

Оглавление

Предисловие	10
Благодарности	12
Глава 1. Введение	13
1.1. Лазерное охлаждение	13
1.2. Лазерное охлаждение ниже порога отдачи	14
1.3. Охлаждение ниже порога отдачи и статистика Леви	15
1.4. Содержание книги	17
Глава 2. Лазерное охлаждение ниже порога отдачи и аномальные случайные блуждания	20
2.1. Стандартное лазерное охлаждение: силы трения и предел энергии отдачи	20
2.1.1. Силы трения и охлаждение (20). 2.1.2. Предел энергии отдачи (22).	
2.2. Лазерное охлаждение, основанное на неоднородных случайных блужданиях в пространстве импульсов	22
2.2.1. Физический механизм (22). 2.2.2. Как осуществить неоднородные случайные блуждания (24). 2.2.3. Ожидаемые свойства процесса охлаждения (25).	
2.3. Квантовое описание процесса лазерного охлаждения ниже порога отдачи	26
2.3.1. Волновая природа атомного движения (26). 2.3.2. Трудности стандартного квантового описания (27). 2.3.3. Описание методом квантовых скачков. Функция запаздывания (27). 2.3.4. Моделирование стохастической эволюции атомного импульса (29). 2.3.5. Обобщение. Стохастическая волновая функция и случайные блуждания в гильбертовом пространстве (30).	
2.4. От квантовой оптики к классическим случайным блужданиям	33
2.4.1. Фиктивная классическая частица, связанная с квантовыми случайными блужданиями (33). 2.4.2. Упрощенная частота перескоков (34). 2.4.3. Обсуждение (35).	
Глава 3. Пленение и рециркулирование. Статистические свойства	37
3.1. Области пленения и рециркулирования	37
3.2. Модель неоднородных случайных блужданий	40
3.2.1. Трение (40). 3.2.2. Область пленения (41). 3.2.3. Область рециркулирования (41). 3.2.4. Перескоки по импульсам (43). 3.2.5. Обсуждение (43).	

3.3. Распределение вероятности для времен пленения	44
3.3.1. Квадратичная частота перескоков в одномерном случае (44).	
3.3.1.1. Детерминированная модель (44). 3.3.1.2. Экспоненциальная модель (46).	
3.3.2. Обобщение на большее число измерений (47).	
3.3.3. Обобщение на случай неквадратичной частоты перескоков (48).	
3.3.4. Обсуждение (48).	
3.4. Распределение вероятности времен рециркулирования	49
3.4.1. Постановка задачи: время первого возвращения для броуновского движения (49).	
3.4.2. Одномерная неограниченная модель (50).	
3.4.3. Одномерная доплеровская модель (53).	
3.4.4. Ограниченная модель: случайные блуждания со стенками (54).	
3.4.5. Обсуждение (56).	
Глава 4. Широкие распределения и статистика Леви: краткий обзор	58
4.1. Распределения со степенным законом убывания. Где они встречаются?	58
4.2. Обобщенная центральная предельная теорема	60
4.2.1. Суммы Леви. Асимптотическое поведение и распределения Леви (60).	
4.2.2. набросок доказательства обобщенной ЦПТ (62).	
4.2.3. Несколько математических результатов (63).	
4.3. Качественное обсуждение некоторых свойств сумм Леви	67
4.3.1. Зависимость сумм Леви от числа слагаемых при $\mu < 1$ (67).	
4.3.2. Иерархическая структура в сумме Леви (67).	
4.3.3. Большие флуктуации (69).	
4.3.4. Иллюстрация с помощью численного моделирования (71).	
4.4. Распределение насыпания	74
4.4.1. Определение. Преобразование Лапласа (74).	
4.4.2. Примеры из других областей (75).	
4.4.3. Асимптотическое поведение. Сравнение широких и узких распределений (76).	
Глава 5. Доля атомов, захваченных в квази-темные состояния	78
5.1. Усреднение по ансамблю в сравнении с усреднением по времени	78
5.1.1. Усреднение по времени: доля времени, проведенного в ловушке (78).	
5.1.2. Усреднение по ансамблю: захваченная доля (79).	
5.2. Вычисление доли захваченных атомов.	80
5.2.1. Преобразование Лапласа распределений насыпания, связанных с временами возвращения и выхода (80).	
5.2.2. Преобразование Лапласа доли захваченных атомов (81).	
5.2.3. Результаты для случая конечных средних времен пленения и рециркулирования (82).	
5.2.4. Результаты для случая бесконечного среднего времени пленения и конечного среднего времени рециркулирования (83).	
5.2.5. Результаты для случая бесконечных средних времен пленения и рециркулирования (84).	
5.3. Обсуждение: неэргодическое поведение населенности захваченного состояния	85

Глава 6. Распределение по импульсам	87
6.1. Краткий обзор предыдущих эвристических аргументов	87
6.2. Выражения для импульсного распределения и связанных с ним величин	89
6.2.1. Распределение для абсолютных значений импульса (89).	
6.2.2. Распределение по импульсам вдоль заданной оси (91).	
6.2.3. Описание импульсного распределения охлажденных атомов (91).	
6.3. Случай бесконечного среднего времени пленения и конечного среднего времени рециркулирования	94
6.3.1. Точная форма импульсного распределения (94).	
6.3.2. Важные свойства импульсного распределения (97).	
6.4. Случай конечных средних времен пленения и рециркулирования	99
6.4.1. Точная форма импульсного распределения (100).	
6.4.2. Важные свойства импульсного распределения (101).	
6.5. Ситуации с бесконечным средним временем рециркулирования	103
6.6. Обзор основных результатов	105
Глава 7. Физическое обсуждение	107
7.1. Эквивалентность описанию на основе скоростных уравнений	107
7.1.1. Скоростные уравнения для импульсного распределения (107).	
7.1.2. Интерпретация распределения насыпания для времен возврата как источника (108).	
7.1.3. Какие атомы дают вклад в распределение насыпания для времен возвращения? (108).	
7.1.4. Интерпретация временной зависимости распределения насыпания для времен возвращения (109).	
7.2. Хвосты импульсного распределения	110
7.2.1. Стационарность против квази-стационарности (110).	
7.2.2. Зависимость от различных параметров (111).	
7.3. Высота пика импульсного распределения	111
7.4. Влияние отличной от нуля частоты перескоков при нулевом импульсе	112
7.4.1. Существование стационарного состояния при больших временах (113).	
7.4.2. Промежуточные времена (115).	
7.5. Нестационарность и неэргодичность	116
7.5.1. Плато в импульсном распределении вблизи нулевого импульса (116).	
7.5.2. Различные степени неэргодичности (117).	
7.5.3. Связь с широкими распределениями (117).	
Глава 8. Проверка статистического подхода	120
8.1. Побудительные мотивы	120
8.2. Обзор других подходов	121
8.2.1. Эксперименты (121).	
8.2.2. Квантово-оптические вычисления для ССКПН (122).	
8.2.3. Моделирование по методу Монте-Карло процесса рамановского охлаждения (124).	

8.3. Доля захваченных атомов в одномерной σ_+/σ_- -схеме ССКПН	125
8.3.1. Доплеровская модель (125). 8.3.2. Неограниченная модель (129). 8.3.3. Ограниченная модель (131).	
8.4. Ширина и форма пика охлажденных атомов	133
8.4.1. Предсказание статистического подхода (133). 8.4.2. Сравнение с квантовыми вычислениями (134). 8.4.3. Экспериментальные проверки (137).	
8.5. Роль трения и размерности задачи	142
8.5.1. Одномерный случай (142). 8.5.2. Случай большей размерности (143).	
8.6. Заключение	144
Глава 9. Пример применения: оптимизация пика охлажденных атомов	147
9.1. Введение	147
9.2. Параметризация	149
9.3. Почему существует оптимальное значение параметра?	151
9.4. Оптимизация с помощью формулы для высоты	153
9.5. Оптимизация с помощью сумм Леви	155
9.6. Свойства оптимизированного процесса охлаждения	156
9.7. Интерпретация оптимизированного решения в терминах случайного блуждания	159
Глава 10. Заключение	161
10.1. Что сделано в этой книге	161
10.2. Смысл и значение результатов	161
10.2.1. С точки зрения статистики Леви (161). 10.2.2. С точки зрения лазерного охлаждения (163).	
10.3. Возможное расширение круга задач	164
10.3.1. Совершенствование процедуры оптимизации (164). 10.3.2. Более точные модели ССКПН с трением (164). 10.3.3. Распространение на другие схемы охлаждения (165). 10.3.4. Атомы в пространственных ловушках (166). 10.3.5. Многочастичные эффекты (166).	
Приложение А. Связь параметров статистических моделей с атомными и лазерными характеристиками	168
А.1. Селективное по скоростям когерентное пленение населенности	168
А.1.1. Квантовое вычисление частоты перескоков (169). А.1.1.1. Эффективный гамильтониан (171). А.1.1.2. Точная диагонализация (172). А.1.1.3. Разложение около точки $p = 0$ (173). А.1.1.4. Поведение вне области провала (175). А.1.1.5. Пренебрежение эффектом Доплера (176). А.1.2. Параметры моделей случайного блуждания (177). А.1.2.1. Область пленения и плато: p_0 и τ_0 (179). А.1.2.2. Зависимость от лазерной интенсивности (180). А.1.2.3. Доплеровский хвост: p_D (181). А.1.2.4. Обсуждение: сравнение квантовых вычислений со статистическими	

моделями (181). А.1.2.5. Ограничивающие стенки: p_{\max} (184). А.1.2.6. Элементарный шаг случайного блуждания: Δp (184). А.1.3. Распределение времен пленения: τ_b (184). А.1.4. Распределение времен рециркулирования (186). А.1.4.1. Доплеровская модель: $\hat{\tau}_b$ (186). А.1.4.2. Неограниченная модель: $\hat{\tau}_b$ (187). А.1.4.3. Ограниченная модель: $\langle \hat{\tau} \rangle$ (187).	
А.2. Рамановское охлаждение	187
А.2.1. Частота перескоков (187). А.2.2. Параметры моделей случайного блуждания (192). А.2.2.1. Область пленения и плато: p_0 и τ_0 (193). А.2.2.2. Ограничивающие стенки: p_{\max} (193). А.2.2.3. Элементарный шаг случайного блуждания: Δp (193). А.2.3. Распределение времен пленения: τ_b (194). А.2.4. Распределение времен рециркулирования: $\langle \hat{\tau} \rangle$ (195).	
Приложение Б. Доплеровский случай	196
Б.1. Мотивация	196
Б.2. Постановка задачи	196
Б.3. Фейнмановский интеграл по траекториям и отображение на гармонический осциллятор	198
Б.4. Назад к вероятности времен возвращения	199
Приложение В. Специальный случай $\mu = 1$	202
Список литературы	205
Предметный указатель	212