

К. К. АЛТУНИН

# ОПТИКА НАНОСТРУКТУР И НАНОМАТЕРИАЛОВ

ЧАСТЬ 2  
УРАВНЕНИЯ ДЛЯ АТОМНЫХ  
ПЕРЕМЕННЫХ



К. К. Алтунин

**ОПТИКА НАНОСТРУКТУР  
И НАНОМАТЕРИАЛОВ.  
ЧАСТЬ 2.  
УРАВНЕНИЯ  
ДЛЯ АТОМНЫХ  
ПЕРЕМЕННЫХ**



Москва

2014

УДК 535.3  
ББК В22.31  
А52

*Печатается по решению Редакционно-издательского совета  
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего  
профессионального образования "Ульяновский государственный  
педагогический университет имени П. Н. Ульянова"*

Рецензенты:

*В. А. Сергеев* — профессор, д.т.н.  
*В. М. Журавлёв* — профессор, д. ф.-м. н.  
*С. В. Червон* — профессор, д. ф.-м. н.

### **Алтунин К. К.**

**А52** Оптика наноструктур и наноматериалов. Часть 2.  
Уравнения для атомных переменных: учебное пособие.  
2-е изд. / К. К. Алтунин. — М.: Директ-Медиа, 2014. —  
61 с.  
ISBN 978-5-4475-0323-9

Учебное пособие посвящено современным представлениям о нелокальных уравнениях электродинамики, которые могут быть применены вместо уравнений Максвелла при решении различных граничных задач оптики. Вывод нелокальных уравнений производится на основе полуклассического и квантово-электродинамического подходов. С учётом различных типов квантовых переходов в спектре взаимодействующих атомов получены различные нелокальные уравнения распространения электромагнитных волн в спиновых системах, в диэлектриках и в металлах. Нелокальные полевые уравнения применены для решения ряда типовых граничных задач оптики в полубесконечных средах и в малых объектах, линейные размеры которых значительно меньше длины световой волны. Особое внимание уделено оптическим ближнепольным резонансам, которые образуются в наноструктурных системах. Рассмотрены приложения полученных результатов в оптической ближнепольной микроскопии.

Учебное пособие предназначено для студентов и аспирантов физических специальностей университетов. Книга может быть также полезна исследователям и преподавателям.

УДК 535.3  
ББК В22.31

© Алтунин К. К., текст, 2014  
ISBN 978-5-4475-0323-9 © Издательство «Директ-Медиа», макет, оформление, 2014

## Оглавление

Введение.....	5
Глава 2. Уравнения для атомных переменных в системе взаимодействующих атомов во внешнем поле оптического излучения .....	11
1. Двухуровневое приближение.....	11
2. Оптические уравнения Блоха.....	14
3. Система взаимодействующих двухуровневых атомов в поле оптического излучения.....	17
3.1. Усреднение по ансамблю атомов.....	21
4. Уравнения движения для атомных переменных двухатомной системы в поле излучения .....	23
5. Уравнения движения для атомных и полевых переменных в сверхтонкой плёнке двухуровневых атомов .....	29
5.1. Уравнения Блоха и интегральное полевое уравнение.....	31
5.2. Квазидвумерная плёнка двухуровневых атомов.....	35
5.3. Стационарное решение модифицированных оптических уравнений Блоха .....	39
Приложение А.....	43

Приложение В. Математическая лемма .....	48
Приложение С. Уравнения для остальных переменных .....	54
Список литературы .....	59

## Введение

Основной целью настоящей работы является представление единого теоретического подхода для решения широкого круга задач, встречающихся в оптике наноструктурных систем. В настоящей работе будет показано, что адекватность этого теоретического подхода подтверждается прецизионными экспериментами. В настоящей работе дан строгий вывод основных уравнений, на основе которых решены различные граничные задачи оптики наноструктурных систем. При этом конечные формулы имеют ясный физический смысл и могут быть рекомендованы для теоретического расчёта различных приборов и устройств на основе наноструктурных систем.

Конструирование любого оптического прибора или устройства основано на формулах Френеля, которые связывают между собой амплитуды внешней, отражённой и преломлённой волн. Поражает воображение точность этих формул, которая подтверждается многими прецизионными экспериментами и нарушаются эти формулы лишь в небольшой окрестности угла Брюстера  $\theta_B$ , определяемого из равенства  $\operatorname{tg}\theta_B = n$ , где  $n$  — показатель преломления оптической среды. Для объяснения этого расхождения с формулами Френеля в настоящей работе представлена микроскопическая теория переходного слоя на поверхности изотропного непоглощающего диэлектрика. Эта теория позволяет объяснить многочисленные прецизионные эксперименты по брюстеровскому отражению света, и основана эта теория на решении нелокальных уравнений электродинамики, представленных в настоящей работе.