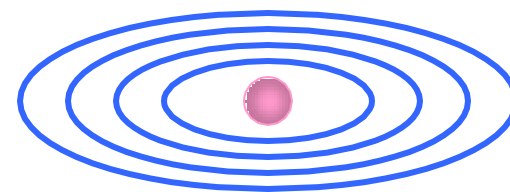
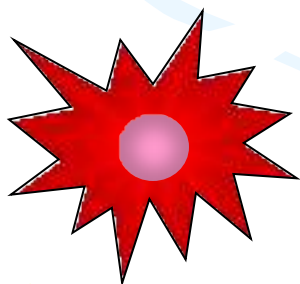


第十三章 量子力学基础

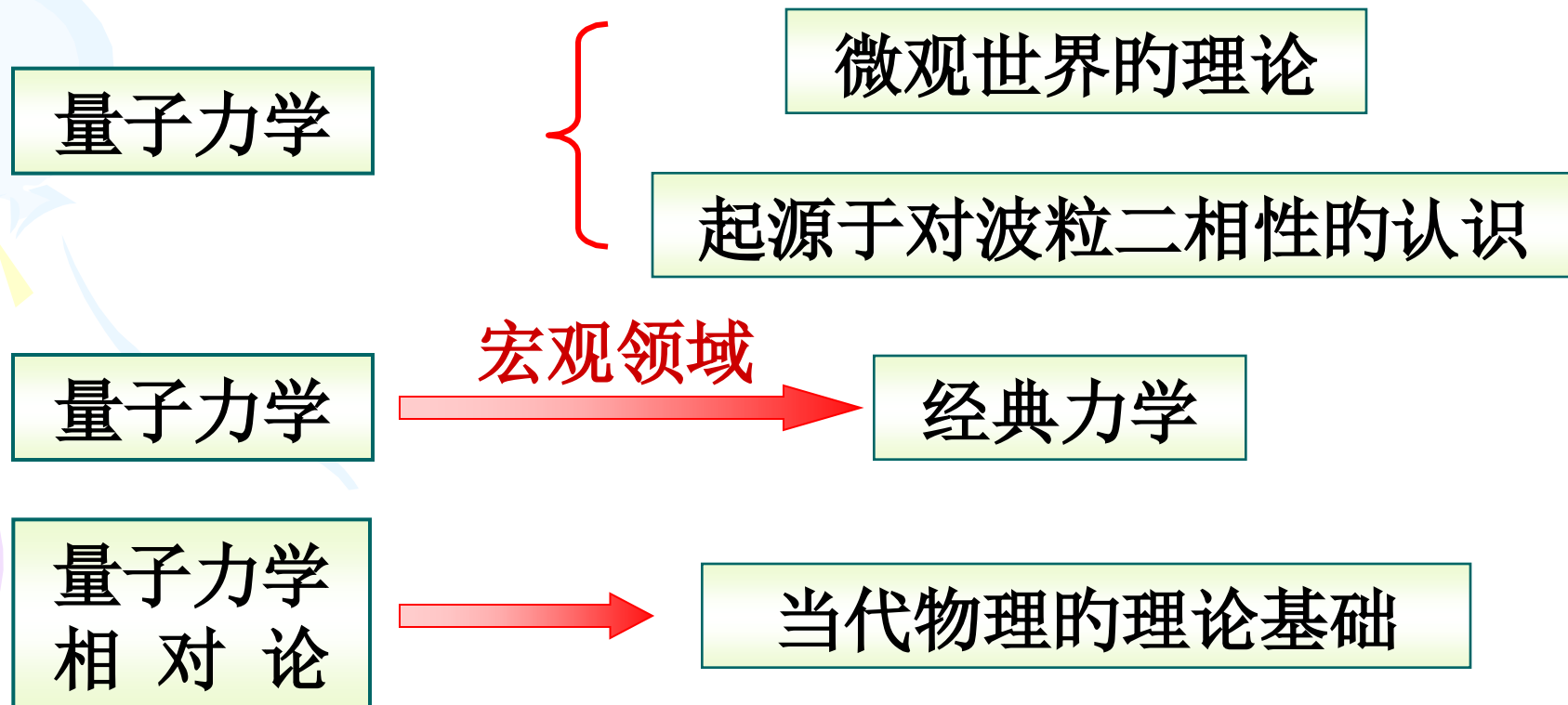


# 教学基本要求

- 一 了解热辐射的有关概念和黑体辐射的有关定律。
- 二 了解普朗克的量子假设，了解爱因斯坦的光量子理论及其对光电效应的解释。
- 三 掌握德布罗意假说的内容和意义。
- 四 了解海森伯不拟定关系的意义。
- 五 了解波函数的概念及其统计解释，了解薛定谔方程极其主要性。

# 第一节 黑体辐射 普朗克量子假设

量子概念是 1900 年普朗克首先提出的，距今已经有一百数年的历史。其间，经过爱因斯坦、玻尔、德布罗意、玻恩、海森伯、薛定谔、狄拉克等许多物理大师的创新努力，到 20 世纪 30 年代，就建立了一套完整的量子力学理论。



## 一 热辐射

(1) 热辐射 试验证明不同温度下物体能发出不同的电磁波，这种能量按**频率**的分布随**温度**而不同的电磁辐射叫做热辐射。

(2) 单色辐射出射度 单位时间内从物体单位表面积发出的波长在  $\lambda$  附近单位波长区间的电磁波的能量。

单色辐射出射度  $M_\lambda(T)$  单位:  $\text{W}/\text{m}^3$

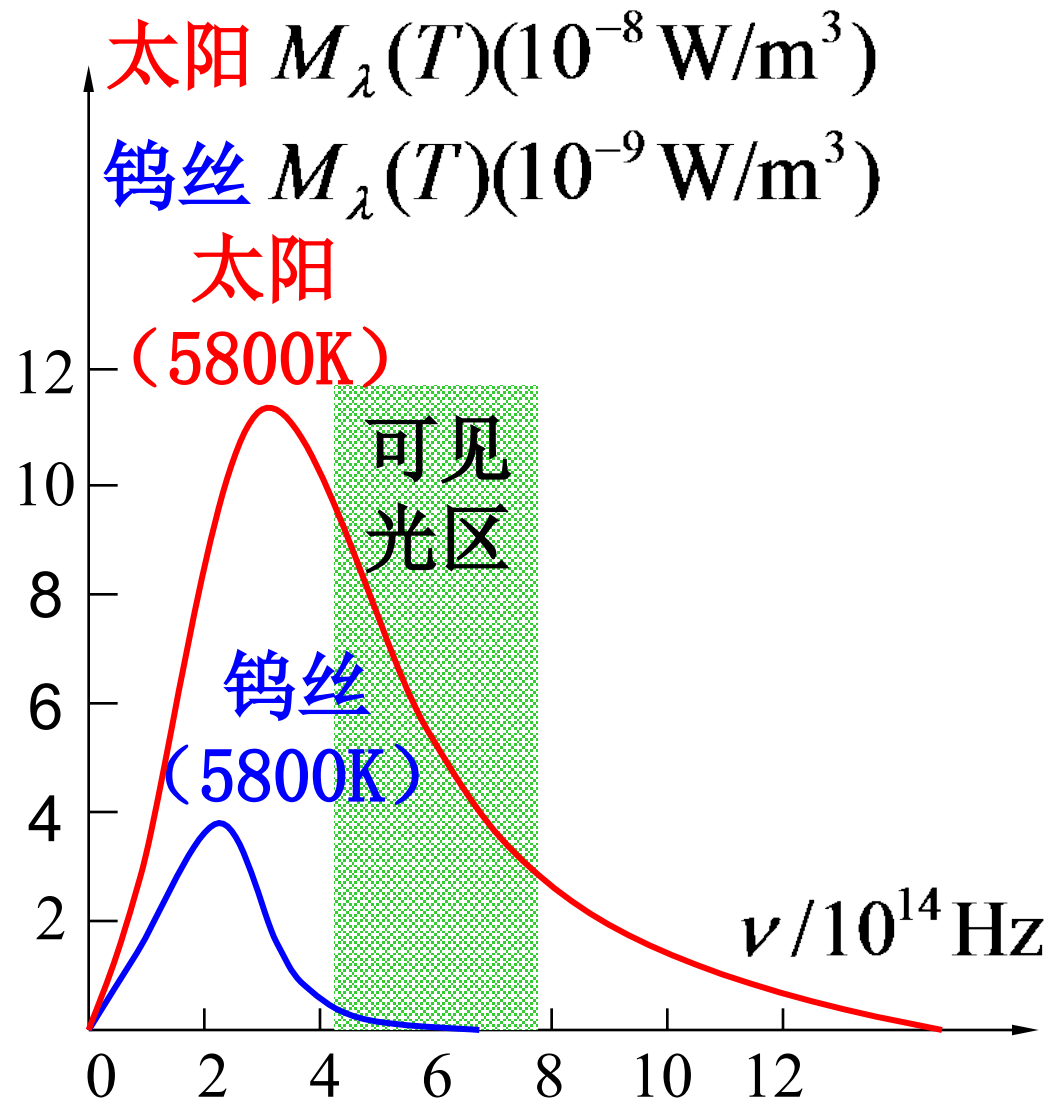
## (3) 辐射出射度

(辐出度)

单位时间，单位面积上所辐射出的各种频率（或多种波长）的电磁波的能量总和。

$$M(T) = \int_0^{\infty} M_{\lambda}(T) d\lambda$$

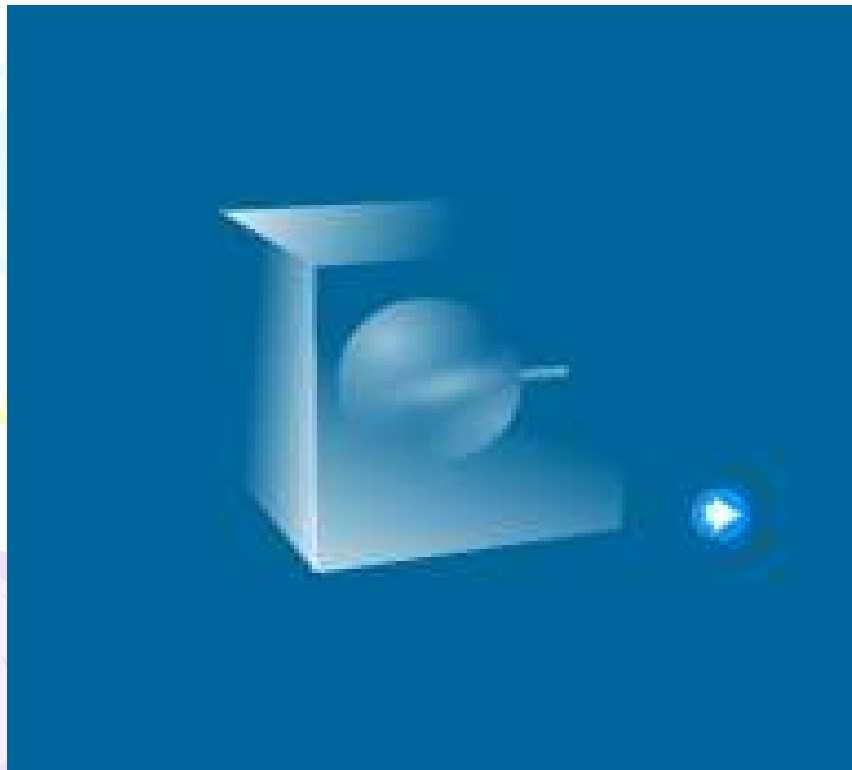
### 钨丝和太阳的单色辐出度曲线



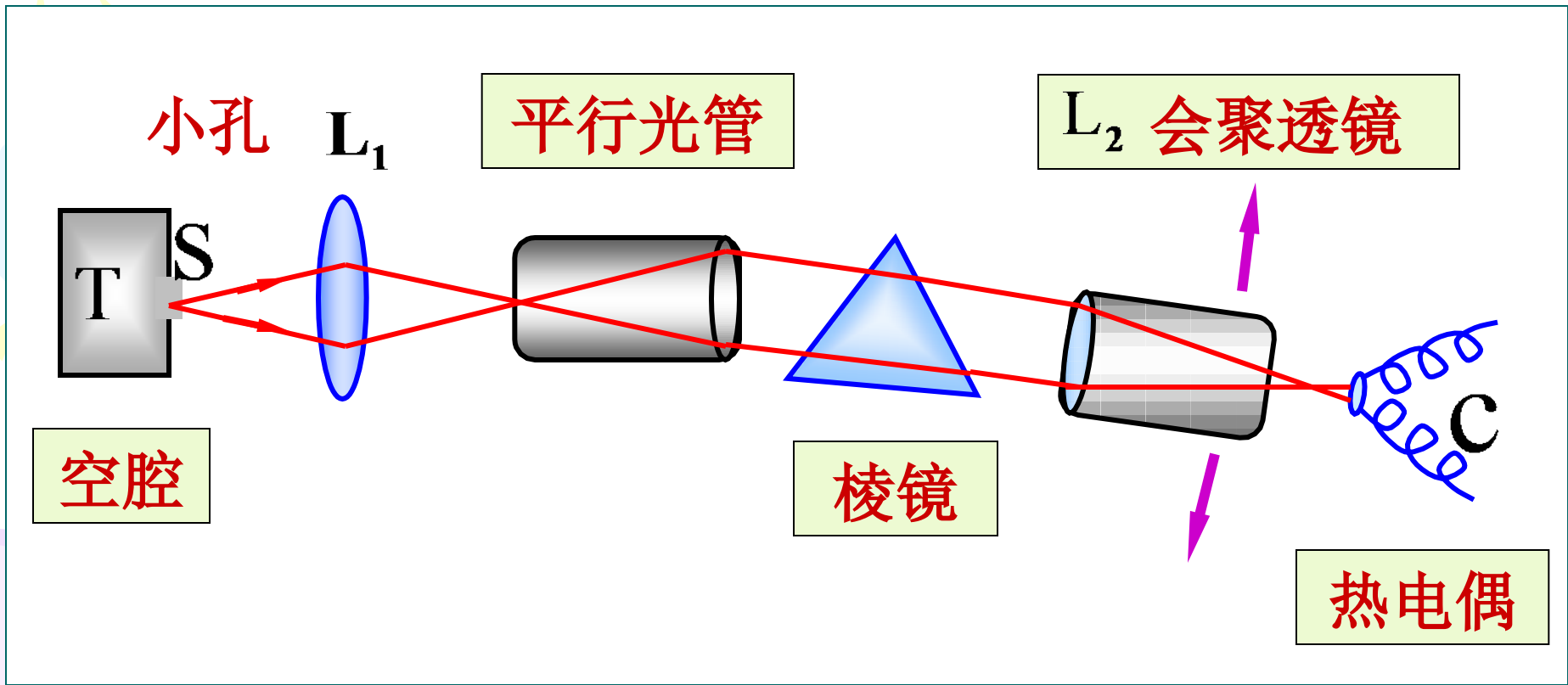
# 第一节 黑体辐射 普朗克量子假设

**试验表白** 辐射能力越强的物体，其吸收能力也越强。

**(4) 黑体** 能完全吸收照射到它上面的多种频率的电磁辐射的物体称为黑体。（黑体是理想模型）



# 测量黑体辐射出射度试验装置



## 二 黑体辐射定律

### (1) 斯忒藩—玻尔兹曼定律

$$M(T) = \int_0^{\infty} M_{\lambda}(T) d\lambda = \sigma T^4$$

斯忒藩—玻尔兹曼常量

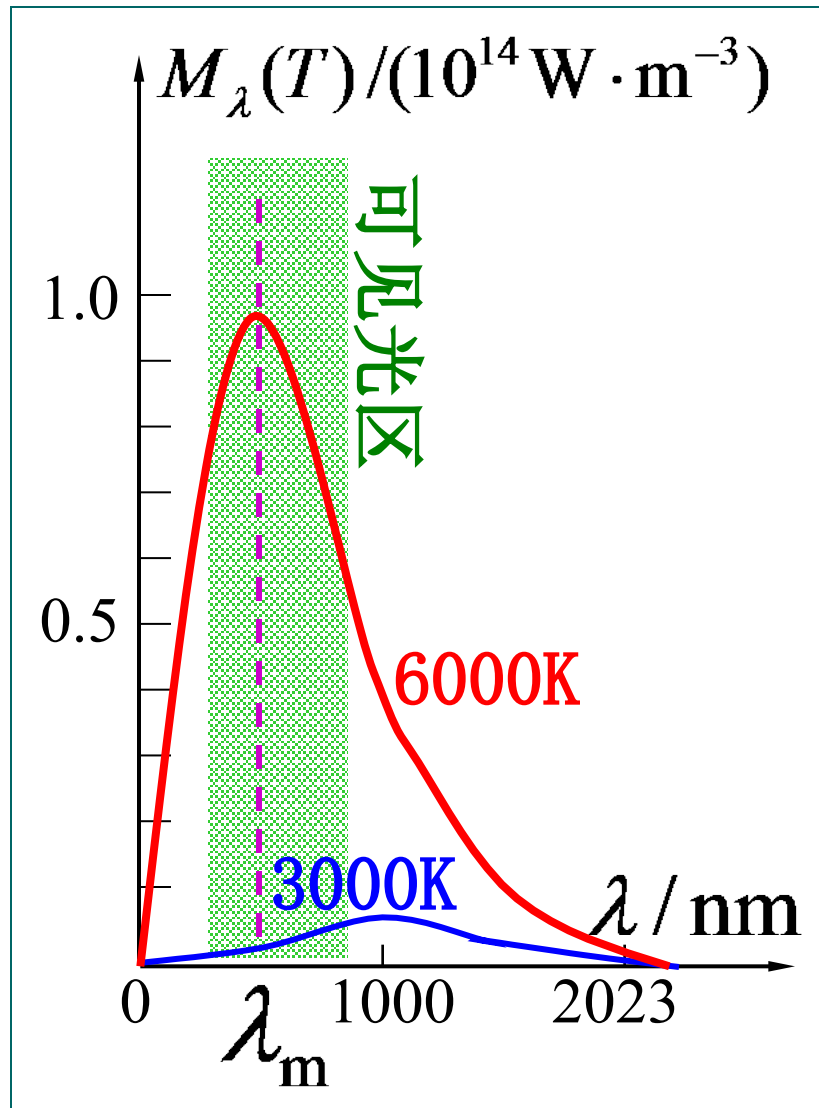
$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$$

### (2) 维恩位移定律

$$\lambda_m T = b$$

峰值波长

$$\text{常量 } b = 2.897 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$





# 第一节 黑体辐射 普朗克量子假设

**例1** (1) 温度为室温(20°C)的黑体, 其单色辐射度的峰值所相应的波长是多少? (2) 若使一黑体单色辐射度的峰值所相应的波长在红色谱线范围内, 其温度应为多少? (3) 以上两辐射度之比是多少?

**解** (1) 由维恩位移定律

$$\lambda_m = \frac{b}{T} = \frac{2.897 \times 10^{-3}}{293} \text{ m} = 9890 \text{ nm}$$

(2) 取  $\lambda_m = 650 \text{ nm}$

$$T' = \frac{b}{\lambda_m} = \frac{2.897 \times 10^{-3}}{6.5 \times 10^{-7}} \text{ K} = 4.46 \times 10^3 \text{ K}$$

(3) 由斯特藩—玻尔兹曼定律

$$M(T')/M(T) = (T'/T)^4 = 5.37 \times 10^4$$



## 第一节 黑体辐射 普朗克量子假设

**例2** 太阳的单色辐出度的峰值波长 $\lambda_m = 483\text{nm}$ ，试由此估算太阳表面的温度。

**解** 由维恩位移定律

$$T = \frac{b}{\lambda_m} = \frac{2.897 \times 10^{-3}}{483 \times 10^{-9}} \text{ K} \approx 6000 \text{ K}$$

对宇宙中其他发光星体的表面温度也可用这种措施进行推测。

除辐射测温外，黑体辐射的规律在当代科学技术和日常生活中有着广泛的应用，例如**红外线遥感**、**红外线追踪**。



## 三 普朗克的量子假设

普朗克以为：金属空腔壁中电子的振动可视为一维谐振子，它吸收或者发射电磁辐射能量时，不是过去经典物理以为的那样能够连续的吸收或发射能量，而是以与振子的频率成正比的

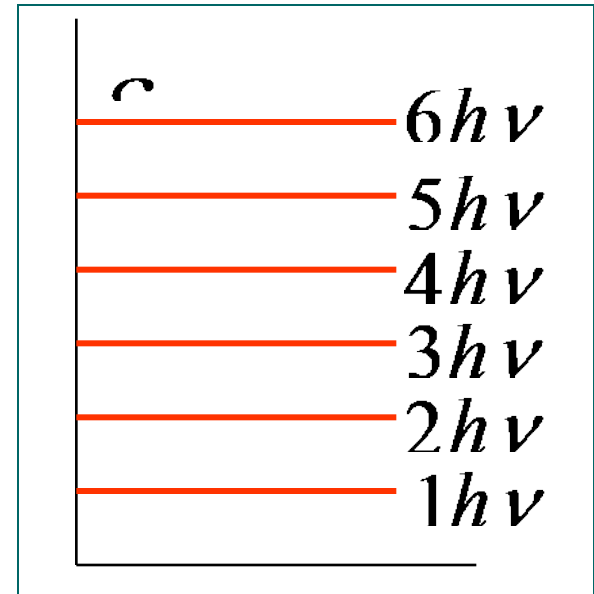
能量子  $\varepsilon = h\nu$  为单元来吸收或发射能量。空腔壁上的带电谐振子吸收或发射能量应为

$$\varepsilon = nh\nu \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

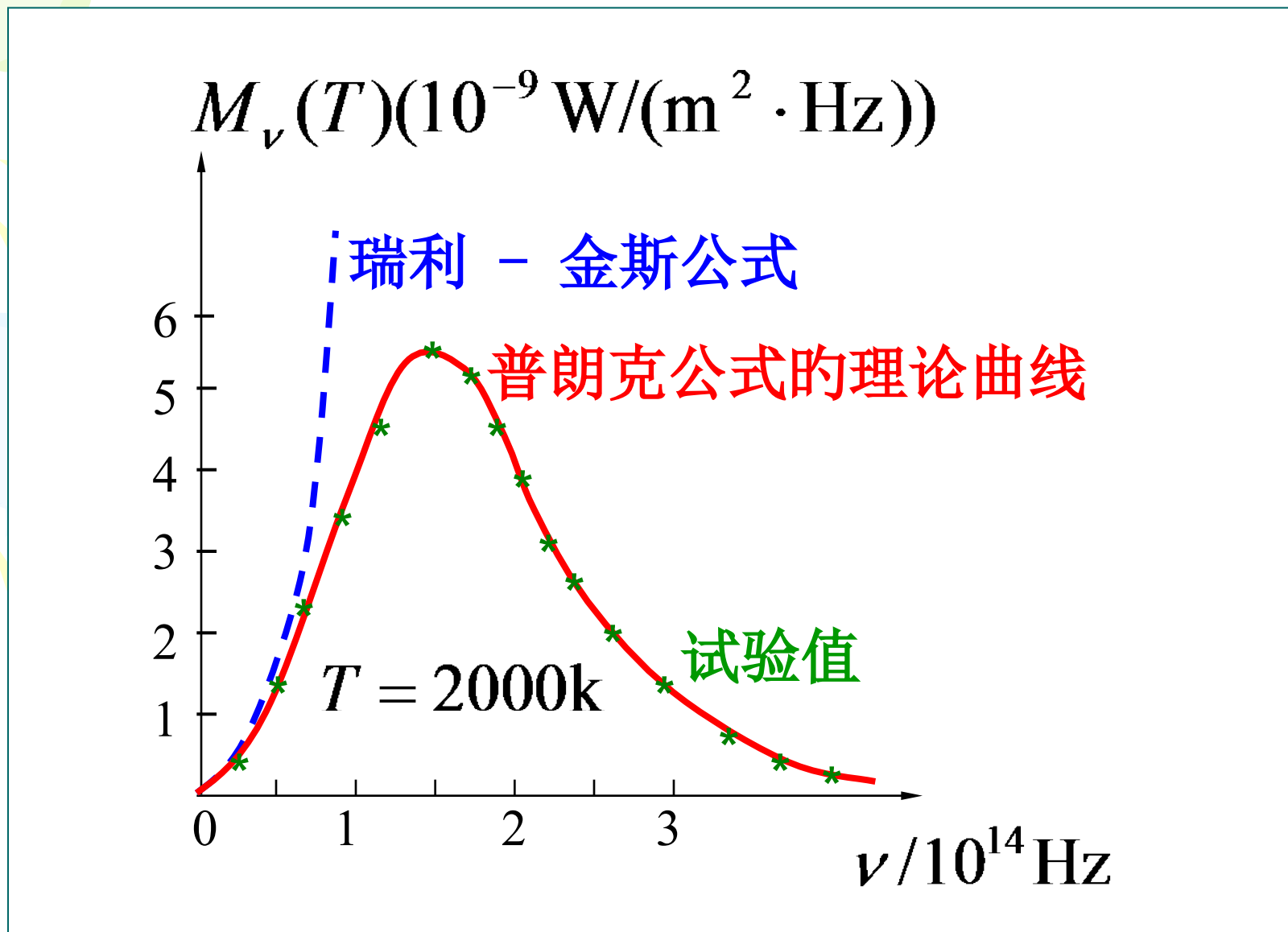
普朗克常量

$$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

普朗克黑体辐射公式  $M_\nu(T) d\nu = \frac{2\pi h}{c^2} \frac{\nu^3 d\nu}{e^{h\nu/kT} - 1}$



# 第一节 黑体辐射 普朗克量子假设



# 第一节 黑体辐射 普朗克量子假设

**例3** 设有一音叉尖端的质量为0.050kg，将其频率调到  $\nu = 480\text{Hz}$ ，振幅  $A = 1.0\text{mm}$ 。求

(1) 尖端振动的量子数；

(2) 当量子数由  $n$  增长到  $n + 1$  时，振幅的变化是多少？

**解 (1)** 
$$E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 = \frac{1}{2} m (2\pi \nu)^2 A^2 = 0.227\text{J}$$

$$E = n h \nu \quad n = \frac{E}{h \nu} = 7.13 \times 10^{29}$$

基元能量  $h \nu = 3.18 \times 10^{-31} \text{ J}$



$$(2) \quad E = nh\nu$$

$$A^2 = \frac{E}{2\pi^2 m \nu^2} = \frac{nh}{2\pi^2 m \nu}$$

$$2A dA = \frac{h}{2\pi^2 m \nu} dn$$

$$\Delta A = \frac{\Delta n}{n} \frac{A}{2} \quad \Delta n = 1$$

$$\Delta A = 7.01 \times 10^{-34} \text{ m}$$

在宏观范围内，能量量子化的效应是极不明显的，即宏观物体的能量完全可视作是连续的。

## 第二节 光电效应 爱因斯坦的光量子论

### 一 光电效应的试验规律

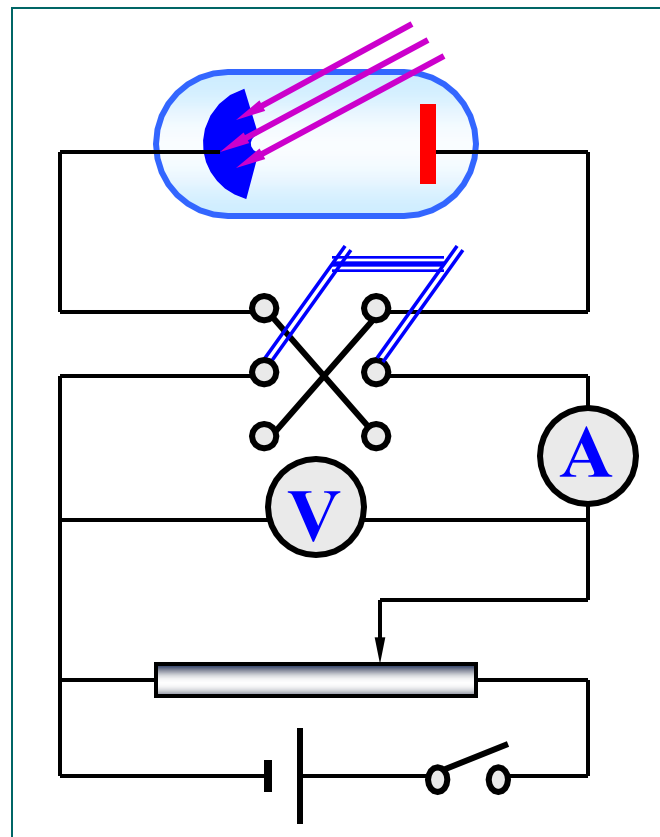
#### (1) 试验装置

光照射至金属表面，电子从金属表面逸出，称其为**光电子**。

#### (2) 试验规律

◆ 截止频率（红限）  $\nu_0$

仅当  $\nu > \nu_0$  才发生光电效应，  
截止频率与**材料有关**与**光强无关**。



几种  
纯金属的  
截止频率

金属	铯	钠	锌	铍	铂
截止频率 $\nu_0 / 10^{14} \text{ Hz}$	4.545	5.50	8.065	11.53	19.29

## 第二节 光电效应 爱因斯坦的光量子论

◆ 遏止电压  $U_0$

$$eU_0 = E_{k \max}$$

遏止电势差与入射光频率具有线性关系.

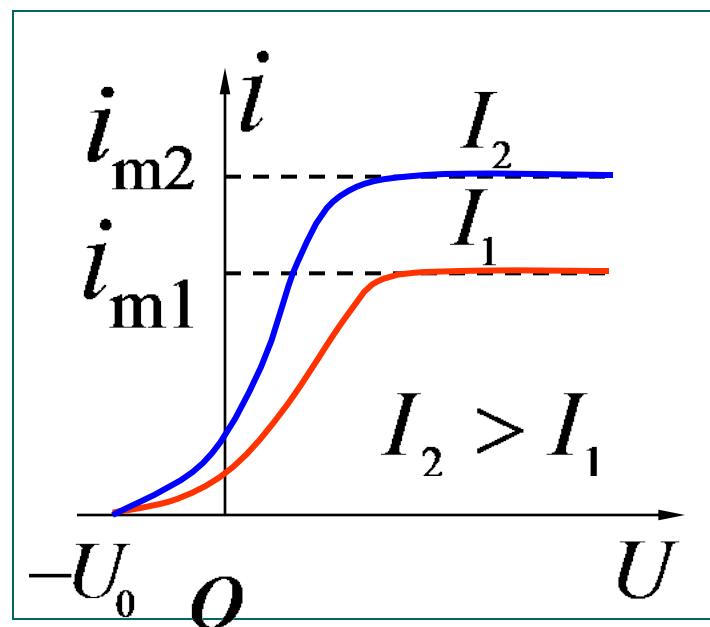
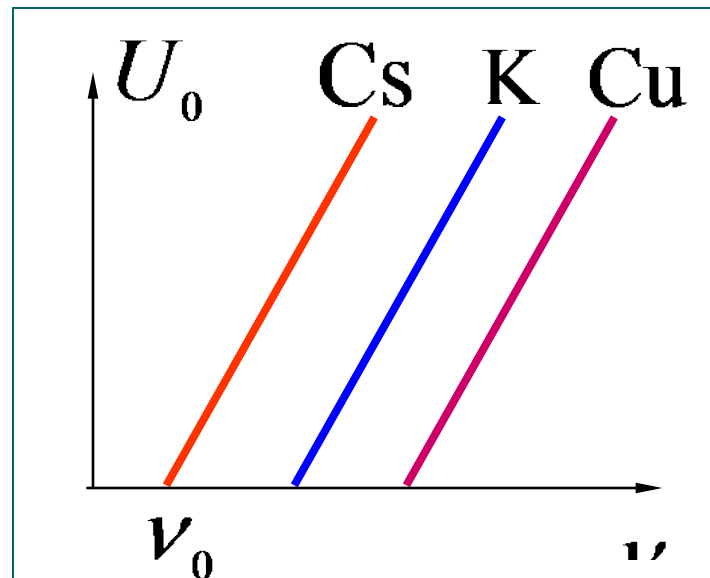
◆ 瞬时性

当光照射到金属表面上时, 几乎立即就有光电子逸出

◆ 电流饱和值  $i_m$

$$i_m \propto I \text{ (光强)}$$

遏止电压  $U_0$  与光强无关





### (3) 经典理论遇到的困难

#### ◆ 红限问题

按经典理论, 不论何种频率的入射光, 只要其强度足够大, 就能使电子具有足够的能量逸出金属. 与实验成果不符.

#### ◆ 瞬时性问题

按经典理论, 电子逸出金属所需的能量, 需要有一定的时间来积累, 一直积累到足以使电子逸出金属表面为止. 与试验成果不符.

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/807034064154006156>