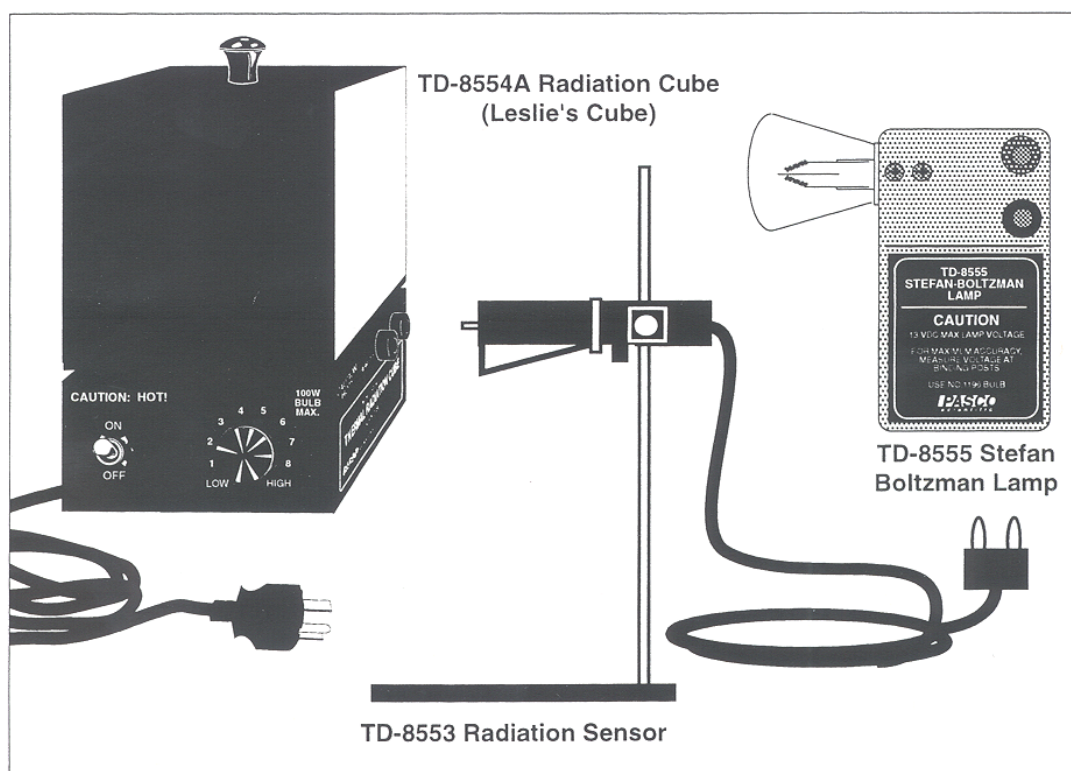


**PASCO** 物理组合实验系列

# 热辐射组合实验

乔卫平 编译



上海交通大学物理实验中心

# 目 录

引言.....	I
实验 1 热辐射基础.....	1
实验 2 辐射的反平方定律.....	3
实验 3 Stefan-Boltzmann 定律.....	5
实验 4 低温下的 Stefan-Boltzmann 定律.....	7

## 引言

这套热辐射组合实验主要有三部分仪器组成，TD8553 辐射传感器，TD8554 辐射立方体和 TD8555，Stefan-Boltzmann 灯，共组成 4 个实验。

### 一. 辐射传感器

可用来测量  $\lambda$  射热辐射的相对强度，感应元件为一热电偶，输出的电压正比于辐射强度，主要感应红外辐射（ $\lambda = 0.5 \mu\text{m} \sim 40 \mu\text{m}$ ），电压可达 100mV。（需配置毫伏表）

传感器可手持或固定铁架上。实验时，若不测量热辐射，需将遮光器将其盖上，否则影响测量精度。

**其主要参数为**

1. 测温区域：-65~80°C
2. 最大  $\lambda$  射功率：0.1W/cm<sup>2</sup>
3. 感应范围：0.6~30  $\mu\text{m}$
4. 线性范围：10<sup>-6</sup>~10<sup>-1</sup>W/cm<sup>2</sup>

### 二. 辐射立方体

辐射立方体，内装有一灯泡，体内温度最大可调至 120°C 左右。立方体有四个不同表面可供研究，其温度可用与之相连的传感器（接欧姆表）输出的电阻值查得。对应表见立方体下部。

### 三. Stefan-boltzmann 灯

此灯主要提供高温热辐射，其原理及主要参数见 Stefan-Boltzmann 实验。

# 实验 1 热辐射基础

## 实验仪器

热辐射立方体（源）  
毫伏表

欧姆表  
辐射传感器

## 实验原理

这里用的辐射传感器对红外线比较敏感。 $(\lambda = 0.5 \mu\text{m} \text{---} 40 \mu\text{m})$ 其感应后的辐射电压正比于辐射强度，通过对辐射电压的测量可定性地了解不同辐射源的辐射状况。本实验使用立方辐射体作为辐射源，立方辐射体有四个不同的粗糙面可作研究对象，同时辐射体的温度可从室温调至  $120^\circ\text{C}$ 。(温度与电阻关系可参见附表对照，立方辐射体上亦有)

## 实验内容

### 一. 不同表面的辐射率。

#### 1. 实验步骤

- (1) 红外传感器接毫伏表，辐射源接欧姆表，(参见图 1)
- (2) 打开电源，加热辐射体，欧姆表读的  $< 40\text{K}\Omega$  时，将强度调至 5.0。
- (3) 热平衡后，欧姆表大致不动。用传感器对不同的表面各测一次，(注意：传感器的前端与辐射体表面接触，以保证各表面测量距离相等)。记下电压及相关数据于表 1。
- (4) 分别将辐射体强度升至 6.5, 8.0, 10.0, 重复 (3) 工作。

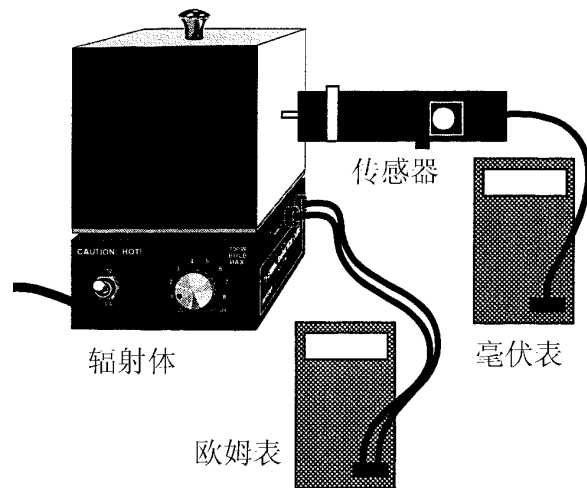


图 1

表 1

功率	5.0	6.5	8.0	10.0
电阻				
温度				
表面	输出电压	输出电压	输出电压	输出电压
白面				
黑面				
光面				
粗糙面				

## 二. 热辐射的吸收和透射

### 1. 实验步骤

- (1) 传感器置于离辐射体黑面 5cm 处，读输出电压。
- (2) 将玻璃置于传感器与辐射体间，看输出电压变化。
- (3) 掀开辐射体顶盖，用灯泡直接照射传感器，观察插入玻璃前后的变化。

### 思考题

1. 将四个面按辐射大小的顺序排列，这个顺序和温度有关吗？
2. 按常理，吸收好的物体辐射性能也好，你的结果与之相符吗？
3. 温度相近的不同物体辐射量相同吗？
4. 你能找出有效阻挡辐射的物体吗？
5. 关于穿透玻璃时热损失，实验说明什么？

## 实验 2 辐射的反平方定律

### 实验仪器

Stefan-Boltzmann 灯（以下称光源）      电源  
传感计      米尺。

### 实验原理

光源辐射出的是电磁波，属球面波，波幅随距离的平方成反比。

### 实验内容

#### 一. 实验步骤

1. 仪器步置见图 2。

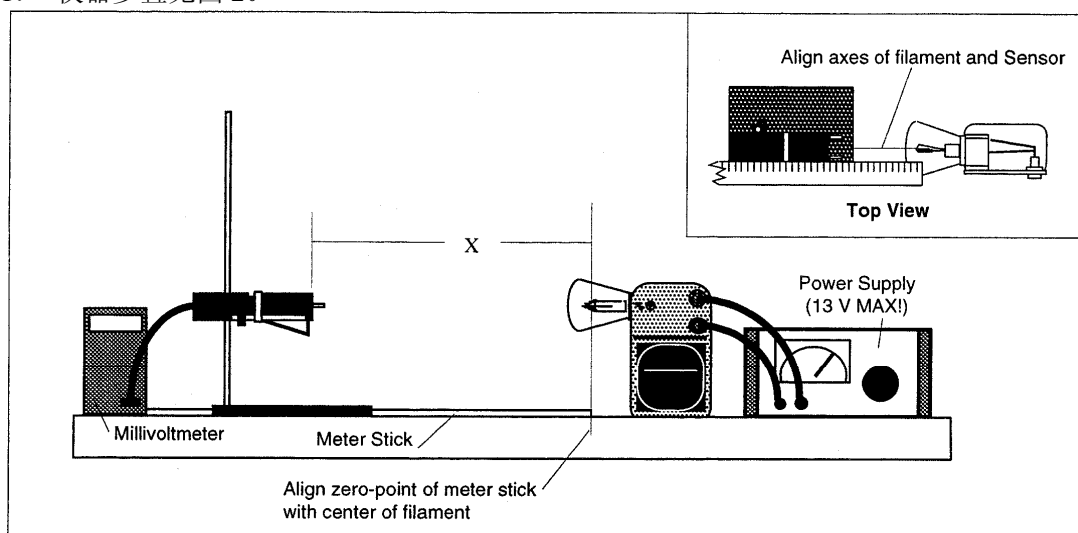


图 2

- (1) 在桌子上放置米尺。
  - (2) 光源放置米尺的一端，灯丝中心和米尺 0 刻度对齐。
  - (3) 调节传感计高度，使其同灯丝处同一轴线上。
  - (4) 连接毫伏计与电源。
2. 电源开关先不开，沿米尺移动传感计，每 10cm 测一数据，求平均值，此为环境辐射，从后测量值与减去此值。
3. 打开电源调至 10 伏。
4. 将以上要测量的数据记录表 2。

#### 二. 实验要求

1. 作热辐射 (mv) —— X 图。
2. 作热辐射 (mv) ——  $1/X^2$  图。

表 2

	环境热辐射(mv)
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	
90	
100	
平均值(mv)=	

X (cm)	总辐射(mv)	$1/X^2(\text{cm}^{-2})$	单辐射(mv)
2.5			
3.0			
3.5			
4.0			
5.0			
6.0			
7.0			
8.0			
9.0			
10.0			
12.0			
14.0			
16.0			
18.0			
20.0			
25.0			
30.0			
35.0			
40.0			
45.0			
50.0			
60.0			
70.0			
80.0			
90.0			
100.0			

**思考题**

1. 两个图哪一个更接近线性，是否在整个范围线性？
2. 反平方定律指出能流密度与距离平方成反比，实验结果与之符合吗？
3. S-B 灯是点光源吗？如果不是，将如何影响结果？

### 实验 3 Stefan-Boltzmann 定律

#### 实验仪器

辐射传感器	伏特表 (0~12 伏)
S-B 灯	毫伏表
欧姆表安培表 (0~3A)	温度计

#### 实验原理

灯温可由电阻  $R = \left(\frac{V}{I}\right)$  确定:

Stefan-Boltzmann 灯可提供高温热辐射, 其

$$T = \frac{R - R_{ref}}{2\alpha R_{ref}} + T_{ref}$$

其中:  $R$ : 温度为  $T$  时的电阻。

$T_{ref}$ : 室温

$R_{ref}$ : 室温下的电阻。

$\alpha$ :  $4.5 \times 10^{-3} (\text{K}^{-1})$

注: 温度一律用绝对温标。

Stefan-Boltzmann 定律将热物体辐射率与绝对温度  $T$  联系在一起。  $q = \sigma T^4$

$$(\sigma = 5.6703 \times 10^{-8} \text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$$

#### 实验内容

##### 一. 实验步骤

1. 按图 3 接线。

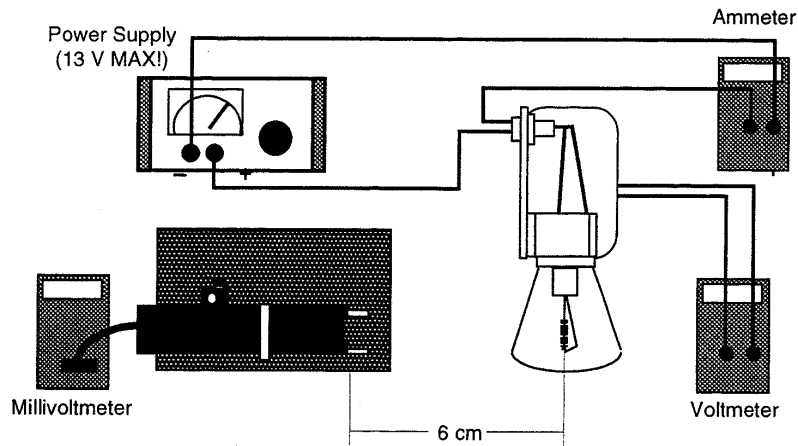


图 3

2. 打开灯前, 先测量  $T_{ref}$ ,  $R_{ref}$  并记录表 3。

3. 打开电源, 使输出电压为 1.0 伏, 2.0 伏……12.0 伏记录相应电流, 热辐射强度, (用毫伏表) 表 3



表 3

$\alpha = 4.5 \times 10^{-3} \text{ (K}^{-1}\text{)}$

K			$R_{\text{ref}} =$			$\Omega$
数据			计算			
V (V)	I (I)	辐射 (mv)	R ( $\Omega$ )	T (K)	$T^4$ ( $K^4$ )	
1.0						
2.0						
3.0						
4.0						
5.0						
6.0						
7.0						
8.0						
9.0						
10.0						

**二. 要求**

1. 列表计算不同电压下的电阻 R, 温度 T,  $T^4$
2. 作热辐射率 Q (mv) ——  $T^4$  ( $K^4$ ) 图
3. 计算斜率

**思考题**

1. Stefan-Boltzmann 只是对理想黑体辐射才完全成立, 灯丝是理想黑体吗?
2. 除灯丝外, 还有哪些辐射源影响精度?

## 实验 4 低温下的 Stefan-Boltzmann 定律

### 实验仪器

辐射传感器

毫伏表

辐射立方体

欧姆表。

### 实验原理

当辐射源（本实验用热辐射立方体）温度不是很高时环境作用不可忽略，尤其是传感器对外也辐射能量，此时，由传感器输出的热辐射强度改写为：

$$Q=S(T^4-T_{\text{ref}}^4)$$

$T_{\text{ref}}$  为室温

### 实验内容

1. 实验步骤自拟。
2. 按实验三的要求讨论。