

УДК: 530.145.1

DOI: <https://doi.org/10.47813/2782-5280-2023-2-1-0132-0137>

Методика изучения «закона абсолютного излучения черного тела» в курсах физики академических лицеев

К. Р. Саттаркулов

Гулистанский государственный университет, Гулистан, Узбекистан

Аннотация. В статье анализируется совместимость темы излучения абсолютно черного тела с принципом системности курса физики в академических лицеях. На основе современной учебной литературы (учебников, пособий) рассмотрен процесс освещения данной темы, представляющий собой поэтапное углубление и обогащение ее содержания в соответствии с требованиями принципа системности и сделаны соответствующие выводы относительно последовательности в преподавании данного предмета.

Ключевые слова: абсолютно черное тело, спектр излучения, энергия излучения, тепловой баланс, излучательная и поглощающая способность тел, Стефан-Больцман, законы Вина, формулы Рэлея-Джинса и Планка, постоянная Планка.

Для цитирования: Саттаркулов, К. Р. (2023). Методика изучения «закона абсолютного излучения черного тела» в курсах физики академических лицеев. Информатика. Экономика. Управление - Informatics. Economics. Management, 2(1), 0132–0137. <https://doi.org/10.47813/2782-5280-2023-2-1-0132-0137>

Methods of studying the "law of absolute radiation of a black body" in physics courses of academic lyceums

K. R. Sattarkulov

Gulistan State University, Gulistan, Uzbekistan

Abstract. The article analyzes the compatibility of the topic of black body radiation with the principle of systematic physics course in academic lyceums. On the basis of modern educational literature (textbooks, manuals), the process of covering this topic is considered, which is a phased deepening and enrichment of its content in accordance with the requirements of the principle of consistency, and appropriate conclusions are drawn regarding the consistency in teaching this subject.

Keywords: absolutely black body, emission spectrum, radiation energy, heat balance, emissivity and absorption capacity of bodies, Stefan-Boltzmann, Wien's laws, Rayleigh-Jeans and Planck formulas, Planck's constant.

For citation: Sattarkulov, K. R. (2023). Methods of studying the "law of absolute radiation of a black body" in physics courses of academic lyceums. Informatics. Economics. Management, 2(1), 0132–0137. <https://doi.org/10.47813/2782-5280-2023-2-1-0132-0137>

ВВЕДЕНИЕ

Изучение “Законов излучения абсолютно черного тела” имеет особое значение в разделах квантовой физики курсов физики академических лицеев, входящих в систему дополнительного образования. В качестве обоснования значимости данного раздела отметим следующие положения:

1. В результате экспериментально-теоретического изучения “Абсолютных законов излучения черного тела” был сделан революционный вывод о том, что взаимодействие теплового излучения с веществом, т. е. поглощение излучения в веществах и обмен энергией в процесс излучения, имеет дискретный характер.

2. В процессе излучения и поглощения при дискретном характере энергонесущих частиц определено равенство энергии и импульса кванта энергии.

3. Было доказано, что тепловое излучение представляет собой только низкоэнергетические электромагнитные волны.

В конце XIX начале XX-го века предпринимались попытки физического объяснения кривой излучения на основе результатов экспериментального изучения распределения энергии в энергетическом спектре излучения абсолютно черного тела на основе представлений классической физики, термодинамики, классической статистической физики и электродинамики, но эти попытки не увенчались успехом.

Следует отметить, что экспериментально полученные физические законы (закон Стефана-Больцмана, закон сдвига Винна, закон Релея-Джинса) объясняли определенную часть спектра излучения. В данной статье уделено внимание описанию исследований, проводившихся в этом направлении в физике того времени с соблюдением исторической последовательности, что важно в образовании школьников.

По теме «Возникновение квантовой физики» даются частичные сведения о кризисе в физике в начале XX века, приводится и кратко поясняется формула закона смещения Вина, а также идея М. Планка и представлена формула кванта энергии, краткая

информация о законе Рэлея-Жинса. На основе идеи, введенной М. Планком, дается понимание закона распределения энергии излучения по длине волны, но изображение кривой закона распределения в данном источнике не приводится и не поясняется [1]. Основное значение идеи и формулы Планка связаны с объяснением закона распределения экспериментально определенной энергии. Этим вопросам не уделяется достаточного внимания в учебниках, поэтому несколько страниц информации, представленные в книге, не связаны друг с другом, поэтому очевидно, что учащиеся не понимают этот учебный материал.

Принимая во внимание, что работы, сделанные Планком и другими учеными в этом направлении, связаны с объяснением графика зависимости спектральной плотности энергии излучения абсолютно черного тела от температуры, подчеркнем необходимость учета приведенного графика в учебнике физики для академических лицеев и кратко поясним его согласно формуле Планка [1].

Гипотеза “Квант света” была выдвинута А. Эйнштейном в 1905 г. при изучении фотоэффекта [2, 3]. В первом абзаце этого раздела [2] дается определение для понятия “Тепловое излучение” и отмечается, что оно было введено Кирхгофом на основе понятия “Абсолютно черное тело” и таких понятий, как светоизлучающая и светопоглощающая способность тел [3].

Планк только ввел понятие “Квант энергии” или “Квант”. Словом, эта тема несколько подробнее изучается в академических лицейских учебниках, но мы считаем, что для учащихся было бы хорошо, если бы авторы учебника использовали конкретные данные из литературы при изложении фактов об истории физики [4].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Известно, что существуют определенные требования к изучению этого предмета в курсах физики академических лицеев, но основная цель состоит в том, чтобы установить требования к последовательности и этапности в изучении данного предмета. На каждом этапе познания учащихся математическая подготовка, организация обучения с учетом уровня логического мышления и усиление стремления и интереса учащихся к познанию тайн физики служит повышению качества образования и подготовке более зрелых специалистов.

На старших курсах академических лицеев, желательно раскрыть законы излучения абсолютно черного тела глубже, при этом важно раскрыть физическое

содержание на основе математических доказательств, обосновать необходимость преподавания данного предмета при подготовке специалистов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Первоначально внимание было сосредоточено на объяснении модели абсолютно черного тела, причем модель представлялась полый полостью, окруженной абсолютно непроницаемыми стенками.

При этом, если в стенке рассматриваемого резонатора открыть достаточно малую щель ($d \approx \lambda$), то даже при выходе излучения через эту щель баланс внутри резонатора не будет нарушен, и излучение, введенное в резонатор через щель, будет полностью поглощаться из-за многократного отражения. Внутри полости устанавливается статистическое равновесие. Таким образом, отверстие с очень маленькой щелью называется моделью абсолютно черного тела. Излучение абсолютно черного тела представляет собой сбалансированное излучение и систему стоячих волн, поляризованных в определенном направлении и имеющих разные частоты. Каждая стоячая волна, как и колеблющийся осциллятор при $E = kT$ имеет соответствующую энергию. В этом случае получается выражение закона Рэлея-Джинса. На основе аналогичных соображений получается формула Вина, дающая правильные результаты в области высоких частот [5, 6].

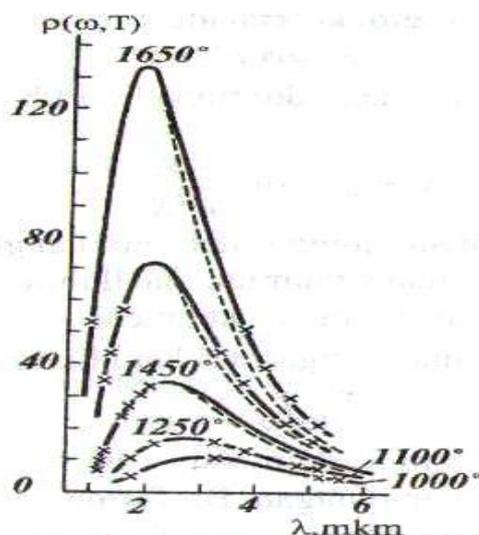


Рисунок 1. Внешний вид спектра излучения абсолютно черного тела при разных температурах.

Figure 1. Appearance of the radiation spectrum of a black body at different temperatures.

Для объяснения кривой зависимости спектральной плотности $\rho_{\omega}(T)$ абсолютно черного тела от частоты (длины волны) необходимо введение новых представлений, принципиально отличных от представлений классической физики [5, 6] (см. рисунок 1).

Планк решает проблему излучения абсолютно черного тела, используя модель осцилляторов, которые взаимодействуют с излучением и колеблются вокруг равновесного состояния механизма, создающего равновесие теплового излучения. При теоретическом определении и обосновании спектральной плотности излучения абсолютно черного тела Планк, исходя из дискретности энергетического спектра, предположил, что энергетическое распределение числа осцилляторов соответствует распределению Больцмана, и получил следующую формулу:

$$\rho_{\omega}(T) = \frac{\hbar \omega^3}{\pi^2 c^3} \frac{1}{\exp\left(\frac{\hbar \omega}{kT}\right) - 1}.$$

Все формулы и законы теплового излучения абсолютно черного тела, т.е. формула Рэлея-Джинса, формула Вина, законы Стефана-Больцмана выводятся и доказываются из формулы Планка [5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ литературы, используемой для преподавания в академических лицах, показывает, что авторы учебной литературы не следовали последовательности в преподавании этого предмета на других (более ранних) образовательных ступенях. Для совершенствования условий преподавания нами вносятся следующие предложения:

- в академических лицах необходимо формирование математической базы на основе доступной литературы, пригодной как для возраста, так и умственных способностей учащихся;
- для отражения физической природы изучаемых материалов считаем уместным сосредоточиться на разработке требований и обеспечении того, чтобы новая литература по данному предмету создавалась в соответствии с вышеуказанными требованиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Грачёв А.В., Погожев В.А. и др. Физика 11 класс. Учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений. Т.: Низо Полиграф; 2018. 192.
- [2] Олмасова М.Н. Физика, оптика, атомная и ядерная физика. Т.: Издательство им. Чолпона; 2010: 200-234.
- [3] Милантьев В.П. История возникновения квантовой механики и развитие представлений об атоме. М.: Книжный дом "Либроком"; 2009: 67-96.
- [4] Ахмедова Г., Маматкулов О.Б., Холбоев И. Атомная физика. Т.: Истикляль; 2013: 12-27.
- [5] Блохинцев Д.И. Квантовая механика. М.: Наука; 1986: 6-22.
- [6] Мусаханов Д.И., Рахматов А.С. Квантовая механика. Т.: Тафаккур Бостони; 2011: 200-209.

REFERENCES

- [1] Grachyov A.V., Pogochev V.A. i dr. Fizika 11 klass. Uchebnik dlya 11 klassa obshcheobrazovatel'nyh uchrezhdenij. T.: Nizo Poligraf; 2018. 192.
- [2] Olmasova M.N. Fizika, optika, atomnaya i yadernaya fizika. T.: Izdatel'stvo im. CHolpona; 2010: 200-234.
- [3] Milant'ev V.P. Istoriya vozniknoveniya kvantovoj mekhaniki i razvitie predstavlenij ob atome. M.: Knizhnyj dom "Librokom"; 2009: 67-96.
- [4] Ahmedova G., Mamatkulov O.B., Holboev I. Atomnaya fizika. T.: Istiklyal'; 2013: 12-27.
- [5] Blohincev D.I. Kvantovaya mekhanika. M.: Nauka; 1986: 6-22.
- [6] Musahanov D.I., Rahmatov A.S. Kvantovaya mekhanika. T.: Tafakkur Bostoni; 2011: 200-209.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Саттаркулов Камил Рахматович,
Гулистанский государственный университет,
Гулистан, Узбекистан
e-mail: sattarkulov73@mail.ru

Kamil R. Sattarkulov, Gulistan State
University, Gulistan, Uzbekistan

Статья поступила в редакцию 04.03.2023; одобрена после рецензирования 15.03.2023; принята к публикации 20.03.2023.

The article was submitted 04.03.2023; approved after reviewing 15.03.2023; accepted for publication 20.03.2023.