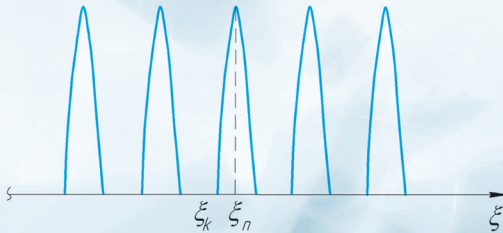


Э. Э. Лин

# КАЧЕСТВЕННЫЕ МОДЕЛИ КИНЕТИКИ ОБРАЗОВАНИЯ КОМПАКТНЫХ ОБЪЕКТОВ С СИЛЬНЫМИ ВНУТРЕННИМИ СВЯЗЯМИ

$$\Delta a \Delta p \approx \frac{\hbar}{2}$$



ФГУП «Российский федеральный ядерный центр –  
Всероссийский научно-исследовательский институт  
экспериментальной физики»

Э. Э. Лин

**КАЧЕСТВЕННЫЕ МОДЕЛИ КИНЕТИКИ  
ОБРАЗОВАНИЯ КОМПАКТНЫХ ОБЪЕКТОВ  
С СИЛЬНЫМИ ВНУТРЕННИМИ  
СВЯЗЯМИ**

Монография

Саров  
2011

УДК 524.354.6; 530.1; 532; 593; 539.16

ББК 22.3

Л 59

**Лин Э. Э.** Качественные модели кинетики образования компактных объектов с сильными внутренними связями: Монография. – Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2011. 132 с.

Разработан асимптотический метод исследования кинетики образования компактных объектов с сильными внутренними связями, основанный на соотношении неопределенностей для координаты и импульса в пространстве размеров объектов – кластеров с выраженными коллективными квантовыми свойствами, обусловленными обменными взаимодействиями различной физической природы, зависящей от пространственных масштабов рассматриваемых процессов. Предлагаемый феноменологический подход «создан» по аналогии с общеизвестными представлениями о когерентных состояниях квантово-механических систем осцилляторов, для которых произведение неопределенностей (дисперсий) координаты и импульса принимает минимально возможное в рамках соотношения неопределенностей значение. При таком подходе «ведущими» процессами являются колебания элементов, составляющих объекты, например коллективные колебания нуклонов в ядре и фононные возбуждения кристаллической решетки мезоструктур. Это позволяет рассматривать образование и рост субатомных и мезоскопических объектов в рамках одного формализма. Полученные результаты на качественном уровне адекватно описывают размерные и временные характеристики процессов образования рассматриваемых объектов: кластеров ядерной материи, углеродных наноструктур, наноструктурированных частиц легких актиноидов. Представленные результаты расширяют область применения качественных диффузионных моделей образования кластеров с квантовыми свойствами в физике высоких плотностей энергии и высокоинтенсивных процессов.

**Ключевые слова:** компактные объекты, сильные внутренние связи, пространственные масштабы, квантовые свойства, кинетика образования, пространство размеров, соотношение неопределенностей, кластеры ядерной материи, углеродные наноструктуры, легкие актиноиды.

ISBN 978-5-9515-0181-3

© ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2011

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
Глава 1. Общий кинетический подход .....	9
Глава 2. Субатомные и астрофизические объекты .....	26
2.1. Асимптотическая модель образования кластеров ядерной материи в процессах приближенияк равно- весию .....	27
2.2. Феноменологическое рассмотрение астрофизичес- ких объектов .....	34
Глава 3. Мезоскопические объекты .....	38
3.1 Приближенные законы роста мезоскопических объектов .....	39
3.2. Сравнение расчетных и экспериментальных дан- ных для углеродных наноструктурированных объектов .....	49
3.3. Характеристики полиморфных превращений лег- ких актиноидов в мезоскопических масштабах ....	65
Глава 4. Обсуждение результатов, вопросы дальнейших иссле- дований .....	93
Заключение .....	112
Список литературы .....	114
Приложение .....	126

## ВВЕДЕНИЕ

Разнообразные физические объекты и их окружение представляют интерес не только с точки зрения индивидуальных свойств, определяемых их строением и размерами, но и в плане определения пространственной границы между макро- и микромирами (макрофизикой и микрофизикой). Размеры мезоскопических объектов, поведение которых одновременно подчиняется как законам квантовой физики, так и законам макроскопической физики, могут достигать значительных величин, при которых достигается нижний предел сложности макроскопического твердого тела [1]. Например, фундаментальные соображения и оценки применимости квантовых представлений показывают, что соотношение неопределенностей «координата–импульс» может выполняться для тел с размерами порядка  $10^{-7}$  м, т. е. на уровне нанометрических масштабов [2]. В настоящее время исследованию образования, эволюции и свойств наноструктур и материалов на их основе посвящается все большее количество работ, в которых рассматриваются процессы различной физико-химической природы, протекающие в мезоскопической области пространственных масштабов  $\sim 10^{-10} \div 10^{-4}$  м: от формирования атомных кластеров на молекулярном уровне и синтеза нанокристаллов до глобальных изменений состояния сплошной макроскопической среды, таких как нелинейные эффекты пластичности и разрушения твердых тел при их деформировании, структурно-скейлинговые переходы в ансамблях зернограницных дефектов и т. п. [3–7]. Поведение наноструктурированных объектов описывается с помощью методов молекулярной динамики, а также с помощью статистических моделей, учитывающих как термодинамический, так и кинетический аспекты рассматриваемых проблем. К таким проблемам относятся неполнота классического описания процессов в мезомире и в кристаллических средах и необходимость формулирования новых, в том числе и феноменологических моде-

Продолжение таблицы

n	Зародыши		
	Альфа-частицы	Тритоны	Дейтроны
88	218	212	
89	221	215	
90	224	218	219
91		221	222
92		224	225
93		226	228
94		229	231
95	238	232	234
96	241	235	
97	244	238	
98	247	241	
99	250	244	245
100	253	246	248
101	256	249	251
102	259	252	254
103	262	255	257
104		258	260
105		261	263
106		264	266
107		267	269
108		270	272
109		273	275
110		276	278
111		278	281
112		281	284
113		284	287
114		287	290
115		290	293
116		293	296
117		296	299
118	307	299	302

Продолжение таблицы

$n$	Зародыши		
	Альфа-частицы	Тритоны	Дейтроны
119	310	302	305
120	313	305	308
121	316	308	311
122	319	311	314
123	322	314	317
124	325	317	320
125	328	320	323
126	331	323	326
127	335	326	329
128		329	332
129		332	
130		335	
131		338	
132	350	341	
133	353	344	348
134	356	347	351
135	359	350	354
136	362	354	357
137		357	360
138		360	363
139		363	
140		366	
141	378	369	
142	381	372	376
143	384	375	379
144		378	382
145		381	385
146		384	388
147	397	387	
148	400	391	395
149	403	394	398
150		397	401

Окончание таблицы

n	Зародыши		
	Альфа-частицы	Тритоны	Дейтроны
151		400	404
152		403	408
153	416	406	
154	419	409	414
155		412	417
156		416	420
157	429	419	423
158	432	422	
159	435	425	430
160		428	433
161		431	436
162	445	435	434
163	448	438	443
164	452	441	446
165	455	444	449
173	480	470	469
174		473	477
175		477	
176	491	480	485
177		483	488
178		486	
179		490	



**Лин Эмиль Эдипович**

**КАЧЕСТВЕННЫЕ МОДЕЛИ КИНЕТИКИ  
ОБРАЗОВАНИЯ КОМПАКТНЫХ ОБЪЕКТОВ  
С СИЛЬНЫМИ ВНУТРЕННИМИ  
СВЯЗЯМИ**

**Монография**

Редактор *Н. П. Мишкина*

Компьютерная подготовка оригинала-макета *Н. В. Мишкина*

---

Подписано в печать 05.12.2011. Формат 60×84/16

Печать офсетная. Усл. печ. л. ~7,8 Уч.-изд. л. ~7,0

Тираж 100 экз. Зак. тип. 2039-2011

---

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе  
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»  
607188, г. Саров Нижегородской обл.