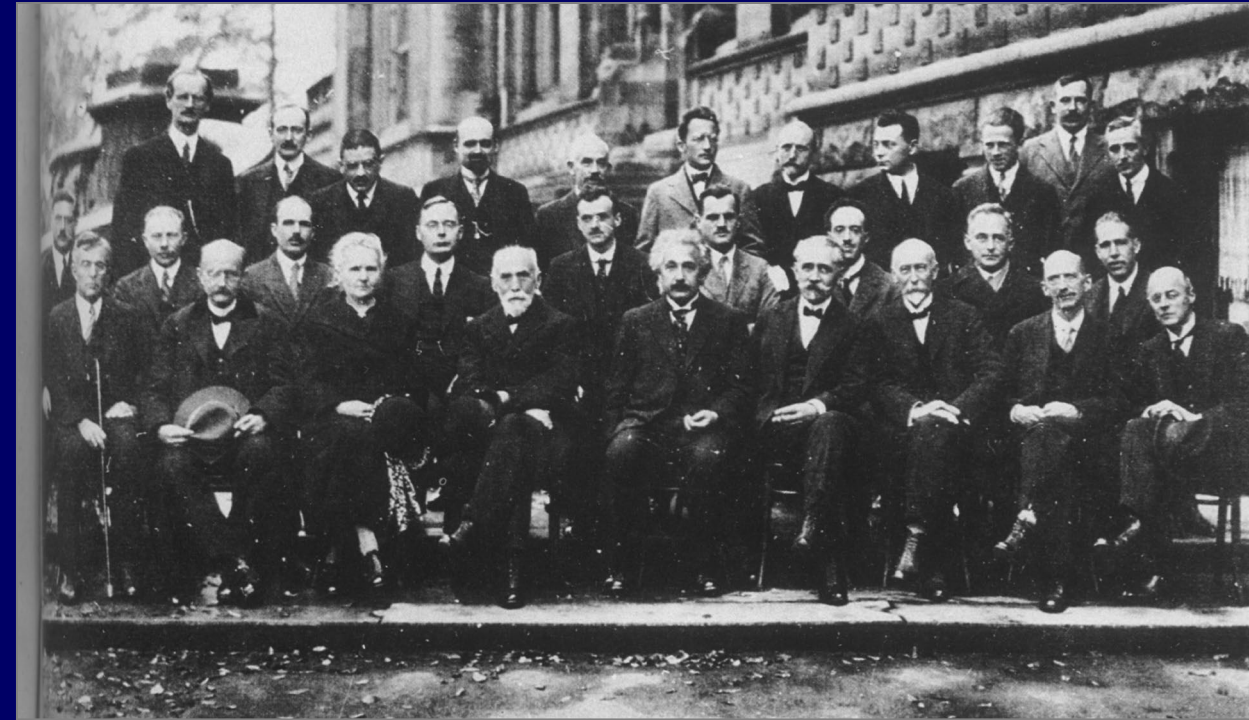


第15章 量子物理基础



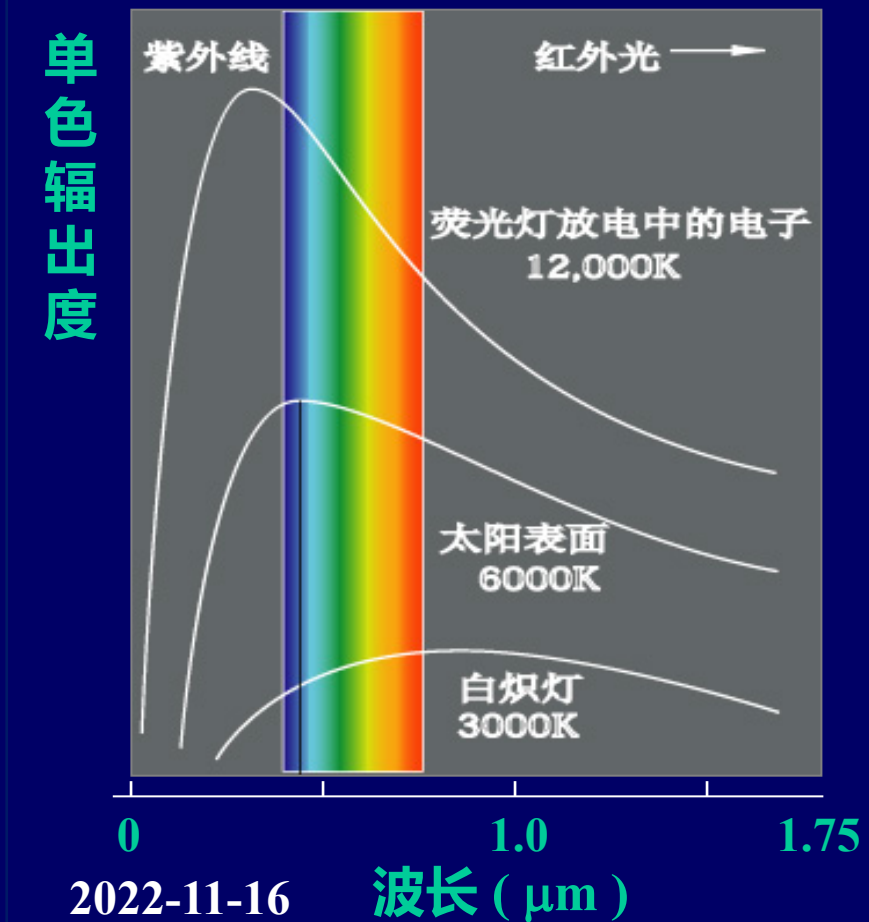
第五次索尔维会议与会者合影(1927年)

N.玻尔、M.玻恩、W.L.布拉格、L.V.德布罗意、A.H.康普顿、
M.居里、P.A.M 狄喇克、A.爱因斯坦、W.K.海森堡、
郎之万、W.泡利、普朗克、薛定谔 等

§ 15.1 热辐射 普朗克能量子假设

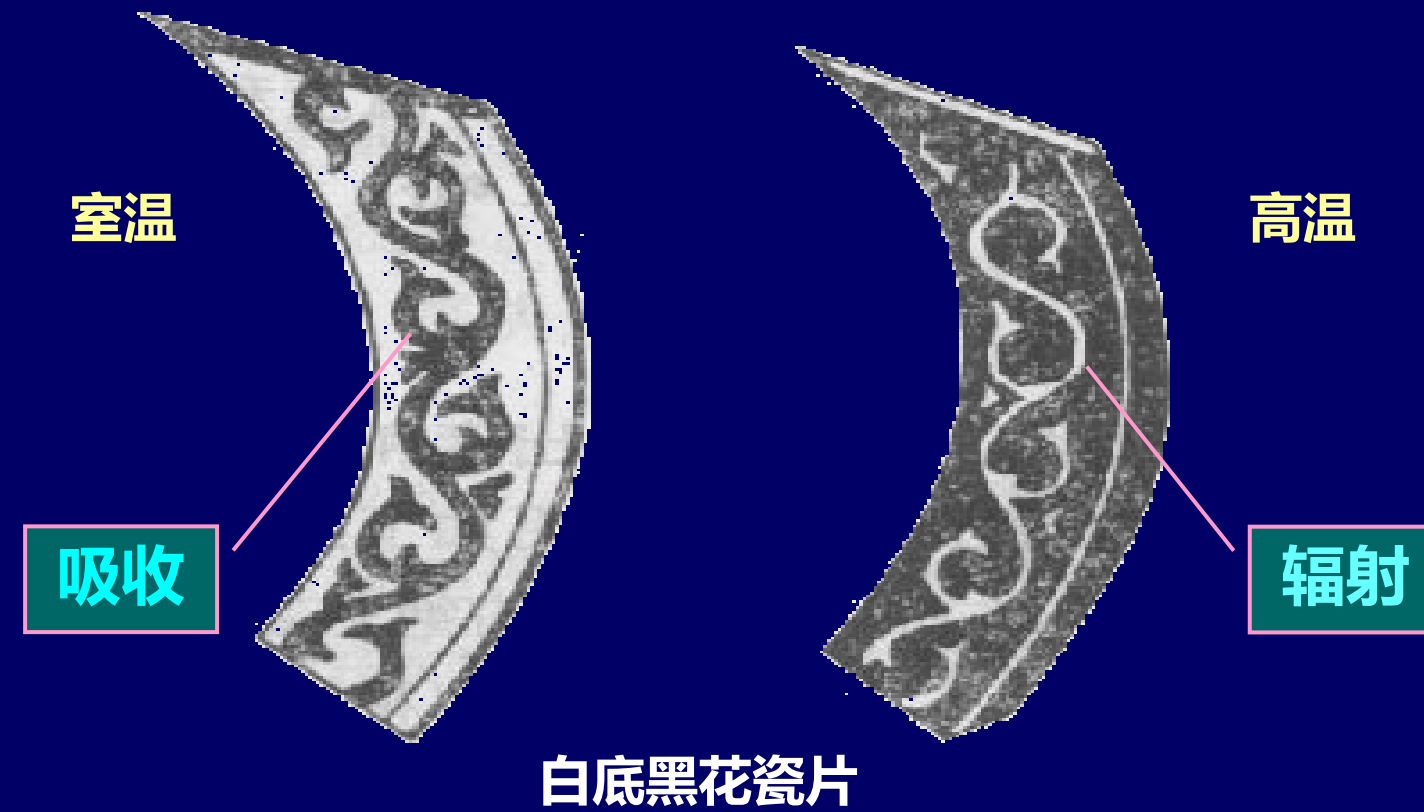
一. 热辐射

热辐射：由温度决定的物体的电磁辐射。



头部热辐射像

物体辐射本领越大，其吸收本领也越大。



辐射和吸收达到平衡时，物体的温度不再变化，此时物体的热辐射称为平衡热辐射。

单色辐射出射度（单色辐出度）：一定温度 T 下，物体单位面元在单位时间内 发射的波长在 $\lambda \sim \lambda + d\lambda$ 内的辐射能 dM_λ 与波长间隔 $d\lambda$ 的比值

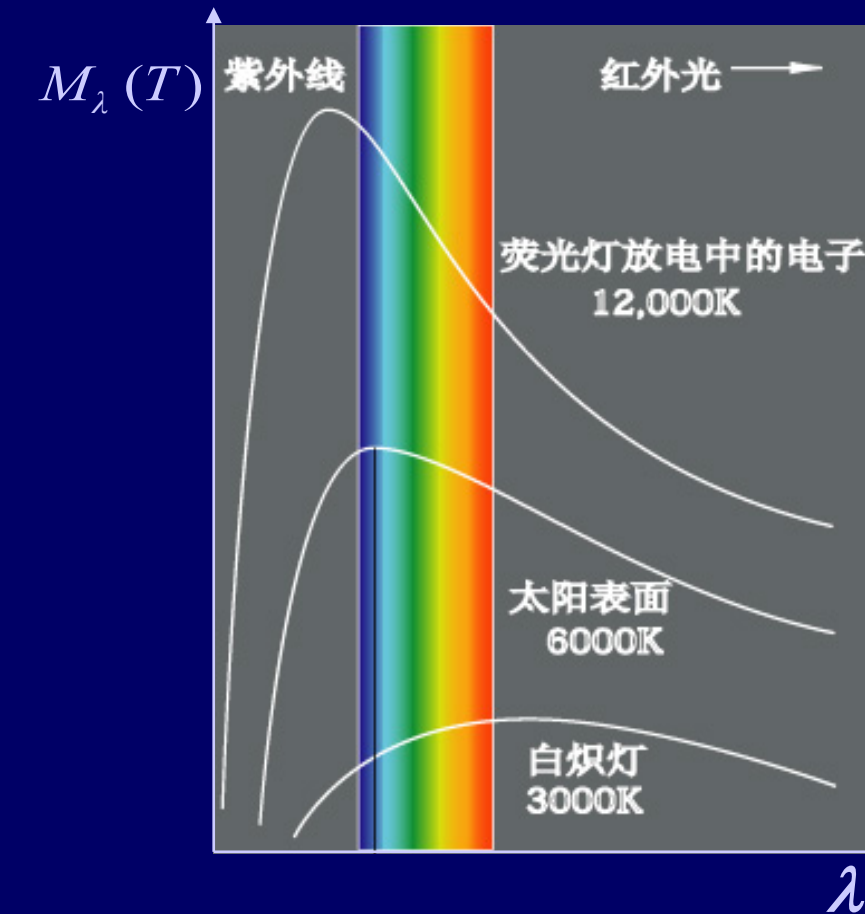
$$M_\lambda(T) = \frac{dM_\lambda}{d\lambda}$$

辐出度：物体 (温度 T) 单位表面在单位时间内发射的辐射能，为

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

◆ 说明

温度越高，辐出度越大。另外，辐出度还与材料性质有关。



温度



物体热辐射



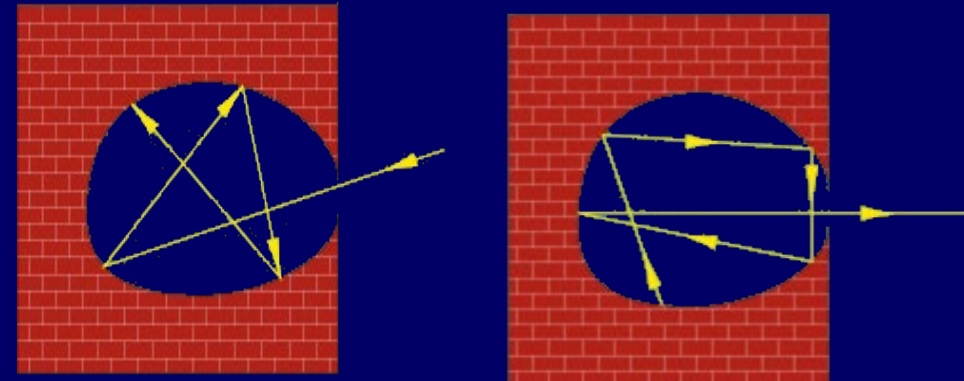
材料性质

二. 黑体辐射

绝对黑体(黑体): 能够全部吸收各种波长的辐射且不反射和透射的物体。

煤烟

约99%



黑体模型

黑体辐射的特点：

- 与同温度其它物体的热辐射相比，**黑体热辐射本领最强**

温度



黑体热辐射

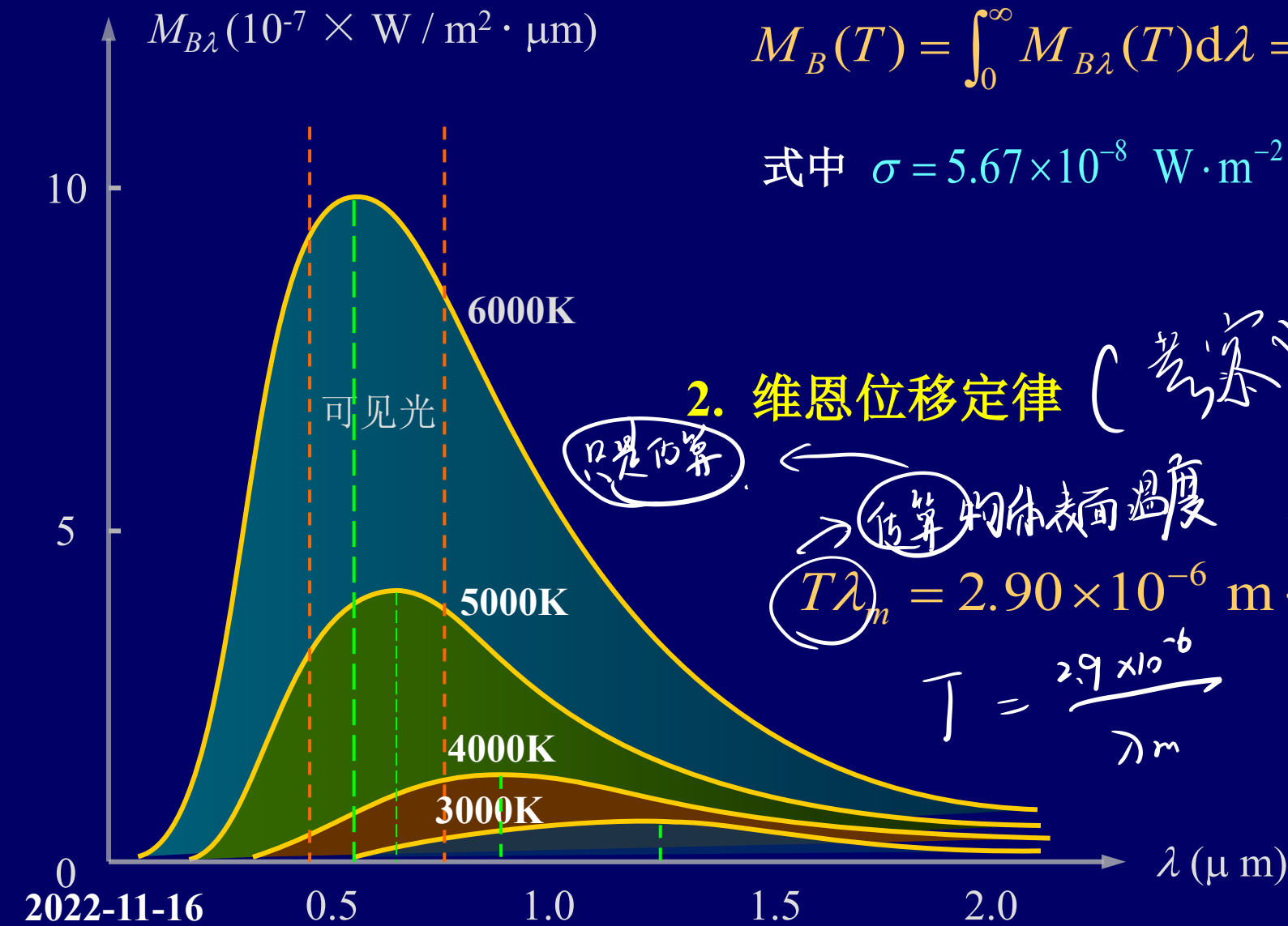


材料性质

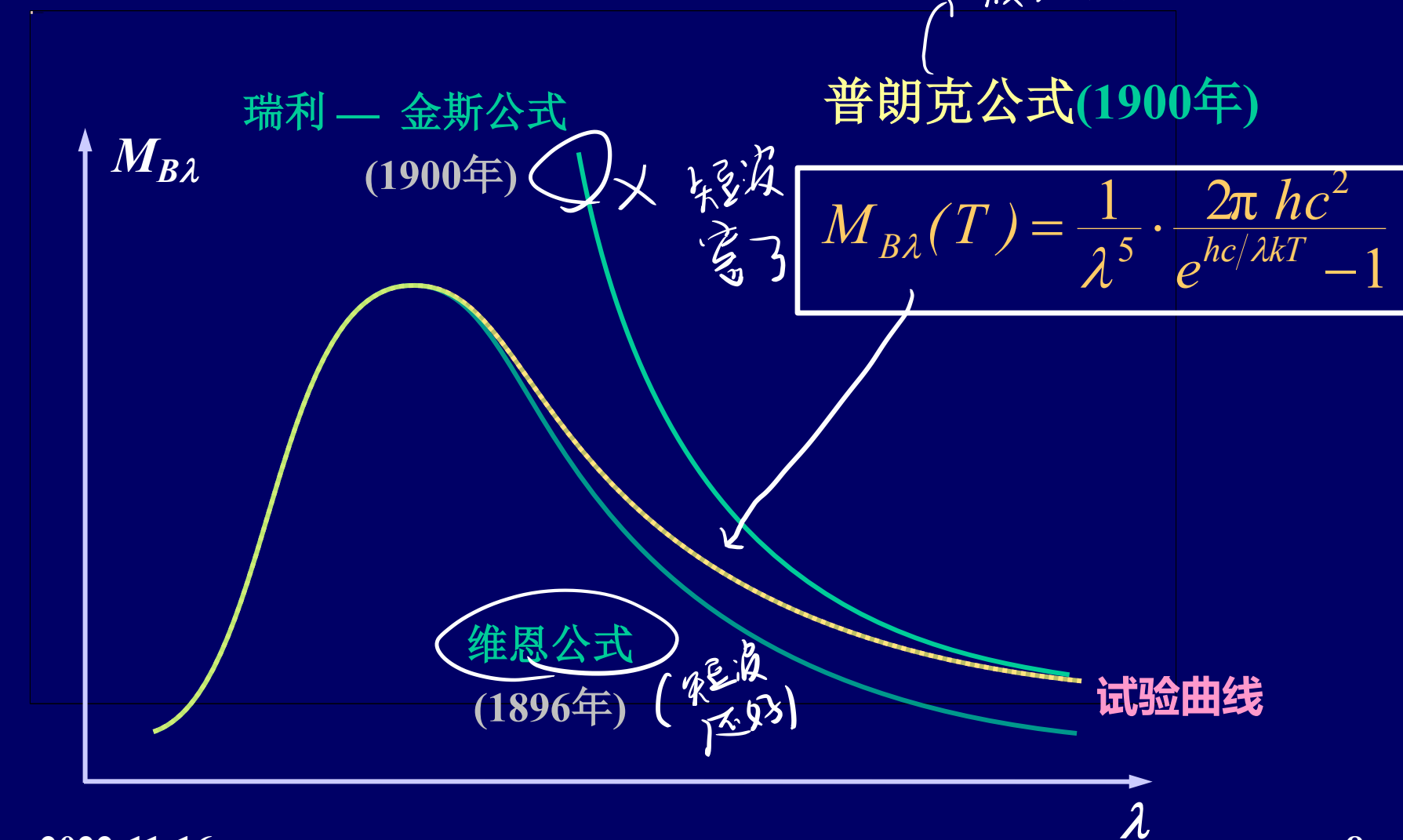
1. 斯特藩——玻耳兹曼定律

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

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



三. 经典物理的解释及普朗克公式



四. 普朗克能量量子假设

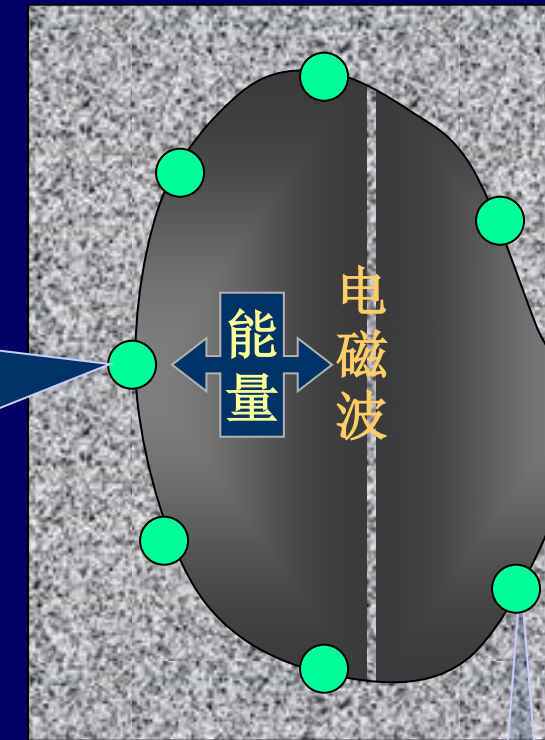
若谐振子频率为 ν ，则其能量是

$$h\nu, 2h\nu, 3h\nu, \dots, nh\nu, \dots$$

普朗克常数

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

$h\nu$ — 能量子



◆ 说明

首次提出微观粒子的能量是量子化的，打破了经典物理学中能量连续的观念。

能量离散化



Albert 光子理论

2022-11-16

9

经典理论不行!

§ 15.2 光电效应 爱因斯坦光子假说

一. 光电效应的实验规律

❖ 饱和电流 i_s

$$I \propto i_s \propto \text{光电子数}$$

❖ 遏止电压 U_a (使最大初动能到不了)

$$\frac{1}{2}mv_m^2 = eU_a$$

光电子最大初动能和 ν 成线性关系

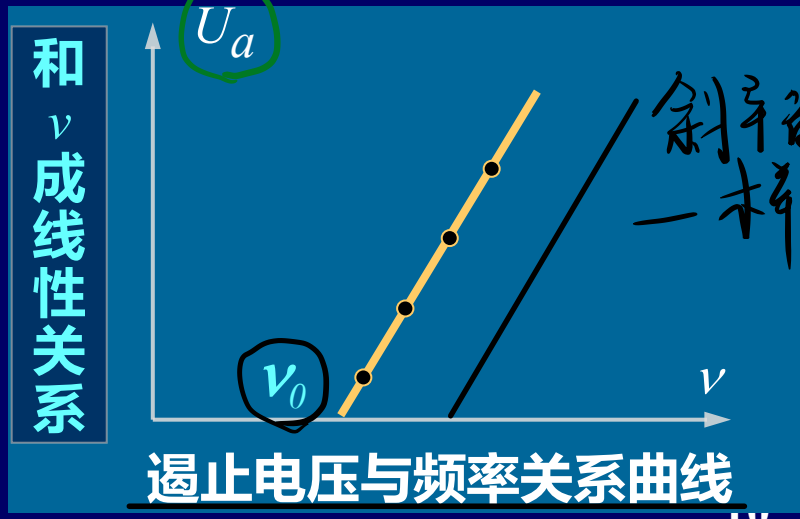
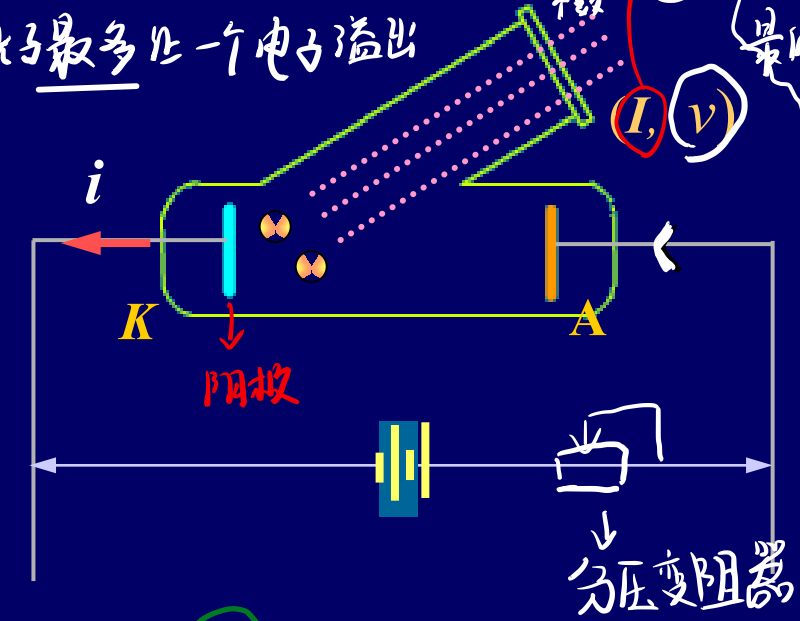
❖ 截止频率 ν_0

❖ 即时发射

迟滞时间不超过 10^{-9} 秒

2022-11-16

一个光子最多让一个电子溢出



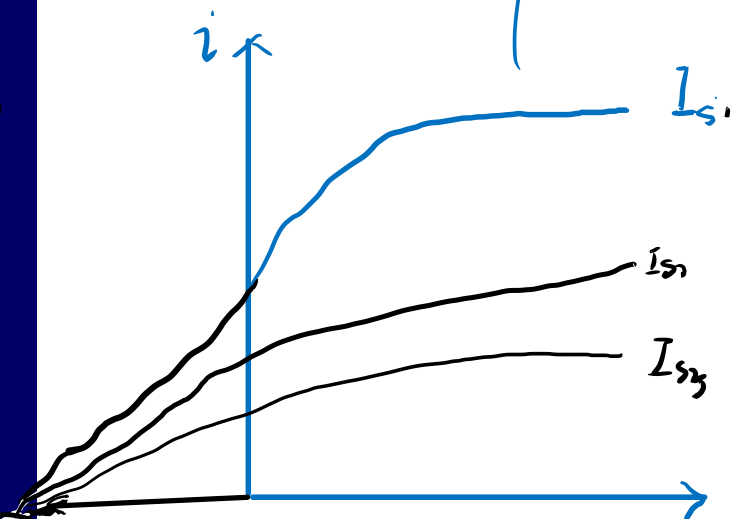
遏止电压与频率关系曲线

单位时间内溢出的电子数 N
 $nh\nu \rightarrow$ 一个的能量
 填充 + 计算
 频率 ν

① 材料类型 (阴极)

② 照射光的频率

③ 照射光的强度



$I_{s1} > I_{s2}$
光强更大

光
金属 \rightarrow 出电子

光子频率就不同

存在饱和电流

光强

二. 经典物理与实验规律的矛盾

光矢量 \vec{E} $I \propto E^2$

三. 爱因斯坦光子假说 光电效应方程

1. 光子假说：光是以光速运动的光子流。

每一光子能量为 $h\nu$ ，一个光子的能量只能整个的被吸收

2. 光电效应方程

$$h\nu = A + \frac{1}{2}mv_m^2 \quad (3)$$

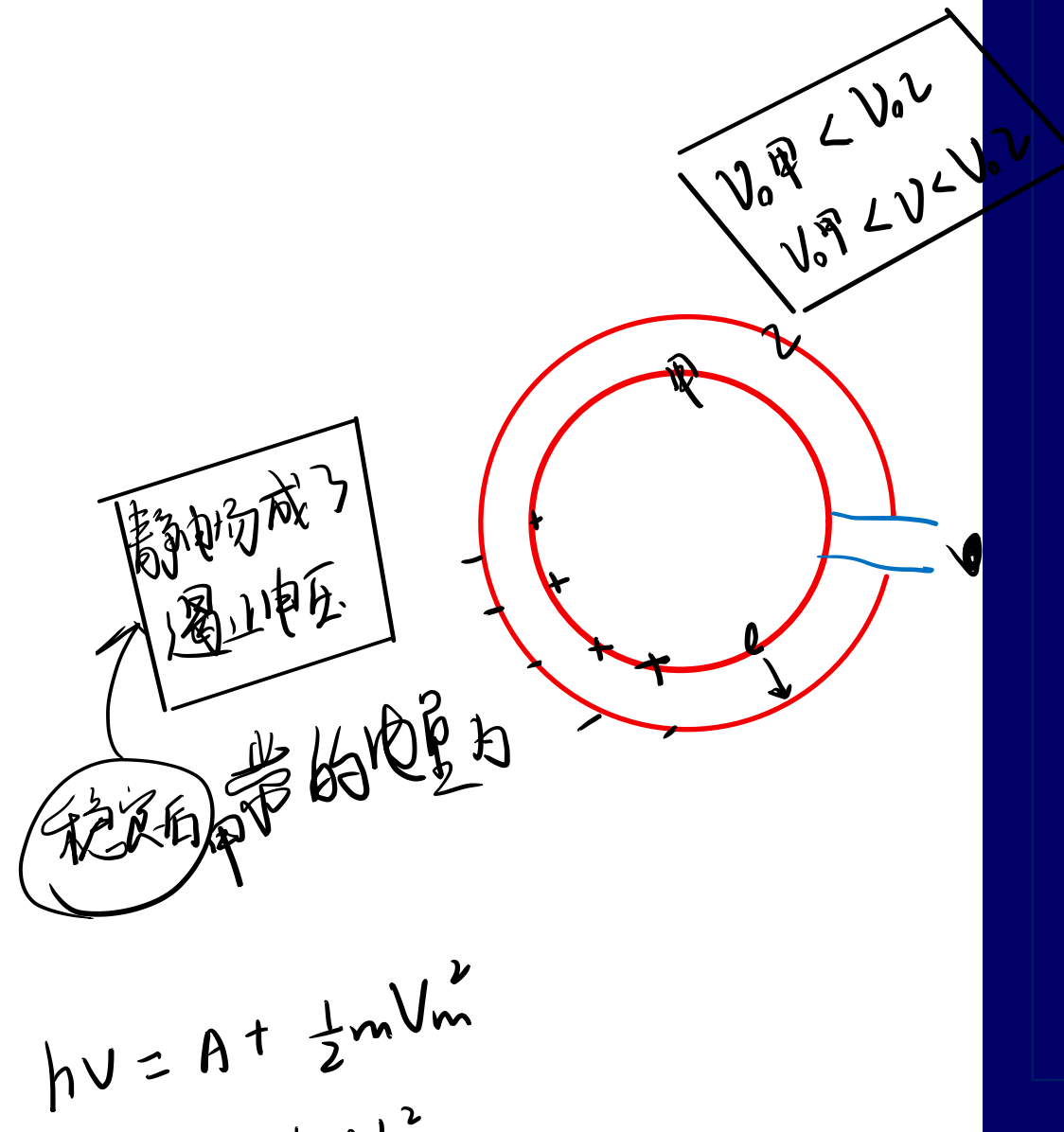
A 为逸出功

$$h\nu_0 = A \quad (4)$$

ν_0 截止频率

2022-11-16

11



$$\begin{cases} \frac{1}{2}mv_{max} = eU_a \\ U_a = k(\nu - \nu_0) \quad (2) \end{cases}$$

板的材料

受频率影响

$$A_{外层} < A_{内层}$$

外层电子
内层电子

$$eU_a = \frac{1}{2}mv_m^2$$

$$U_a$$

$$\int_{R_1}^{R_2} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} dr = U_a$$

稳定后带得的电能

$$h\nu = A + \frac{1}{2}mv_m^2$$

- 单位时间到达单位垂直面积的光子数为 N ,
光强 $I = Nh\nu \propto i_s \rightarrow$ 饱和光电流 \propto 与频率成正比
- 光频率 $\nu > A/h$ 时, 电子即可克服逸出功 A 逸出。
截至频率 $\nu_0 = A/h$

$$\frac{1}{2}mv_m^2 = eU_a = h\nu - A$$

- 电子吸收一个光子即可逸出, 不需要长时间的能量积累。

没有延迟
瞬间发生

四. 光的波粒二象性

光子能量

$$E = m_{\varphi} c^2 = h\nu$$

光子质量

$$m_{\varphi} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$$

光子动量

$$p = m_{\varphi} c = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$


 粒子性

波动性

五. 光电效应的应用

光电成像器件能将可见或不可见的辐射图像转换或增强成为可观察记录、传输、储存的图像。