

物理学院



大学物理·早期量子论

主讲教师：郭袁俊

第16章 早期量子论

16.1 早期量子物理的建立：黑体辐射

16.2 量子概念的推广：爱因斯坦的光子理论

16.3 能量子观念的验证：康普顿散射

16.4 玻尔氢原子理论

16.5 激光与激光器



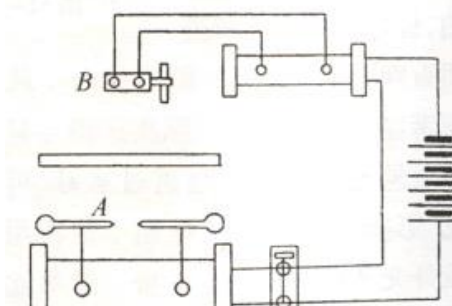
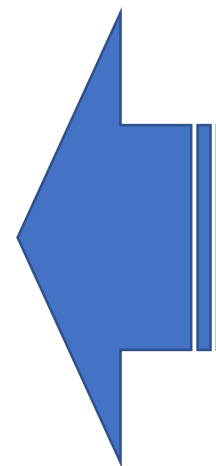
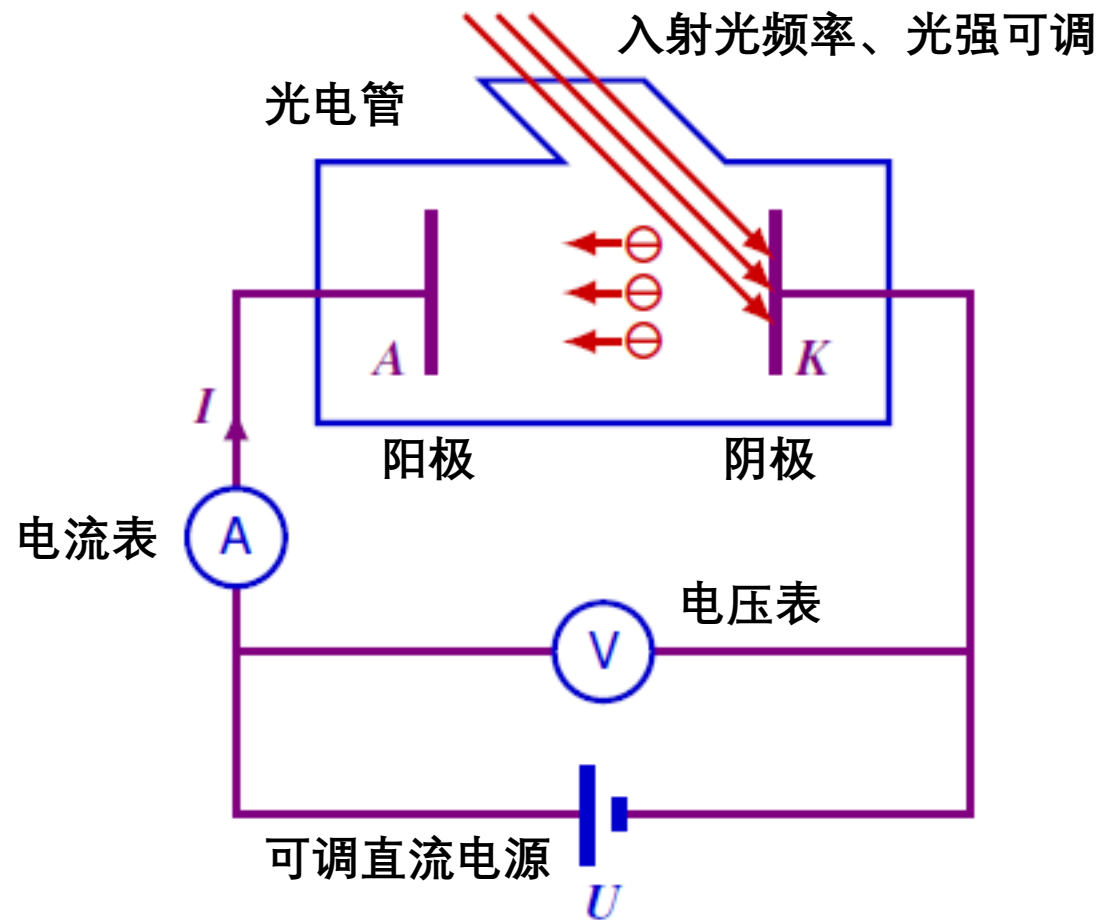
16.2 量子概念的推广：爱因斯坦的光子理论

本节的研究内容

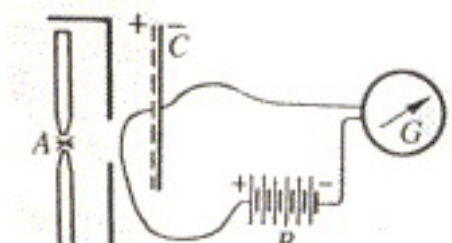
- 光电效应的实验定律
- 爱因斯坦的光子理论

16.2.1 光电效应的实验定律

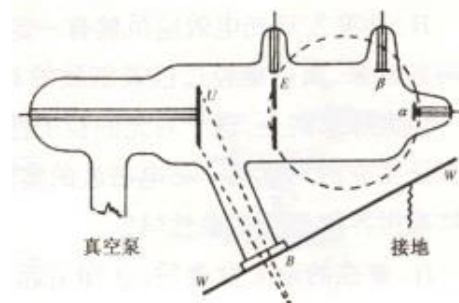
(1) 基本实验装置模型



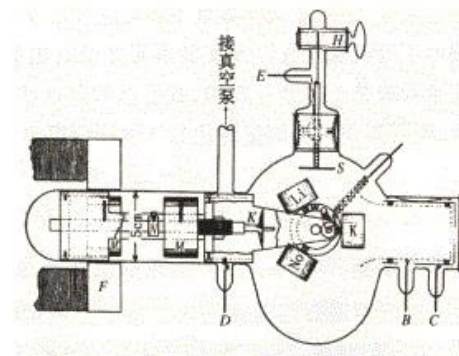
1887年
赫兹(Hertz)实验



1889年
斯托列托夫
(Stoletov)实验



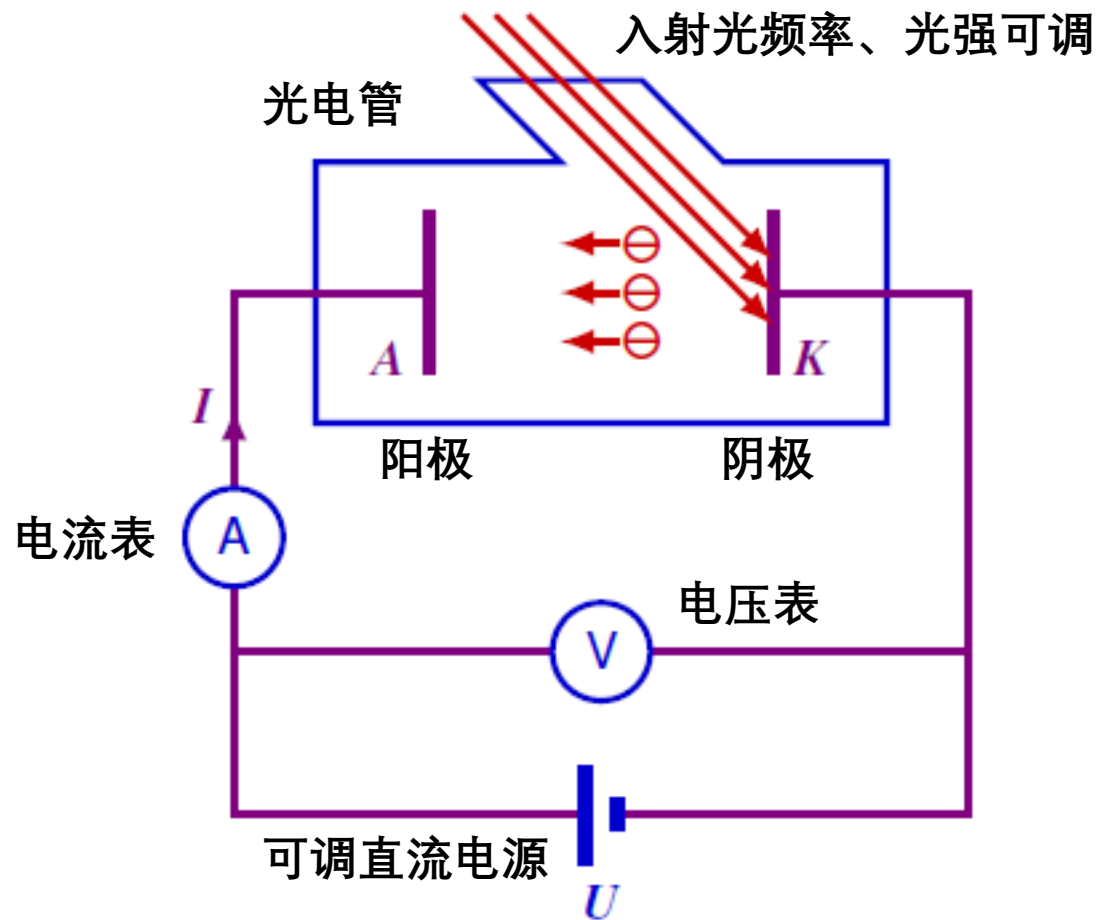
1900年
勒纳德(Lenard)
实验



1916年
密立根(Milikan)
实验

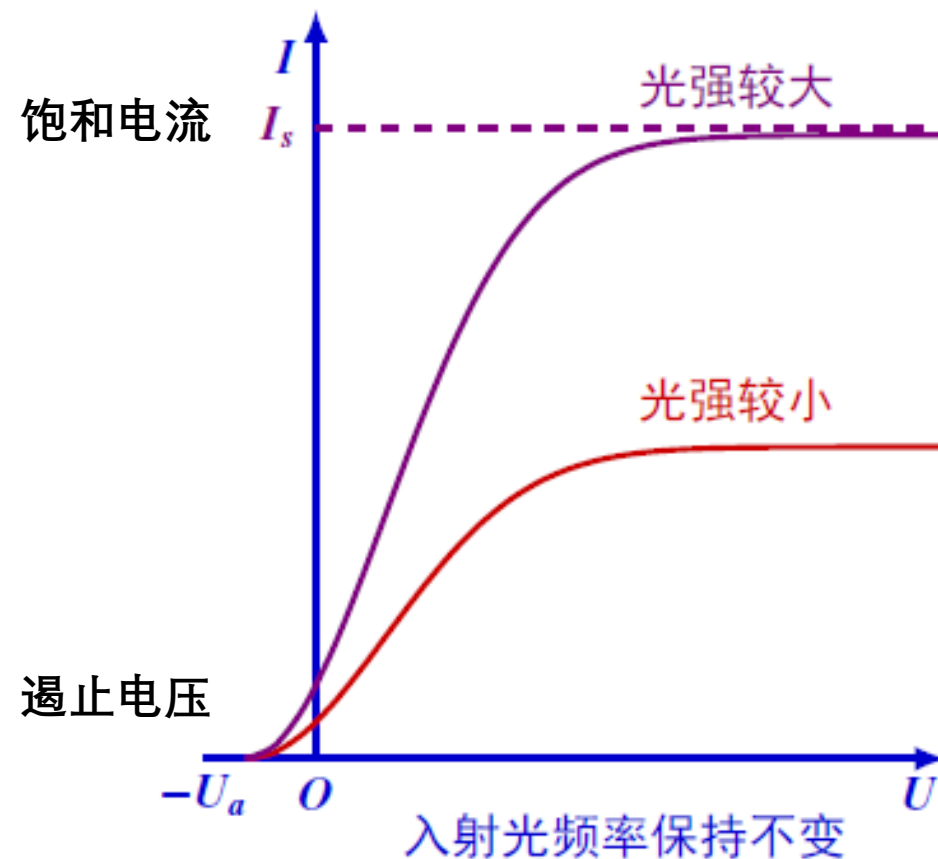
16.2.1 光电效应的实验定律

(2) 几个重要的实验规律



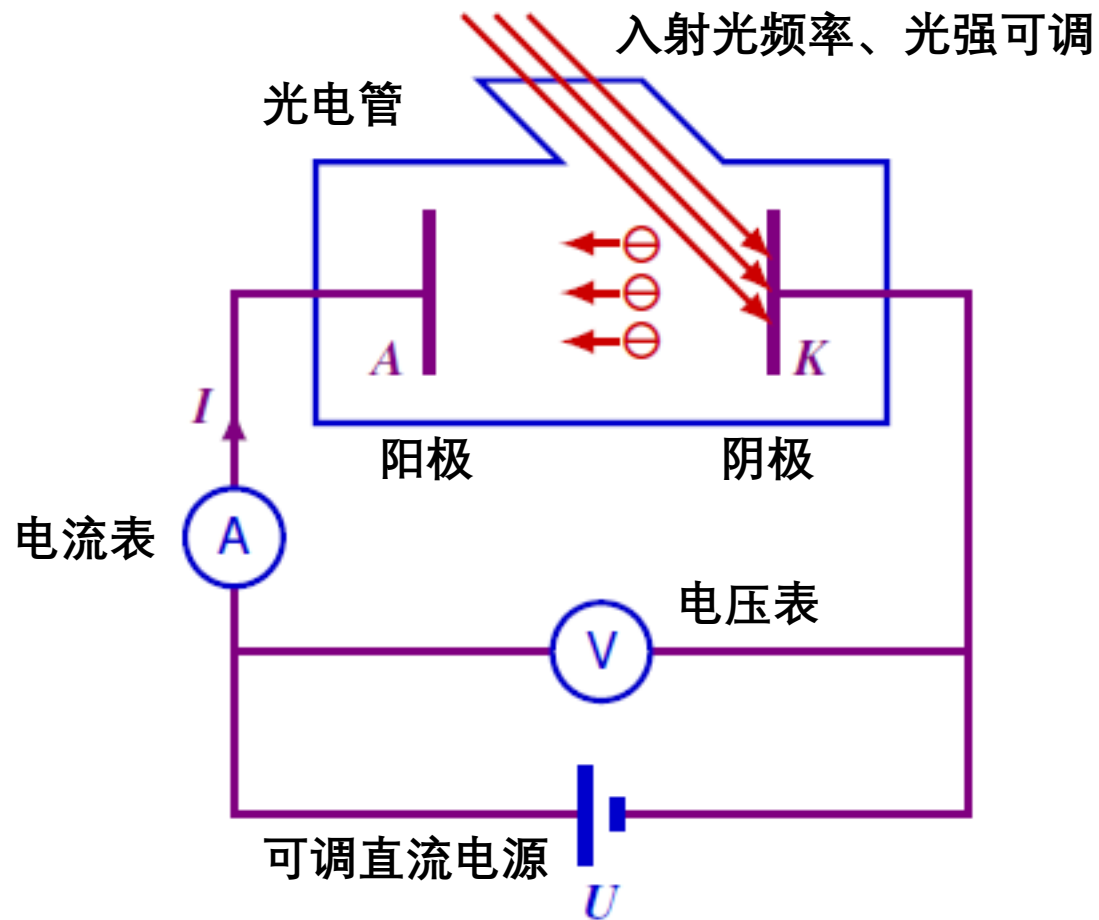
I 固定入射光频率，改变电压 U

结论1：饱和电流与入射光强成正比



16.2.1 光电效应的实验定律

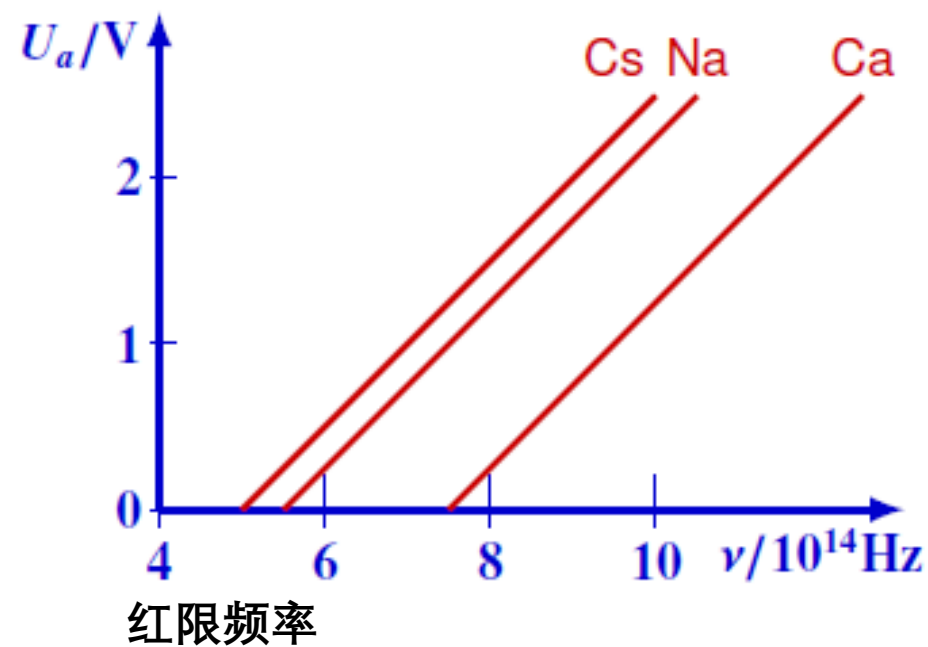
(2) 几个重要的实验规律



II 改变入射光频率，调节电压 U 使得电流 $I = 0$

结论2：遏止电压与入射光强无关

结论3：入射光频率低于红限频率，无电流





16.2.1 光电效应的实验定律

(2) 几个重要的实验规律

III 测量发射时间（弛豫时间）

结论4：光的照射和电子的发射几乎同时，弛豫时间不超过 10^{-9} s

(3) 波动学说的困难

- 不能解释遏制电压与入射光强无关
- 不能解释存在红限频率
- 不能解释弛豫时间不超过 10^{-9} s（立即发射）

新的解决方案：爱因斯坦的光子理论

16.2.2 爱因斯坦光子理论

(1) 光子理论

光不仅在吸收和辐射时是以**能量为 $h\nu$ 的颗粒（光子）**形式进行的，
而且以这种颗粒的形式以光速 c 在空间传播。

光子能量： $E = h\nu = mc^2$

光子质量： $m = h\nu/c^2 = h/\lambda c$

光子动量： $p = mc \Rightarrow p = h/\lambda$

光子的静质量： $m_0 = 0$

(2) 光电效应的光子理论解释

电子吸收光子（能量），一部分能量用于克服材料的束缚，一部分能量变成电子动能

光电效应方程： $h\nu = E_k + A$

A ：逸出功，电子摆脱材料约束所需要的能量

U_a ：遏止电压，光子恰好不能到达阳极的反向电压 $eU_a = E_k$

ν_0 ：红限频率，刚能使光电子逸出材料表面的最小入射光频率

16.2.2 爱因斯坦光子理论

(3) 光电效应方程的解释

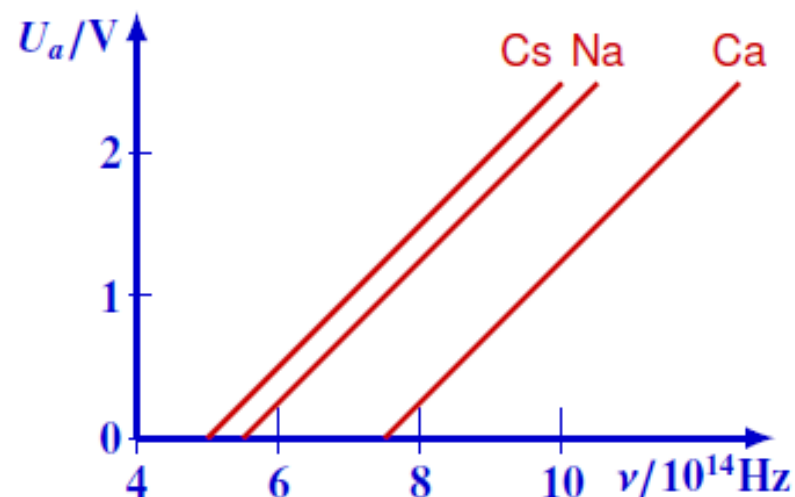
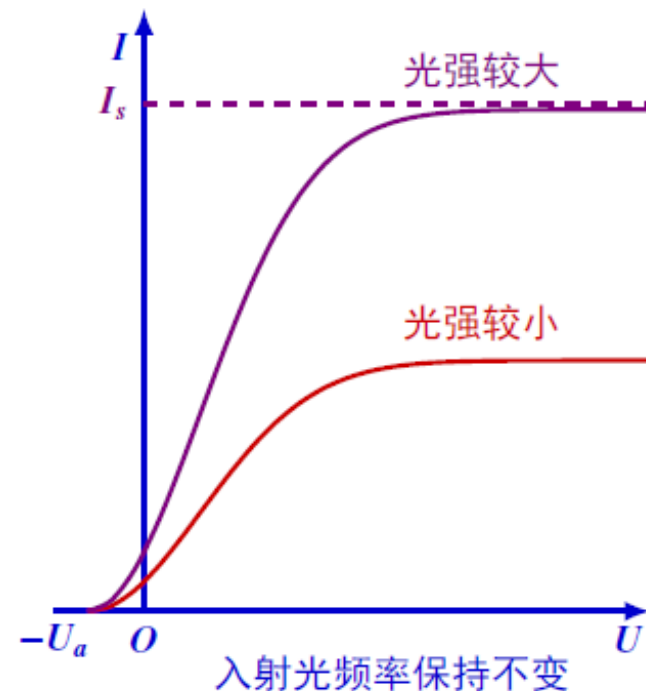
$$h\nu = E_k + A$$

- **即时发射**：光子被电子吸收过程瞬时完成，电子即时发射
- 入射光频率不变时，光强增加，单位时间内入射光子数目增加，单位时间发射光电子数目增加，饱和电流增加
- 遏止电压和入射光频率的**线性关系**

$$eU_a = E_k = h\nu - A$$

- 存在**红限频率**

$$E_k = h\nu - A = h\left(\nu - \frac{A}{h}\right) \geq 0 \Rightarrow \nu \geq \nu_0 \equiv \frac{A}{h}$$





物理学院

谢谢大家!



本节测试题

- 一定频率的单色光照射到某金属表面，测出光电流曲线如实线所示；然后光强度不变、增大照射光的频率，测出光电流曲线如虚线所示。满足题意的图是：（ ）

参考答案：D

解答分析：关键在于“光强度不变、增大照射光频率”的理解。即光子能量增加，但是单位时间照射的光子数目减少，结合光电效应原理，很容易回答。

放置位置：PPT9之后

