

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

М.Г. ПЕТРУШАНСКИЙ

КВАНТОВАЯ ПРИРОДА ИЗЛУЧЕНИЯ

Рекомендовано Ученым советом государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности «Проектирование и технология радиоэлектронных средств»

Оренбург 2007

УДК 530.145(075.8)

ББК 32.86я73

П 31

Рецензент

кандидат физико-математических наук, доцент Э.К. Алиджанов

П 31

Петрушанский М.Г.

**Квантовая природа излучения: учебное пособие /
М.Г. Петрушанский. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2007.- 107 с.**

ISBN

Учебное пособие включает теоретическое изложение материала, примеры решения задач, контрольные вопросы, задачи и тесты для самоподготовки.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности 210201 при изучении дисциплин «Физика» и «Рентгеновские трубки, излучатели, моноблоки и питающие устройства».

П 1604030000

ББК 32.86я73

ISBN

© Петрушанский М.Г., 2007

© ГОУ ОГУ, 2007

Содержание

<i><u>Введение.....</u></i>	<i><u>5</u></i>
<i><u>1 Тепловое излучение.....</u></i>	<i><u>6</u></i>
<i><u>1.1 Основные понятия и характеристики излучения.....</u></i>	<i><u>7</u></i>
<i><u>1.1.1 Поток и интенсивность излучения.....</u></i>	<i><u>9</u></i>
<i><u>1.1.2 Объемная плотность энергии.....</u></i>	<i><u>9</u></i>
<i><u>1.1.3 Испускательная способность.....</u></i>	<i><u>10</u></i>
<i><u>1.1.4 Энергетическая светимость.....</u></i>	<i><u>11</u></i>
<i><u>1.1.5 Поглощательная способность.....</u></i>	<i><u>11</u></i>
<i><u>1.2 Законы теплового излучения.....</u></i>	<i><u>12</u></i>
<i><u>1.2.1 Закон Кирхгофа.....</u></i>	<i><u>12</u></i>
<i><u>1.2.2 Закон Стефана-Больцмана.....</u></i>	<i><u>14</u></i>
<i><u>1.2.3 Закон Вина.....</u></i>	<i><u>15</u></i>
<i><u>1.2.4 Формула Рэлея-Джинса.....</u></i>	<i><u>17</u></i>
<i><u>1.3 Формула Планка для теплового излучения.....</u></i>	<i><u>19</u></i>
<i><u>1.4 Следствия формулы Планка.....</u></i>	<i><u>21</u></i>
<i><u>1.4.1 Закон Стефана-Больцмана.....</u></i>	<i><u>21</u></i>
<i><u>1.4.2 Закон Вина и правило смещения Вина.....</u></i>	<i><u>22</u></i>
<i><u>1.4.3 Формула Рэлея-Джинса.....</u></i>	<i><u>22</u></i>
<i><u>1.5 Контрольные вопросы.....</u></i>	<i><u>23</u></i>
<i><u>1.6 Примеры решения задач.....</u></i>	<i><u>23</u></i>
<i><u>1.7 Задачи для самостоятельного решения.....</u></i>	<i><u>27</u></i>
<i><u>2 Квантовые свойства света.....</u></i>	<i><u>28</u></i>
<i><u>2.1 Понятие о квантах.....</u></i>	<i><u>28</u></i>
<i><u>2.2 Фотоэлектрический эффект.....</u></i>	<i><u>30</u></i>
<i><u>2.2.1 Внешний фотоэффект.....</u></i>	<i><u>30</u></i>
<i><u>2.2.2 Внутренний фотоэффект. Применение фотоэффекта.....</u></i>	<i><u>36</u></i>
<i><u>2.3 Эффект Комптона.....</u></i>	<i><u>37</u></i>
<i><u>2.4 Давление света.....</u></i>	<i><u>41</u></i>
<i><u>2.5 Коротковолновая граница тормозного рентгеновского излучения.....</u></i>	<i><u>42</u></i>
<i><u>2.6 Контрольные вопросы.....</u></i>	<i><u>45</u></i>
<i><u>2.7 Примеры решения задач.....</u></i>	<i><u>46</u></i>
<i><u>2.8 Задачи для самостоятельного решения.....</u></i>	<i><u>51</u></i>
<i><u>3 Спектры излучения атомов. Квантовые генераторы.....</u></i>	<i><u>53</u></i>
<i><u>3.1 Сериальные формулы. Модели строения атома.....</u></i>	<i><u>54</u></i>

<u>3.1.1 Модель атома Томсона.....</u>	<u>55</u>
<u>3.1.2 Модель атома Резерфорда.....</u>	<u>57</u>
<u>3.2 Теория атома водорода. Постулаты Бора.....</u>	<u>60</u>
<u>3.3 Опыт Франка-Герца.....</u>	<u>67</u>
<u>3.4 Характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли.....</u>	<u>69</u>
<u>3.5 Спонтанное и вынужденное излучение.....</u>	<u>72</u>
<u>3.6 Принцип работы лазера.....</u>	<u>74</u>
<u>3.7 Применение и основные типы лазеров.....</u>	<u>78</u>
<u>3.7.1 Рубиновый лазер.....</u>	<u>79</u>
<u>3.7.2 Лазер на алюмо-иттриевом гранате.....</u>	<u>81</u>
<u>3.7.3 Гелий-неоновый лазер.....</u>	<u>82</u>
<u>3.7.4 Полупроводниковые лазеры.....</u>	<u>84</u>
<u>3.8 Контрольные вопросы.....</u>	<u>85</u>
<u>3.9 Примеры решения задач.....</u>	<u>86</u>
<u>3.10 Задачи для самостоятельного решения.....</u>	<u>92</u>
<u>4 Общие методические указания к решению задач.....</u>	<u>93</u>
<u>5 Тесты.....</u>	<u>96</u>
<u>Заключение.....</u>	<u>103</u>
<u>Список использованных источников.....</u>	<u>104</u>
<u>Приложение А.....</u>	<u>105</u>
<u>Приложение Б.....</u>	<u>106</u>
<u>Приложение В.....</u>	<u>107</u>
<u>Приложение Г.....</u>	<u>108</u>
<u>Приложение Д.....</u>	<u>109</u>
<u>Приложение Е.....</u>	<u>110</u>

Введение

Понимание явлений физики излучения, как и всех явлений микромира, невозможно без квантовых представлений, возникших немногим более 100 лет назад. Заслуга в этом принадлежит выдающемуся немецкому физику Макс Планку. Ему удалось объяснить и аналитически описать спектральное распределение света, излучаемого нагретыми телами, и решить проблему, перед которой классическая физика оказалась бессильной. Планк первым высказал гипотезу о квантовании энергии осциллятора, несовместимую с принципами классической физики. Именно эта гипотеза, развитая впоследствии трудами многих выдающихся ученых, дала толчок процессу пересмотра и ломки старых понятий, который завершился созданием квантовой физики.

Квантовая гипотеза, представление о фотонах и процессе излучения, как о квантовом переходе атомной системы из одного энергетического состояния в другое, позволили также объяснить закономерности фотоэффекта, эффекта Комптона и ряд других эффектов, непонятных с точки зрения классической волновой теории света. Особенно отчетливо квантовые свойства проявились в области рентгеновского и γ -излучения. Квантовый характер излучения и поглощения был использован Н. Бором для объяснения закономерностей, наблюдаемых в спектрах разреженных газов. Эти же представления необходимы для введения понятия индуцированного излучения и объяснения принципов работы лазеров.

Предлагаемое учебное пособие посвящено основам квантовой теории излучения и включает рассмотрение вопросов теплового излучения, взаимодействия излучения с веществом и возникновения спектров излучения атомов, а также связь этих вопросов с фундаментальными проблемами физики.

В пособии излагаются основные идеи, их физический смысл, методы исследования и результаты, полученные современной физикой. При этом обращено внимание на преемственность современной и классической физики, непреходящую ценность результатов классической теории, без усвоения которых трудно проникнуться идеями современной квантовой физики. Вопросы истории, экспериментального обоснования физических законов, применения их в технике и других науках затронуты в пособии лишь постольку, поскольку это необходимо для понимания изучаемых разделов курса.

Для более полного понимания и усвоения предлагаемого материала рекомендуется сочетать его изучение с разбором решений задач, приведенных в пособии. К каждой главе даны контрольные вопросы и задачи. В пособие включены также тесты, позволяющие оценить уровень подготовки по рассмотренным вопросам.