

УДК 53(077)

## МЕТОДИКА ИЗЛОЖЕНИЯ ТЕМЫ «ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ»

**С. А. Лукашевич, В. Р. Куриленко, А. А. Гузовец**

*г. Гомель, УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»*

В программу курса физики для специальности «Автоматизированные системы обработки информации» (АСОИ) входит раздел «Квантовые свойства электромагнитного излучения». Одним из вопросов этого раздела является тема «Тепловое излучение». Учитывая малое число часов на весь курс физики, нам необходимо было методически грамотно изложить эту тему, вывести законы теплового излучения и дать объяснение этих законов на основе квантовой теории.

Если имеется несколько тел, нагретых до различной температуры и помещенных в полость с идеально отражающими стенками, то при этом более нагретые тела будут охлаждаться, т. к. они испускают больше энергии, чем получают от окружающих тел, а менее нагретые будут нагреваться, так как они получают больше энергии, чем отдают. В результате все пространство внутри полости будет дополнено лучистой энергией за счет испускания электромагнитных волн этими телами.

Опыт показывает, что в конце концов все тела приобретают одинаковую температуру, т. е. поглощают ровно столько энергии, сколько отдают ее, а плотность излучения в пространстве между телами достигает определенный для данной температуры величины, т. е. наступает термодинамическое равновесие.

Этот факт настолько широко известен, что кажется совершенно естественным выводом из законов классической физики, а, между тем, если задуматься глубже, то он совершенно непонятен именно с точки зрения классической физики.

В данном случае возникает проблема, которую необходимо разрешить в ходе лекции, т. е. мы пришли таким образом к поразительному выводу: при термодинамическом равновесии между колеблющимися атомами вещества и электромагнитным излучением почти вся энергия сосредоточена в колеблющихся атомах и лишь ничтожная часть ее приходится на излучение.

Затруднение, которое возникло в связи с проблемой теплового излучения, состоит именно в том, что, как оказывается, согласно классической физике в случае электромагнитного излучения материальных тел в замкнутой полости вся энергия должна перейти к электромагнитному полю, а это противоречит опыту.

Для объяснения законов теплового излучения нам необходимо ввести две важные характеристики: испускательную и поглощательную способность тела, а также показать, что между ними имеется определенная связь.

Первый крупный шаг в практическом исследовании равновесного излучения был сделан Кирхгофом. Он ввел в употребление понятие «абсолютное черное тело».

Согласно закону Кирхгофа для всех тел отношение испускательной способности  $\epsilon_r$  и поглощательной способности  $\epsilon$  есть одна и та же функция от длины волны и температуры:

$$\frac{r_\lambda}{a_\lambda} = T f(\lambda) = T f_\lambda, \quad (1)$$

Дальнейшая задача заключается в раскрытии явного вида функции  $f(\lambda) = T f_\lambda$ .

Учитывая, что для абсолютного черного тела  $a_\lambda = 1$ , то  $r_\lambda = T f(\lambda) = T f_\lambda$ .

Теоретически универсальная функция  $f(\lambda) = T f_\lambda$  была получена Рэлеем и Джинсом [1], исходя из требования статистической физики о равномерном распределении энергии по степеням свободы.

Хотя формула Рэля – Джинса получена проверенными методами классической физики, она ведет к очевидному абсурду. Если вычислить по этой формуле интегральную плотность излучения (на всех частотах от 0 до  $\infty$ ), то она равна бесконечности.

Напоминаем, опыт дает нам, что интегральная энергетическая светимость абсолютно черного тела:

$$R_\sigma = \sigma T^4. \quad (2)$$

Этот закон носит название закона Стефана – Больцмана. Постоянную Стефана – Больцмана студенты определяют с помощью пирометра на лабораторных занятиях, т. е.  $R_\sigma = 0$ .

Это означает, что равновесие между материальными телами и излучением наступит только при бесконечной плотности излучения. Другими словами, атомы излучающегося тела должны были бы излучать энергию до тех пор, пока их температура не упала бы до абсолютного нуля.

Однако этот результат самым резким образом противоречит опыту, который показывает, что равновесие между излучением и его источниками (атомами вещества) возможно при любой температуре и что при этом равновесии, как раз наоборот, плотность энергии излучения очень мало по сравнению с плотностью энергии в веществе.

При переходе же к более коротким волнам формула Рэля – Джинса резко расходится с результатом опыта («ультрафиолетовая катастрофа»).

Выход из «фиолетовой катастрофы» был дан Планком. Он сделал предположение, совершенно чуждое классическим представлениям, а именно: положить, что свет испускается в виде отдельных порций энергии

$$\varepsilon = h\nu,$$

где  $\nu$  – частота излучения,

$h$  – квант действия, постоянная Планка.

При этом Планк получил формулу для спектральной плотности энергетической светимости:

$$r_{\lambda,T} = T f(\lambda) = 2\pi h c^2 \frac{\lambda^{-5}}{e^{hc/kT\lambda} - 1}. \quad (3)$$

Установление формулы Планка знаменовало глубокий разрыв с классической теоремой о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Из формулы Планка следует, что не одинаково для стоячих волн с различными частотами и убывает с ростом частоты  $\nu$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савельев, И. В. Курс общей физики : в 5 т. / И. В. Савельев. – М. : Наука, 1987. – Т. 3. – 317 с.
2. Зисман, Г. А. Курс общей физики : в 3 т. / Г. А. Зисман, О. М. Тодес. – М. : Наука, 1970. – Т. 3. – 496 с.

УДК 378.147:53

### КОМПЛЕКСНЫЕ ЗАДАНИЯ В САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

**К. М. Маркевич**

*г. Брест, УО «Брестский государственный технический университет»*

Современное образование направлено на то, чтобы выводить обучаемого на уровень самообучения. Это предполагает формирование у студентов навыков добывания знаний, их анализа, синтеза, переноса, систематизации со знаниями других разделов физики и дисциплин и др. Решение этих задач реализуется, в том числе, и в самостоятельной работе студентов; причем, эффективность последней зависит от учебно-методического материала дисциплины. В связи с этим представляется интересным «новый подход к повышению эффективности самостоятельной работы студентов», предложенный Н. И. Чопчицем, автором «Комплексных задач по физике» [1]. Рассмотрим некоторые аспекты использования этого дидактического материала по физике в обучении студентов в БрГТУ.

Сборник задач [1] отражает учебные программы физики технического вуза и может быть использован для разных специальностей. Чтобы студент усвоил конкретную тему, ему необходимо самостоятельно решить как можно больше задач по изучаемому материалу. При существующей учебной нагрузке в инженерном образовании не каждый студент найдет на это время. Обязательное выполнение расчетной работы частично решает эту проблему. Однако с помощью дидактического материала [1] и рейтинговой системы оценки знаний [2] можно создать условия для активизации познавательной деятельности студентов в изучении физики.

В издании 9 комплексных задач по всем разделам физики. Каждая комплексная задача разделяется на задания (подзадачи), число которых доходит до 10. На основе исходного условия задачи студент изучает тему (несколько тем), при этом решение предыдущей подзадачи является условием для решения последующей. При использовании [1] для организации расчетных работ все студенты учебной группы получают одну задачу, но разных вариантов, отличающихся физической моделью, в виде рисунка, и численными данными, что позволяет