

УДК 539.169
ББК 22.383
О-52

Рецензенты:

д-р физ.-мат. наук проф. *Н.В. Щукин* (НИЯУ МИФИ);
канд. физ.-мат. наук *А.А. Семенов* (НИЯУ МИФИ)

Окунев, В. С.

О-52 Кластерная радиоактивность: факты, закономерности, прогнозы / В. С. Окунев ; под ред. А. Н. Морозова. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. — 241, [1] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-5223-1

На основе системного анализа выявлены основные закономерности кластерных распадов атомных ядер, позволяющие сделать вывод о возможности существования гораздо большего числа f -активных ядер, чем известно. В области средних ядер кластерный распад возможен для нейтронно-дефицитных нуклидов. Кластерная радиоактивность характерна для α -активных ядер, обладающих повышенной устойчивостью. Тяжелый кластер f -распада трансактинидов делится спонтанно.

Для специалистов, занимающихся фундаментальными и прикладными задачами ядерной физики низких энергий, а также для студентов университетов и технических вузов, изучающих курсы общей и ядерной физики.

Издается в авторской редакции.

УДК 539.169
ББК 22.383

ISBN 978-5-7038-5223-1

© Окунев В.С., 2019
© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019

Оглавление

Предисловие	3
Условные обозначения	5
Введение	7
1. Известные факты и методы исследования	
1.1. Устойчивые атомные ядра. Классификация	11
1.2. Факторы стабилизации радиоактивных распадов	14
1.3. Кластерная радиоактивность	17
1.4. Экспериментальные исследования кластерной радиоактивности	21
1.5. Математическое моделирование	22
1.6. Феноменологический подход	26
1.7. Полуэмпирические методы	30
1.8. Известные особенности и закономерности <i>f</i> -распадов	33
1.9. Исходные данные для исследований	36
1.10. Выводы к главе 1	39
Список литературы к главе 1	40
2. Элементы теории кластерных распадов	
2.1. Триединная задача	43
2.2. Условие распада	43
2.3. Расчет характеристик распада	44
2.4. Эксперименты. Близость к α -распаду Закон Гейгера — Нэттола	50
2.5. Форма ядра перед распадом	53
2.6. Сильно асимметричное спонтанное деление	55
2.7. Сходство и различия α -распада, кластерной радиоактивности и спонтанного деления	56
2.8. Выводы к главе 2	59
Список литературы к главе 2	59
3. Предварительный элементарный анализ	
3.1. О возможном существовании других <i>f</i> -активных ядер	60
3.2. Продукты кластерных распадов	61
3.3. Иерархическая кластерная структура легких продуктов <i>f</i> -распадов	63
3.4. Направления превращений атомных ядер на диаграмме <i>N</i> – <i>Z</i>	65
3.5. Результаты предварительного анализа кластерных распадов. Основные закономерности	66
3.6. Замечания об устойчивости ядер. Дополнительные факторы стабилизации	68

3.7. Выводы к главе 3	74
Список литературы к главе 3	74
4. Анализ кластерных распадов. Закономерности и прогнозы	
4.1. Кластерные распады радия	76
4.2. Кластерные распады тория	77
4.3. Кластерный распад бария-114	82
4.4. Предположения о возможных кластерных распадах нейтронно-дефицитных ядер	85
4.5. Распады нейтронно-избыточных ядер	87
4.6. Анализ спонтанных f -распадов тяжелых ядер. Выводы	88
Список литературы к главе 4	96
5. Механистическая модель анализа цепочек радиоактивных распадов атомных ядер	
5.1. Аналогии в законах. Постановка задачи	97
5.2. Принцип наименьшего действия	99
5.3. Визуализация	101
5.4. Спонтанная эволюция	101
5.5. Модель	102
5.6. Шарик на распутье	103
5.7. Принцип наименьшего действия в распадах ядер	104
5.8. Сходимость	105
5.9. Особенности сходимости при кластерных распадах	107
5.10. Детерминизм в поведении шарика	107
5.11. Инерция	108
5.12. Двухкритериальная оптимизация	112
5.13. Основные положения модели	112
5.14. Внешние воздействия	113
5.15. Расширение модели	113
5.16. Границы водораздела	114
5.17. Заключение и выводы к главе 5	116
Список литературы к главе 5	117
6. Факторы стабилизации продуктов кластерных распадов	
6.1. Устойчивость немагических продуктов кластерных распадов	119
6.2. Простейший математический аппарат	121
6.3. Анализ действия известных факторов стабилизации радиоактивных распадов	123
6.4. Статическая кластеризация как дополнительный фактор стабилизации распадов легких ядер	124
6.5. Ядерные реакции, подтверждающие статическую α -кластеризацию легких ядер	140
6.6. Энергия связи относительно составляющих ядро кластеров	145

6.7. Выводы к главе 6	146
Список литературы к главе 6	147
7. Об островах стабильности и предельной массе атомного ядра	
7.1. Введение. Постановка задачи. История вопроса	149
7.2. Известные теоретические и экспериментальные факты	150
7.3. Методы исследования	151
7.4. Результаты	154
7.5. Экстраполяция с целью определения чисел N и Z , соответствующих максимальной устойчивости ядра в области сверхтяжелых нуклидов	155
7.6. Прогнозирование физических свойств сверхтяжелых атомных ядер	163
7.7. Предварительные выводы о верхней границе масс (о предельной массе) атомных ядер	170
7.8. Получение сверхтяжелых ядер	172
7.9. Заключение к главе 7	177
Список литературы к главе 7	178
8. Распады сверхтяжелых ядер	
8.1. Постановка задачи. История вопроса	181
8.2. Общие сведения о радиоактивных распадах сверхтяжелых ядер	181
8.3. Зависимость вида распада от устойчивости ядра. Конкуренция α -активности и спонтанного деления	183
8.4. Спонтанное деление тяжелых и сверхтяжелых ядер	190
8.5. Ядро как самостоятельная структура. Аналогия радиоактивных распадов и ядерных реакций	194
8.6. Механический аналог реакции слияния	196
8.7. Альфа-распады сверхтяжелых ядер	200
8.8. Энергия связи сверхтяжелых ядер	201
8.9. Влияние оболочечных эффектов на преобладающие каналы распада	203
8.10. Предположение о кластерных распадах сверхтяжелых ядер	205
8.11. Электронный захват	208
8.12. Сходство сценария f -распадов с вынужденным делением тяжелых стабильных ядер	211
8.13. Заключение к главе 8	213
Список литературы к главе 8	213
9. Сценарии и механизмы кластерной радиоактивности: от сурьмы и теллура до суперактинидов	
9.1. Сценарии кластерных распадов	216

9.2. Кластерные распады тяжелых и сверхтяжелых ядер с близким к оптимальному N/Z	217
9.3. Кластерный распад нейтронно-дефицитных средних, тяжелых и сверхтяжелых атомных ядер	218
9.4. Спонтанные распады стабильных ядер	220
9.5. Общие закономерности кластерных распадов	221
9.6. Влияние на период полураспада	223
9.7. Выводы к главе 9	227
Список литературы к главе 9	228
Заключение	229
Послесловие	231
Именной указатель. Краткая биографическая справка	233

Научное издание

Окунев Вячеслав Сергеевич

**Кластерная радиоактивность:
факты, закономерности, прогнозы**

Корректор *Л.В. Забродина*

Подписано в печать 30.07.2019. Формат 60×90/16.

Усл. печ. л. 15,125. Тираж 100 экз. Заказ

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.
press@bmstu.ru
www.baumanpress.ru

Отпечатано в ПАО «Т8 Издательские Технологии»
109316, Москва, Волгоградский проспект, д. 42, корп. 5.