

Об одном улучшении закона излучения Вина.

М. Планк
 Берлин
 (Получено 1900)

— — ◊ ◊ ◊ — —

Русский перевод взят из сборника: М. Планк “Избранные научные труды”, стр. 249, под редакцией А.П. Виноградова

— — ◊ ◊ ◊ — —

Интересные результаты, относящиеся к измерению длинноволновой части спектра излучения, о которых г-н Курльбаум сообщил на сегодняшнем заседании и которые были получены им и г-ном Рубенсом, убедительно подтверждают утверждение Луммера и Прингсхейма, основывающееся на их наблюдениях, что закон распределения энергии в спектре Вина справедлив не всегда, в отличие от того, что представлялось многим вплоть до последнего времени; он скорее носит характер предельного случая, применимого в простой форме лишь в области коротких длин волн и низких температур.¹ Поскольку я сам на заседаниях этого общества высказывал ту точку зрения, что закон Вина необходимо должен быть справедлив, мне, быть может, будет позволено пояснить соотношение между электромагнитной теорией излучения, развитой мною, и экспериментальными данными.

В соответствии с этой теорией закон распределения энергии излучения определен постольку, поскольку известна зависимость энтропии S линейного резонатора, взаимодействующего с излучением от колебательной энергии U . В моей последней работе по этому вопросу² я, однако, установил, что закон возрастания энтропии сам по себе еще недостаточен для полного определения этой функции. Моя точка зрения о том, что закон Вина существенно не ограничен, основывалась на соображениях, вытекающих из оценки бесконечно малого возрастания энтропии системы n одинаковых резонаторов в стационарном поле излучения, которую я произвел двумя различными методами и которая привела к уравнению

$$dU_n \cdot \Delta U_n \cdot f(U_n) = n dU \cdot \Delta U \cdot f(U),$$

где

$$U_n = nU \quad \text{и} \quad f(U) = -\frac{3}{5} \frac{d^2 S}{dU^2}.$$

¹Г-н Пашен писал мне, что он также обнаружил недавно отклонения от закона Вина.

²M. Planck. Ann. Phys., 1900, 1, 730.

Отсюда выражение закона Вина принимает вид

$$\frac{d^2 S}{dU^2} = \frac{\text{const}}{U}.$$

Выражение, стоящее в правой части этого функционального уравнения, и есть упомянутое выше изменение энтропии, поскольку n одинаковых процессов протекают независимо друг от друга и изменения их энтропии поэтому должны просто складываться. Я смог рассмотреть, однако, еще одну возможность, хотя ее и не так легко себе представить и, во всяком случае, трудно проверить. А именно, было показано, что выражение, стоящее в левой части вышеприведенной формулы, не имеет того общего значения, которое я с ним связывал ранее; иначе говоря, что величины U_n , dU_n , и ΔU_n сами по себе несущественны для определения рассматриваемого изменения энтропии, но что для этого необходимо знать значение самой энергии U . В связи с этим, я в конце концов приступил к построению произвольных уравнений для энтропии, которые, хотя и выглядели более сложными, чем формула Вина, все же представлялись удовлетворяющими всем требованиям термодинамики и электромагнитной теории.

Особенно привлекательно одно из построенных мною выражений, которое почти так же просто, как и формула Вина, и заслуживает рассмотрения, поскольку эта формула недостаточна для того, чтобы охватить всю область наблюдаемых величин. Мы получим это выражение, полагая³

$$\frac{d^2 S}{dU^2} = \frac{\alpha}{U(\beta + U)}.$$

Это самое простое из всех соотношений, которые приводят к выражению S как логарифмической функции U , получается из вероятностных соображений и, кроме того, для малых значений β дает формулу Вина. Используя

$$\frac{dS}{dU} = \frac{1}{T}$$

и закон смещения Вина⁴ получим формулу, содержащую две константы:

$$E = \frac{C\lambda^{-5}}{e^{c/\lambda T} - 1},$$

Эта формула, насколько я могу сейчас судить, соответствует экспериментальным данным, опубликованным к настоящему времени, в той же мере удовлетворительно, как и лучшие выражения, а именно данные Тизеном⁵

³Я использую вторую производную S и U , поскольку эта величина имеет простое физическое истолкование.

⁴Закон смещения Вина имеет вид $S = f(U)/\nu$, где ν – частота резонатора, как это будет показано в другом месте

⁵M. Thiesen. Verhandl. Dtsch. phys. Ges., 1900, 2, 67. Из этой работы можно усмотреть, что г-н Тизен предложил свою формулу до того, как господа Луммер и Прингсхейм распространили свои измерения на область длинных волн. Я подчеркиваю это обстоятельство, поскольку я сделал противоположное утверждение (Ann. Phys., 1900, 1, 719) до того, как эта работа была опубликована.

Луммером и Янке⁶ и Луммером и Прингсхеймом.⁷ Это будет проиллюстрировано некоторыми численными примерами.

Поэтому я полагаю возможным обратить ваше внимание на приведенную новую формулу, которую я считаю наипростейшей (не считая формулы Вина) – с точки зрения электромагнитной теории излучения.

⁶O. Lummer, E. Jahnke. Ann. Phys., 1900, 3, 288.

⁷O. Lummer, E. Pringshein. Verhandl. Dtsch. phys. Ges., 1900, 2, 174.