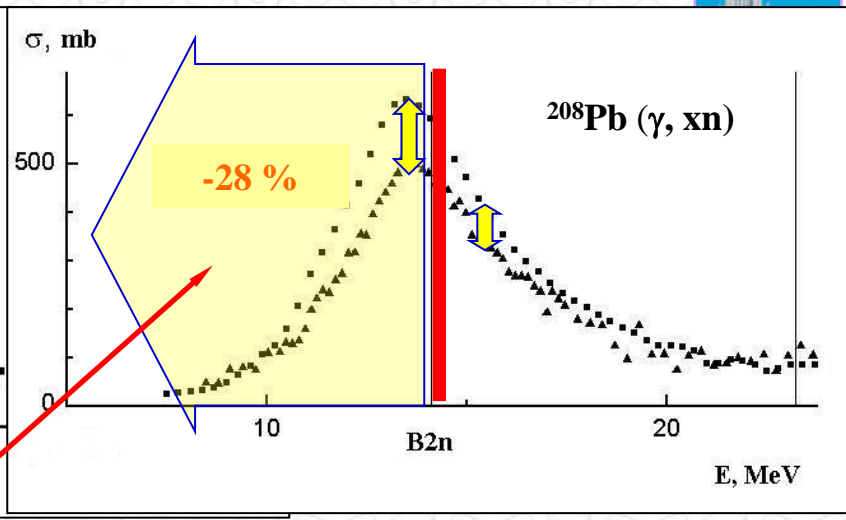
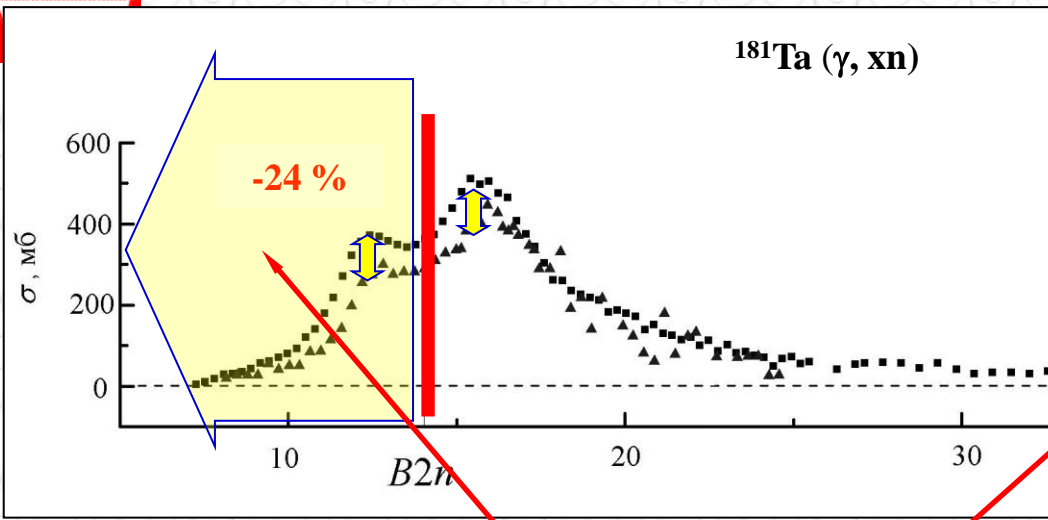
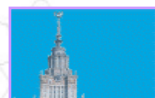
**Близость спектров нейтронов из реакций  $(\gamma, 1n)$  и  $(\gamma, 2n)$  может быть обусловлена тем обстоятельством, что нейтроны из реакции  $(\gamma, 1n)$  оставляют конечное ядро не только в основном, но и в возбужденных состояниях. Энергия таких нейтронов может быть сравнима с энергией нейтронов из реакции  $(\gamma, 2n)$ .**

$(\gamma, 4n)$



Для многих ядер ( $^{51}\text{V}$ ,  $^{63,65}\text{Cu}$ ,  $^{75}\text{As}$ ,  $^{76,78,80,82}\text{Se}$ ,  $^{89}\text{Y}$ ,  $^{90,91,92,94}\text{Zr}$ ,  $^{103}\text{Rh}$ ,  $^{116,117,118,119,120,124}\text{Sn}$ ,  $^{115}\text{In}$ ,  $^{127}\text{I}$ ,  $^{129}\text{Xe}$ ,  $^{133}\text{Cs}$ ,  $^{138}\text{Ba}$ ,  $^{139}\text{La}$ ,  $^{140,142}\text{Ce}$ ,  $^{141}\text{Pr}$ ,  $^{145,148}\text{Nd}$ ,  $^{153}\text{Eu}$ ,  $^{159}\text{Tb}$ ,  $^{160}\text{Gd}$ ,  $^{165}\text{Ho}$ ,  $^{181}\text{Ta}$ ,  $^{186}\text{W}$ ,  $^{186,188,189,190,192}\text{Os}$ ,  $^{197}\text{Au}$ ,  $^{208}\text{Pb}$ ,  $^{209}\text{Bi}$ , и некоторые другие) оцененные и экспериментальные данные существенно различаются вследствие присутствия в сечениях реакций существенных систематических погрешностей, обусловленных недостоверной (ошибочной) сортировки нейтронов по множественности, основанной на измерении их энергии.

Для четырех ядер ( $^{75}\text{As}$ ,  $^{127}\text{I}$ ,  $^{181}\text{Ta}$  и  $^{208}\text{Pb}$ ) обнаружено присутствие в сечениях реакций систематических погрешностей иного рода, вызванных потерей части нейтронов из реакции ( $\gamma$ ,  $1n$ ), обусловленной техническими причинами.



Проблемы множественности отсутствуют



Ядро реакция	$\frac{\sigma_{\text{инт}}^{\text{цен}}}{\sigma_{\text{инт}}}$		
	$^{127}\text{I}$	$^{181}\text{Ta}$	$^{208}\text{Pb}$
$(\gamma, xn)$	1.21	1.24	1.28
$(\gamma, sn)$	1.25	1.30	1.37
$(\gamma, 1n)$	1.33	1.46	1.42
$(\gamma, 2n)$	0.98	1.05	0.83

Чем больше вклад сечения  $\sigma(\gamma, 1n)$  простой реакции в сечение более сложной реакции, тем больше степень недостоверного (ошибочного) занижения экспериментального сечения по сравнению с оцененным:

$$(\gamma, xn) = (\gamma, 1n) + [2(\gamma, 2n) + 3(\gamma, 3n) + \dots]$$

некоторый вклад реакции  $(\gamma, 1n)$ ;

$$(\gamma, sn) = (\gamma, 1n) + [(\gamma, 2n) + (\gamma, 3n) + \dots]$$

большой вклад реакции  $(\gamma, 1n)$ ;

$$(\gamma, 1n) = (\gamma, 1n) + [0]$$

максимальный 100%-вклад реакции  $(\gamma, 1n)$ ;

$$(\gamma, 2n) [0]$$

минимальный (0-й) вклад реакции  $(\gamma, 1n)$ .

Установленные соотношения означают, что именно очень большие (33, 46 и 42%) занижения сечения реакции  $(\gamma, 1n)$  обуславливают значительные (20, 24 и 28%) занижения сечений реакции  $(\gamma, xn)$ .

Это означает, что в экспериментах Ливермора для исследуемых ядер большое количество нейтронов из реакции  $(\gamma, 1n)$  было потеряно (вследствие каких-то технических проблем).

Расхождения не могут быть убраны простой перенормировкой.





### Возможности ЦДФЭ:

- ❑ доступ к разнообразной современной международной информации об атомных ядрах, ядерных реакциях и радиоактивных распадах, подготовленной партнерами по сотрудничеству МАГАТЭ;
- ❑ электронные базы и карты разнообразных ядерных, в том числе фотоядерных данных;
- ❑ гибкие возможности поисковых систем баз данных как инструментов научных исследований.

### Исследования ЦДФЭ:

- ❑ установление новых систематических закономерностей структуры атомных ядер, в том числе в области новых неклассических магических ядер;
- ❑ установление причин расхождений результатов разных фотоядерных экспериментов по форме как следствия различий в параметрах достигаемого эффективного энергетического разрешения;
- ❑ установление причин расхождений результатов фотоядерных экспериментов по абсолютной величине как следствия проявления систематических погрешностей, обусловленных несоответствием объективным физическим критерием достоверности данных;
- ❑ получение (оценка) в рамках Исследовательского контракта «НИИЯФ – МАГАТЭ» новых данных по сечениям реакций для ~ 50 ядер ( $^{51}\text{V}$ ,  $^{63,65}\text{Cu}$ ,  $^{75}\text{As}$ ,  $^{76,78,80,82}\text{Se}$ ,  $^{89}\text{Y}$ ,  $^{90,91,92,94}\text{Zr}$ ,  $^{103}\text{Rh}$ ,  $^{116,117,118,119,120,124}\text{Sn}$ ,  $^{115}\text{In}$ ,  $^{127}\text{I}$ ,  $^{129}\text{Xe}$ ,  $^{133}\text{Cs}$ ,  $^{138}\text{Ba}$ ,  $^{139}\text{La}$ ,  $^{140,142}\text{Ce}$ ,  $^{141}\text{Pr}$ ,  $^{145,148}\text{Nd}$ ,  $^{153}\text{Eu}$ ,  $^{159}\text{Tb}$ ,  $^{160}\text{Gd}$ ,  $^{165}\text{Ho}$ ,  $^{181}\text{Ta}$ ,  $^{186}\text{W}$ ,  $^{186,188,189,190,192}\text{Os}$ ,  $^{197}\text{Au}$ ,  $^{208}\text{Pb}$ ,  $^{209}\text{Bi}$ , и некоторые другие);
- ❑ обновление и пополнение электронной библиотеки МАГАТЭ оцененных фотоядерных данных.



**Спасибо за внимание!**



# Центр данных фотоядерных исследований НИИЯФ МГУ: ВОЗМОЖНОСТИ И ИССЛЕДОВАНИЯ



CDFE search engine. - Microsoft Internet Explorer

Адрес: http://cdfe.sinp.msu.ru/cgi-bin/nessy/v.9/nessy.cgi

Query parameters:  
 Energy (keV) 4000-6000  
 Spin and parity "100-500", "1530,7000-10000"  
 Half-life Stable  
 Angular momentum transfer  
 Spectroscopic strength  
 Metastable state label  
 Isospin 3/2  
 Q Moment  
 Additional remark any

ENSDF Source	Nucleus	Level energy	Spin-parity	Half-life	Isospin	Photon energy	Spin-parity (fin.)	Half-life (fin.)
<a href="#">51.78</a>	25-MN-51	5129	1/2-,3/2-		3/2	2145	5/2+	
<a href="#">51.78</a>	25-MN-51	5129	1/2-,3/2-		3/2	2819	5/2(-)	0.9 PS (6)
<a href="#">51.78</a>	25-MN-51	5129	1/2-,3/2-		3/2	2873	(5/2-)	79 FS (+33-26)
								1 FS (3)
								0 PS (17)

Get all data

**С использованием поисковых БД “ENSDF” был выполнен ряд исследований относительно некоторых уровней, значений их энергий и спинов-четностей, характеристик соответствующих  $\gamma$ -переходов.**

<a href="#">59.70</a>	29-CU-59	5522.3 (4)	5/2		3/2	2805	7/2(-)	
<a href="#">59.70</a>	29-CU-59	5550.0 (6)	5/2		3/2	2116	5/2	
<a href="#">59.70</a>	29-CU-59	5550.0 (6)	5/2		3/2	2435	5/2-	14 FS (8)
<a href="#">59.70</a>	29-CU-59	5550.0 (6)	5/2		3/2	2622	5/2(-)	
<a href="#">59.70</a>	29-CU-59	5645.0 (8)	(3/2)-		3/2	2649	(7/2-)	

Get all data

## Уникальный запрос:

«Найти ядра с уровнями с  $J^\pi = 3/2^-$  или  $5/2^-$  и изоспином  $T = 3/2$ , возбуждаемые в диапазоне энергий  $E = 4 - 6$  МэВ, распадающиеся с испусканием  $\gamma$ -квантов с энергиями  $E_\gamma = 2000 - 3000$  кэВ на уровни конечных ядер с  $J^\pi = 5/2^-$  или  $7/2^-$  (должна быть выдана также информация об энергиях, значениях  $J^\pi$  и временах жизни конечных состояний)»: <sup>51</sup>Mn, <sup>55</sup>Co и <sup>59</sup>Cu.

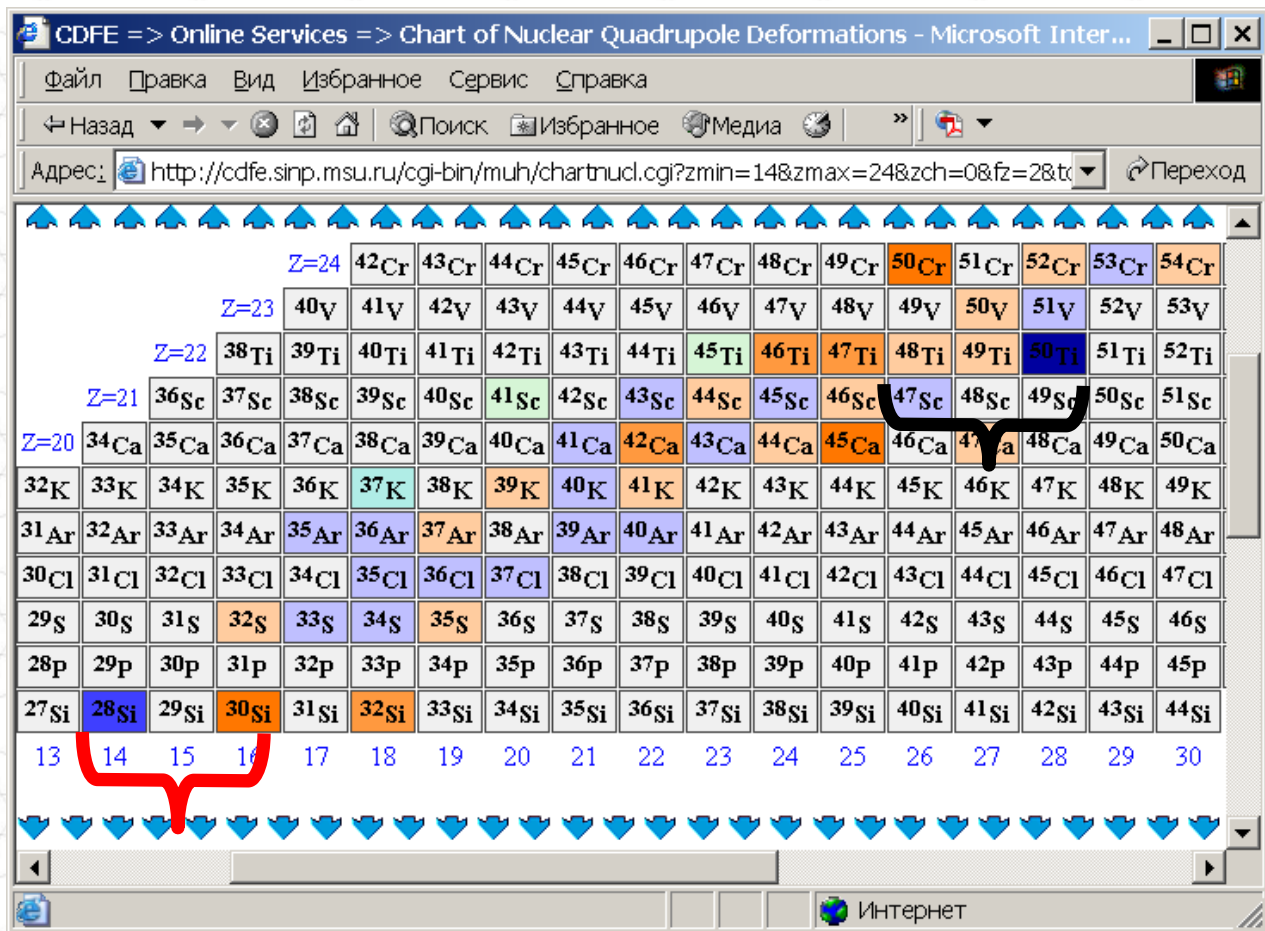
2/17/2021

«ЦДФЭ НИИЯФ МГУ»  
НИИЯФ-75, 2021

ENSDF - поиск



**Некоторые аномалии – свидетельства существования новых нетрадиционных (не описываемых классической оболочечной моделью) свойств ядер.**



**Карта деформаций.**

**Легко наблюдать аномалии, например:**

**добавление двух нейтронов ( $26 \Rightarrow 28$ ) в ядре  $^{48}\text{Ti}$  ( $Z = 22$ ) меняет форму ядра с вытянутой на сплюснутую,**

**а в ядре  $^{28}\text{Si}$  ( $14 \Rightarrow 16$ ) напротив - со сплюснутой на вытянутую.**