

Выражения (7) и (8) позволяют стандартным способом вычислить символы Кристоффеля. Отличные от нуля символы Кристоффеля 2-го рода равны:

$$\Gamma_{22}^1 = -r; \Gamma_{12}^1 = \Gamma_{21}^1 = \frac{(a^2 - b^2)}{a^2 b^2} (a^2 \sin^2 \varphi + b^2 \cos^2 \varphi) \sin 2\varphi; \Gamma_{12}^2 = \Gamma_{21}^2 = \frac{1}{r}.$$

Тогда из (5), аналогично рассмотренному выше примеру, находим

$$\Delta = \frac{a^2 \sin^2 \varphi + b^2 \cos^2 \varphi}{a^2 b^2} \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi}{a^2 b^2} \left( \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \right) - \frac{(b^2 - a^2) \sin 2\varphi}{a^2 b^2 r} \left( \frac{\partial^2}{\partial r \partial \varphi} + \frac{(b^2 - a^2)}{a^2 b^2} (a^2 \sin^2 \varphi + b^2 \cos^2 \varphi) \sin 2\varphi \frac{\partial}{\partial r} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \varphi} \right).$$

Отсюда, при  $a = b = 1$  (полярная система координат), получаем

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r},$$

Что совпадает с известным выражением [1,2], а также с результатом (6) при  $\rho = r$  и  $z = 0$ .

### Литература

1. Болсун, А. И. Методы математической физики: учеб. пособие/ А.И. Болсун, В.К. Гронский, А.А. Бейда. – Мн.: Высш. шк., 1988. – 199 с.
2. Димитриенко, Ю. И. Тензорное исчисление: учеб. пособие/ Ю.И. Димитриенко. – М.: Высш. шк., 2001. – 575 с.

**А.С. Парахневич** (ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

Науч. рук. **О.М. Дерюжкова**, канд. физ.-мат. наук, доцент

### **ДАННЫЕ О ХАРАКТЕРИСТИКАХ ЯДРА ЦЕЗИЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ С ПОМОЩЬЮ РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗ ЯДЕРНЫХ ДАННЫХ НИИЯФ МГУ**

Важной задачей изучения характеристик атомных ядер и ядерных реакций является разработка методов комбинированного анализа различных экспериментов и оценка систематических погрешностей. Такая задача требует для своего решения одновременного доступа к результатам различных экспериментов, т.е. к базам экспериментальных данных. Базы данных (БД) являются основой для детального и системного анализа накопленной информации.

Продемонстрируем методы извлечения информации о ядрах и ядерных реакциях через банки ядерных данных ЦДФЭ НИИЯФ МГУ. Web-сайт Центра данных фотоядерных экспериментов НИИЯФ МГУ – система реляционных баз ядерных данных. Доступ к содержанию БД возможен с главной страницы Web-сайта ЦДФЭ (смотри рисунок 1).

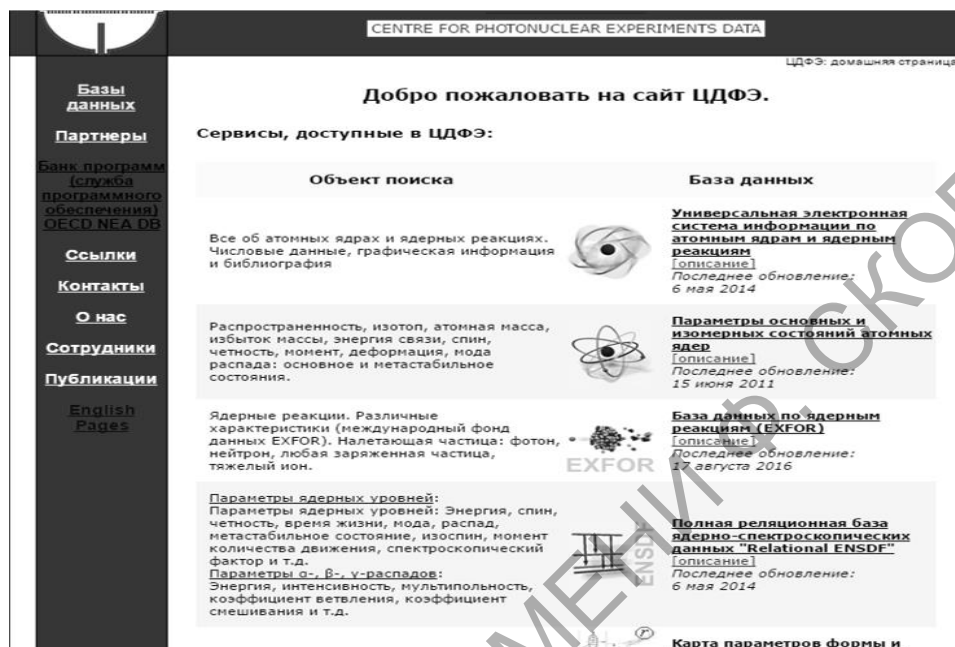


Рисунок 1 – Главная страница Web-сайта ЦДФЭ

Для каждой БД кроме доступа к содержанию организован доступ к разделу «Описание», в котором даны краткие сведения о БД. Помимо указанных основных баз данных имеются и некоторые другие, а в разделах «Партнеры» и «Ссылки» приведены гиперссылки на Web-сайты других организаций, на которых также имеются электронные ресурсы, содержащие полезную ядерно-физическую информацию [1].

Рассмотрим на примере изотопов ядра цезия  $^{55}\text{Cs}$  работу основных реляционных баз ядерных данных:

- «Карта параметров формы и размеров ядер»;
- «Калькулятор порогов и энергий ядерных реакций».

Цезий-137 как объект исследования является весьма интересным. Он открыт в 1860 году немецкими учеными Г. Кирхгофом и Р. Бунзенем и представляет собой бета-излучатель с периодом полураспада 30,174 года. Радиоизотопы цезия применяются в химических исследованиях, в радиационной технологии, в радиобиологических экспериментах.  $^{55}\text{Cs}^{137}$  используется как источник излучения для контактной и дистанционной лучевой терапии, а также для радиационной стерилизации. Из-за большого периода полураспада и слабого гамма-излучения приборы на основе

ядер  ${}_{55}\text{Cs}^{137}$  достаточно долговечны, а защита от излучения менее громоздка.

Chart of nucleus shape and size parameters ( $13 \leq Z \leq 27$ )

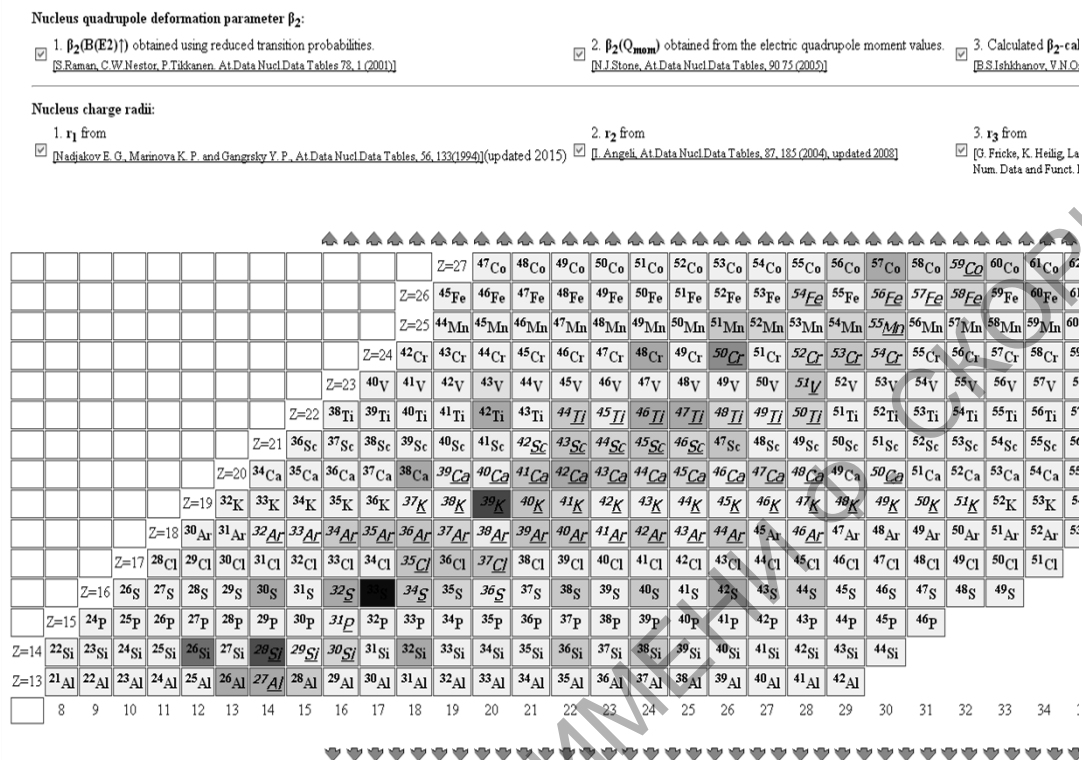


Рисунок 2 – Верхний и нижний уровень масштаба  
Карты параметров формы и размеров ядер

Реляционная БД «Карта параметров формы и размеров ядер» содержит информацию о квадрупольном моменте  $Q$  и параметре квадрупольной деформации  $\beta_2$  атомных ядер, а также данные об их зарядовых радиусах (смотри рисунок 2). Градации разных цветов помогают идентифицировать параметры деформации по абсолютной величине – наибольшему значению соответствует более интенсивный цвет. Предусмотрены (смотри рисунок 2) возможности использования 4-х уровней масштаба, передвижение между которыми возможно с помощью специальных стрелок. После выбора ядра на самом крупном масштабе Карты в дополнительном окне (смотри рисунок 3, пример для ядра  ${}_{55}\text{Cs}$ ) в табличном виде приводятся все соответствующие выбранным ранее источникам информации данные (смотри рисунок 3). Доступны значения квадрупольных моментов  $Q$  и параметров квадрупольной деформации  $\beta_2$ , а также зарядовые радиусы ядер.

Использование данной карты позволяет быстро найти необходимую частицу, а также параметры, касающиеся размера и формы ядер.



Рисунок 3 – Пример представления табличных данных о квадрупольном моменте  $Q$ , параметре квадрупольной деформации  $\beta_2$  и зарядовом радиусе  $r$  ядра цезия  $^{55}\text{Cs}$

БД «Калькулятор порогов и энергий ядерных реакций» основана на использовании самых современных и надежных данных о массах атомных ядер и дает возможность рассчитать энергетические пороги любых ядерных реакций: под действием любых налетающих частиц и для любой комбинации образующихся продуктов. На рисунке 4 приведена поисковая форма БД «Калькулятор порогов и энергий ядерных реакций» для определения энергии отделения протона от ядра  $^{55}\text{Cs}^{137}$ . Как налетающая частица в выпадающем меню по умолчанию выбирается  $\gamma$ -квант, как ядро-мишень указано ядро с  $Z = 55$  и  $A = 137$ , как вылетающая частица 1 – ядро с  $Z = 1$  и  $A = 1$ . Приведена также и выходная форма запроса.

Использование данного калькулятора значительно уменьшает затраты времени на получение данных для любой частицы, нежели решение задачи по ядерной физике вручную. При этом точность решения гораздо выше, а погрешности сведены к минимуму.

Не только для ученых и инженеров большее значение имеют числовые данные, которые являются основными входными данными по всем проблемам, решаемым путем расчетов. Студентам на современном этапе развития образования также постоянно требуется все возрастающий объем числовой информации более высокого качества, которую обычно и называют ядерными данными. Современные информационные технологии позволяют студентам любых ВУЗов из

любых стран пользоваться системой реляционных баз данных НИИЯФ МГУ для решения конкретных задач ядерной физики при выполнении практических, курсовых и дипломных работ.

#### 4. Пороги реакции и энергия

Каждое поле в этой форме является необязательным - может быть пустым. [ Помощь ... ]

Входные параметры:	Z:	A:	Количество частиц
Целевое ядро:	55	137	1
Инцидент:	Нет частиц инцидента (для ядра >>) >>>		
Исходящая часть 1:	1	1	1
Исходящая часть 2: (если больше частиц >>) >>>			0
Конечное ядро:	54	136	1

Запрос:	Имя:	Z:	A:	Масса (массовая ошибка), u:
• Целевое ядро:	Cs	55	137	136.90708947
• Инцидент:		0		
• Исходящая часть 1:	ЧАС	1	1	0
• Конечное ядро:	Xe	54	136	135.9072187

**Результат:** Порог энергии: 7.409649 МэВ  
 Реакционная энергия: -7.409434 (55) МэВ

Рисунок 4 – Входная и выходная форма запроса по определению энергетического порога реакции для цезия  ${}_{55}^{137}\text{Cs}$

### Литература

1. Варламов В.В., Гончарова Н.Г., Ишханов Б.С. Физика ядра и банки ядерных данных: учебное пособие. – М.: Университетская книга, 2010. – 246 с.

**В.И. Пилько** (ГрГУ имени Я.Купалы, Гродно)  
 Науч. рук. **А.В. Севашко**, ст. преподаватель

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ ШЛИЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ КАРДАННОГО ВАЛА ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ САД/САМ/САЕ СИСТЕМ

Долговечность машин и механизмов зависит как от качества изготовления, так от качества сборки. Шлицевые соединения карданных валов представляют собой подвижные соединения с зазором, работающие