

ФТФ 215
Кафедра физики

Лабораторная работа 3.2
Экспериментальное изучение законов
теплового излучения

Выполнил:
студент гр. ФФ-20-03
Полосовский А. П.

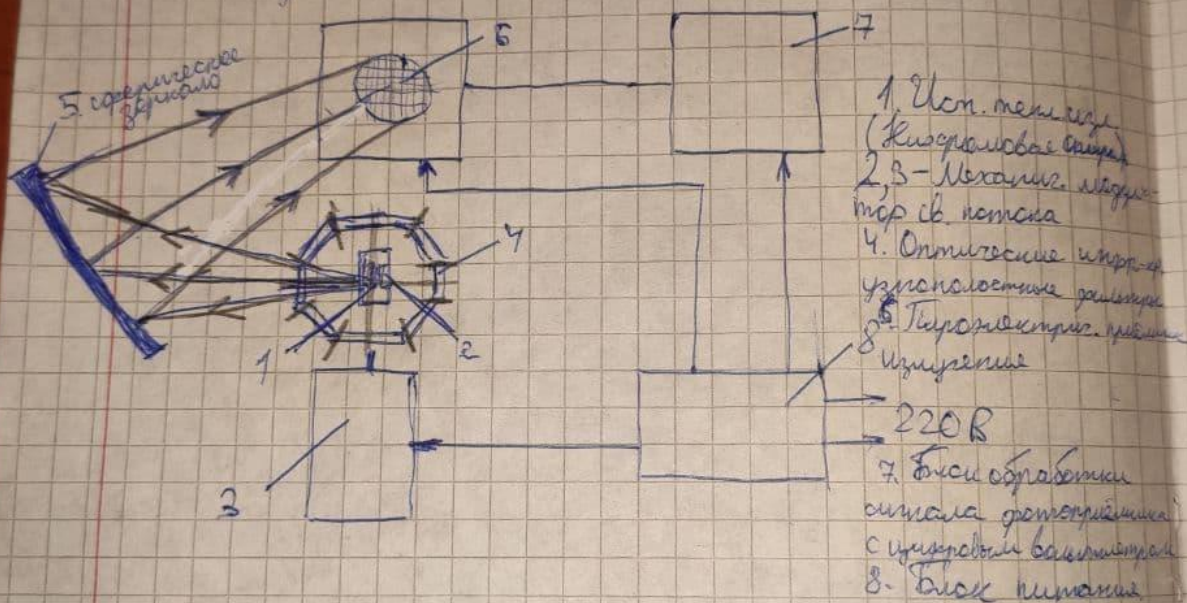
Принял:
ассистент-каф. физики
Андреев Е. В.

Минск 2020

Цели работы:

1. Изучить основные законы равновесного излучения
2. Построить спектральные кривые излучательной способности нагретой платиновой спирали при различных фиксированных температурах
3. Проверить закон смещения и закон Стефана-Больцмана

Схема установки:



Экспериментальные данные:

сечение

от
гидроузла

поперечного

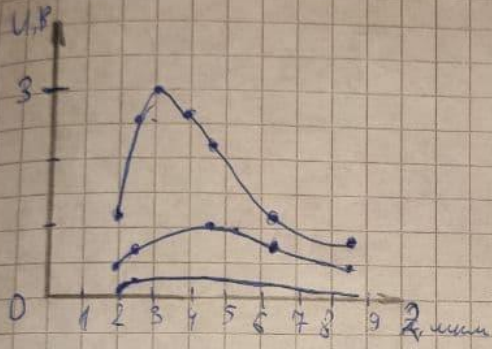
№	1	2	3	4	5	6	7	8
R_{max}	208	25	32	39	454	6,2	8,5	2+20
$U(D)R$	1,3	2,91	2,84	2,82	2,22	1,34	0,7	5,07
$U(T)R$	0,34	0,65	1,02	1,16	1,09	0,76	0,42	8,25
$U(S)R$	0,07	0,18	0,33	0,78	0,54	0,76	0,29	1,22

из
гидроузла

поперечного

сечения

поперечного



или

сечение

поперечного

сечения

i	$T_{расч}$	U_{R-i}	$U_{R-i} T_{расч}$	$U_{R-i} T_{расч} / T_{расч}$	$\eta_i, \%$
1	985	2,94	3,12	3,39	7,96
2	743	1,16	3,80		12,09
3	638	0,54	3,25		4,12

L	$T_{L,K}$	λ_{mi}	$T_{расч}$	$\eta, \%$
1	900	$3,22 \cdot 10^{-6}$	905	0,5
2	740	$3,91 \cdot 10^{-6}$	743	0,4
3	680	$4,6 \cdot 10^{-6}$	638	1,28

Ввод. По полученным данным мы построили спектральную излучательную способность. На графике кривая построена по экспериментальным данным, как и теоретическая. Видно, что при повышении температуры АЧТ, максимум его излучательной способности смещается в сторону коротких длин волн, такое явление называется законом смещения Вейна, закон Вейна. Также мы экспериментально измерили величину ϵ_{λ} и выяснили соотношение $\epsilon_{\lambda} = \frac{R_{\lambda}}{a_{\lambda}}$ для каждого из температур. Сравнили величины ϵ_{λ} они оказались примерно равными, поэтому можно утверждать, что по этому закону Стефана-Больцмана и излучения АЧТ выполняется.

1. Закон Кирхгофа для теплового излучения определяет отношение спектральной плотности э. светимости к излучательной способности тела как не зависящее от формы и природы тела функции расстояния и температуры (λ, T) универсальной для всех тел.

$$\frac{R(\lambda, T)}{a(\lambda, T)} = f(\lambda, T), \text{ где}$$

$R(\lambda, T)$ — э. светим., или, излучательная а-ть тела
 $a(\lambda, T)$ — излучат. способность тела

Для абсолютно-черного тела, в отличие от тел вступ-се в равновесие с окружающей средой, функция $f(\lambda, T)$ совпадает с $R(\lambda, T)$ (излуч. способностью), в виду того, что АЧТ поглощает все падающее на него излучение, т.е. $a(\lambda, T) \rightarrow 1$. Реальные тела имеют излучательную способность меньшую 1, а, значит, меньше, чем у АЧТ, излуч. способ.

В общем случае, излучательная, а, а-ть, излуч. способ-ти тел зависят от расстояния и температуры. Из закона Кирхгофа можно определить энергию светимости излучения тела как: $R_T = \int_0^\infty a_{\lambda, T} \cdot f_{\lambda, T} \cdot d\lambda$

1. Сформулировать закон Кирхгофа для теплового излучения словами и формулой. Как этот закон будет выглядеть для абсолютно черного тела? Каков физический смысл универсальной функции Кирхгофа?

2. Применение к тепловому излучению квантового равновесия энергии по степеням свободы Рэлея и Джинса получили выражение для зависимости спектральной плотности энергетической светимости $\rho(\nu, T)$ черного тела от частоты света:

$$(1) \quad \rho(\nu, T) = \frac{\nu^2}{4\pi^2 c^2} \langle \epsilon \rangle = \frac{\nu^2}{4\pi^2 c^2} \cdot kT, \text{ где}$$

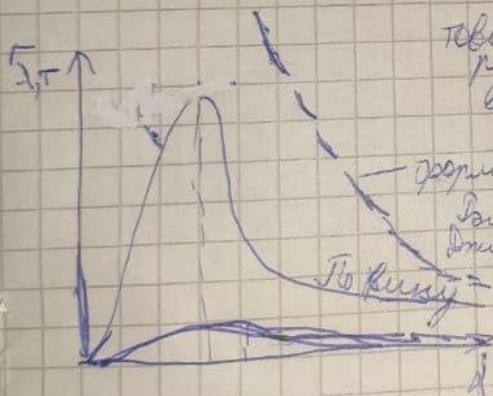
$\langle \epsilon \rangle = kT$ — ср. энергия осциллятора с собственной частотой ν (осциллятор — стоячая волна, борющаяся в пространстве между двумя стенками).

$$(2) \quad \rho(\nu, T) = \frac{2\pi \nu^2}{c^2} kT$$

(2)

Рэлея рассматривает равновесие излучения в замкнутой полости с зеркальными стенками как совокупность стоячих электромагнитных волн, т.е. осцилляторов.

Формула Рэлея-Джинса согласуется с экспериментом только в области высоких температур и малых частот, которые соответствуют длинноволновой области. Попытка применить закон Ст.-Больцмана из Больц-Больцмана приводит к абсурдному результату — «ультрафиолетовой катастрофе», $\rho(\nu, T)$ — неограниченно растет, достигая ∞ в ультрафиолете, в то время как по закону Стефана-Больцмана эн. светимости R_2 конечна.



Дело в том, что в теории Рэлея-Джинса излучение в полости имеет бесконечное число степеней свободы, а следовательно, бесконечная энергия. Если основываться на классической теории равновесия энергии по степеням свободы, то при тепловом равновесии вся энергия должна быть сосредоточена в излучении.

энергии по степеням свободы, то при тепловом равновесии вся энергия должна

2. Что описывает формула Рэлея - Джинса? Что называют «Ультрафиолетовой катастрофой»? Как связана формула Рэлея - Джинса с «ультрафиолетовой катастрофой»? Кто и как нашел решение данного парадокса?