

## § 12.4 光电效应

### 一.光电效应的发现

#### 1. 赫兹在电磁波实验中首先发现。

光电效应 (Photoelectric effect)：在光的照射下物体表面发射出（光）电子的现象。

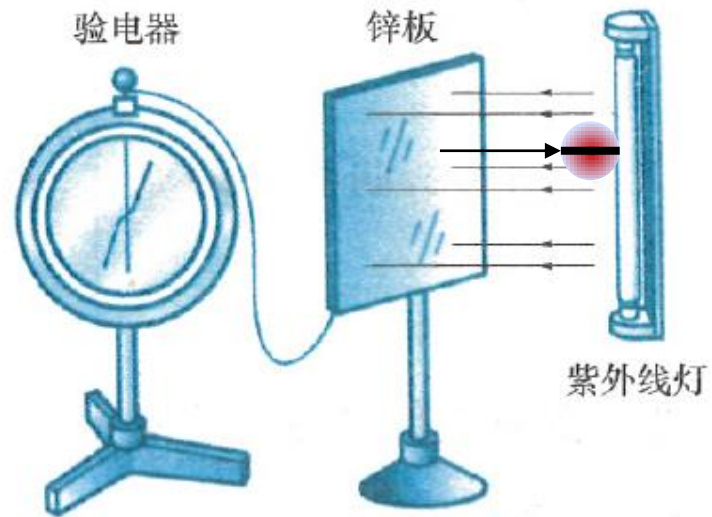
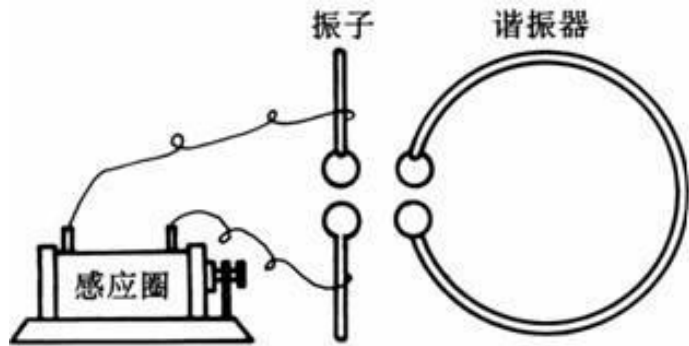
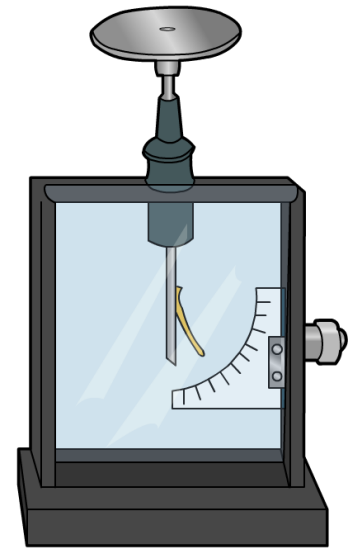
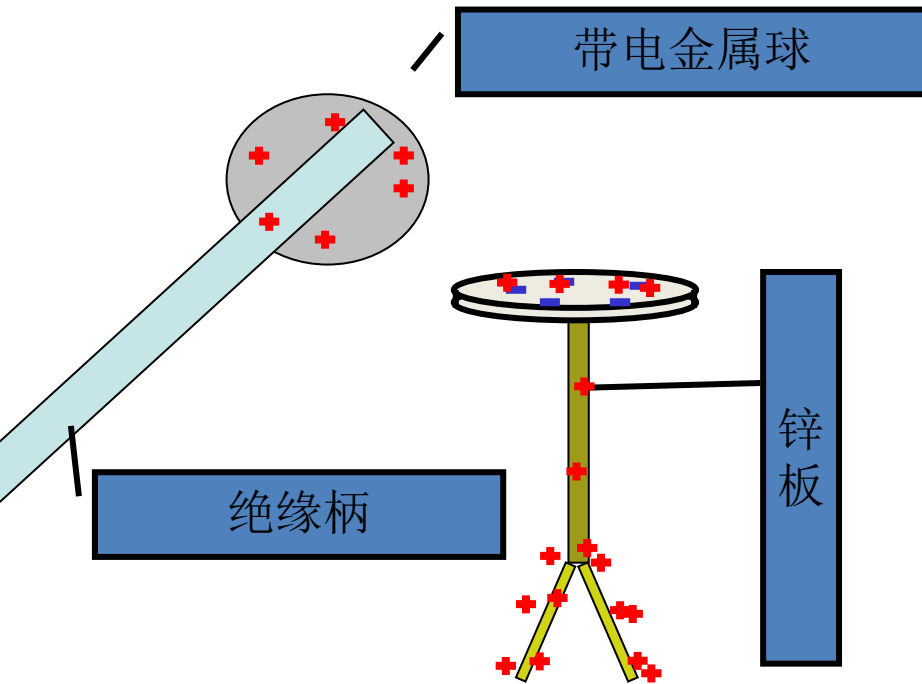


图 9 - 16

思考题：电子去哪儿了？

## 用验电器判断电性

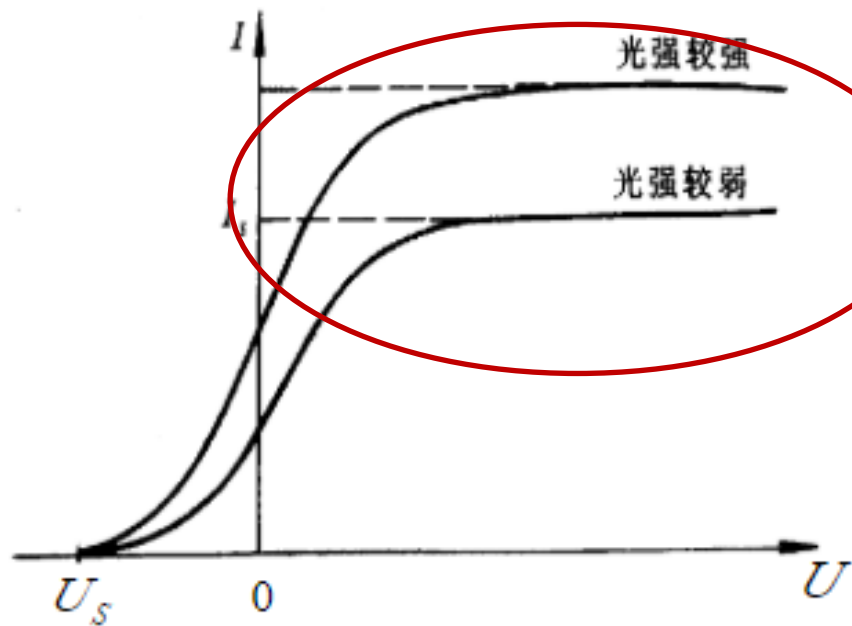
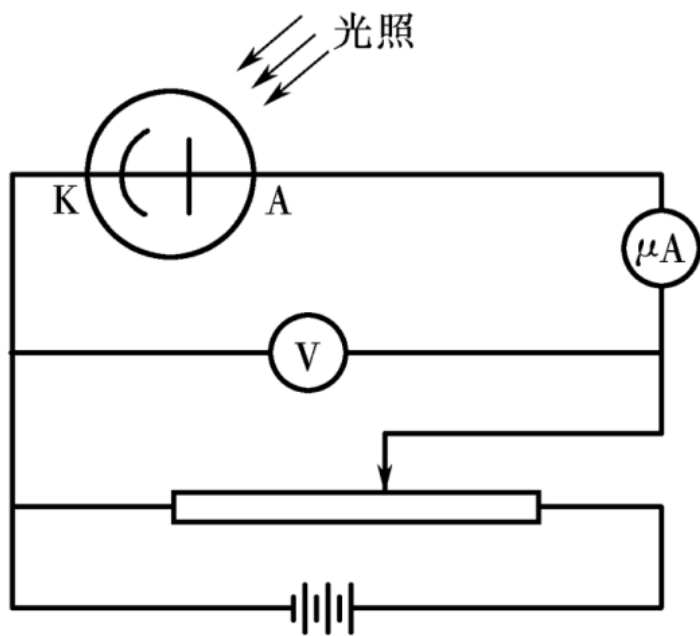
1. 丝绸摩擦玻璃棒 2. 玻璃棒靠近验电器张角变大  
经检测：锌板所带的是正电



## 二.光电效应的实验规律

结果:①入射频率一定时, 饱和光电流与入射光的强度正相关

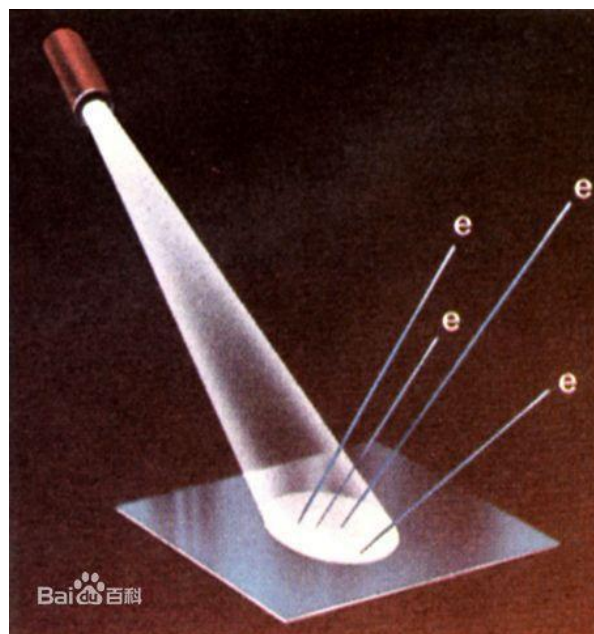
饱和光电流  $i_s = Ne$ ,  $N$ 单位时间溢出的光电子



## 解释①

经典电磁理论：自由电子从金属表面逃脱出去，克服阻力做的功叫做**脱出功**或者**逸出功** $W$

光是电磁波，电子在电磁场中被加速，光强越强，电磁场越强，饱和光电流越大。



## 爱因斯坦光电效应理论：

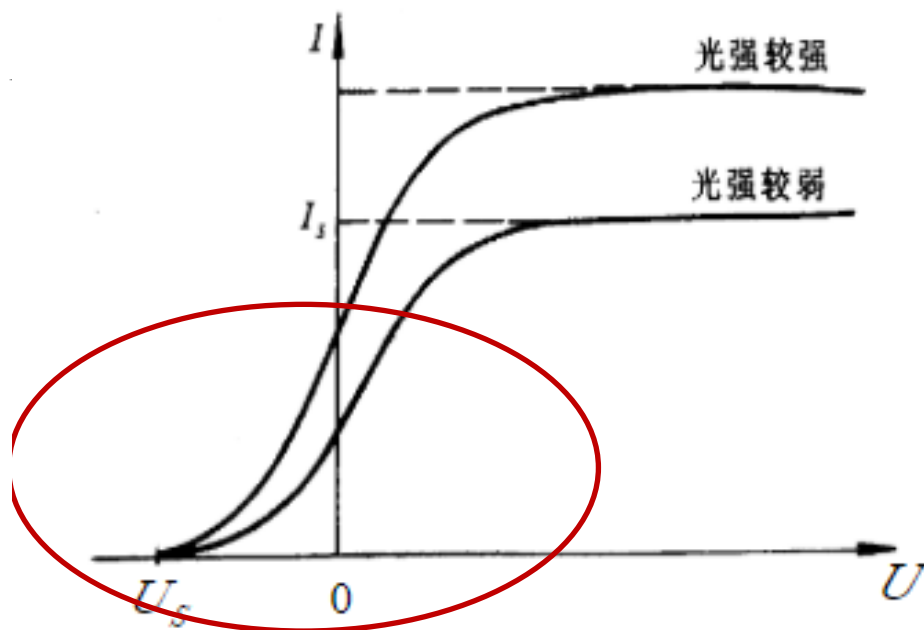
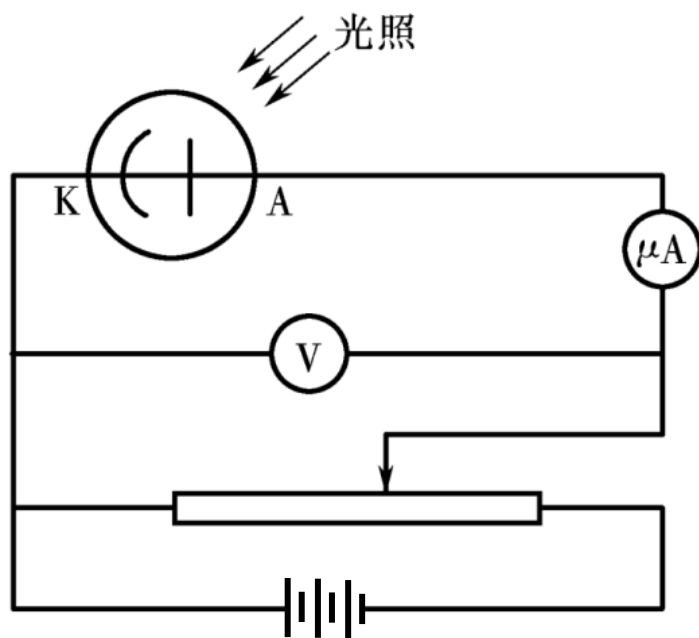
光是由大量光子组成的按光速运动的光子流。每个光子所具有的能量跟它的频率成正比，即 $\varepsilon = h\nu = hc/\lambda$ ，式中 $h$ 为普朗克常数 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ 。

**光强大**时，光的能量高，包含的**光子数多**，产生**光电子多**，饱和光电流和光强成正比

结果:②光电子有最大初动能, 且与光强无关

使A、K间光电流为零的反向电压被称为遏止电压 $U_a$

光电子最大初动能 $\frac{1}{2}mv_m^2 = eU_a$



## 解释②

经典电磁理论：

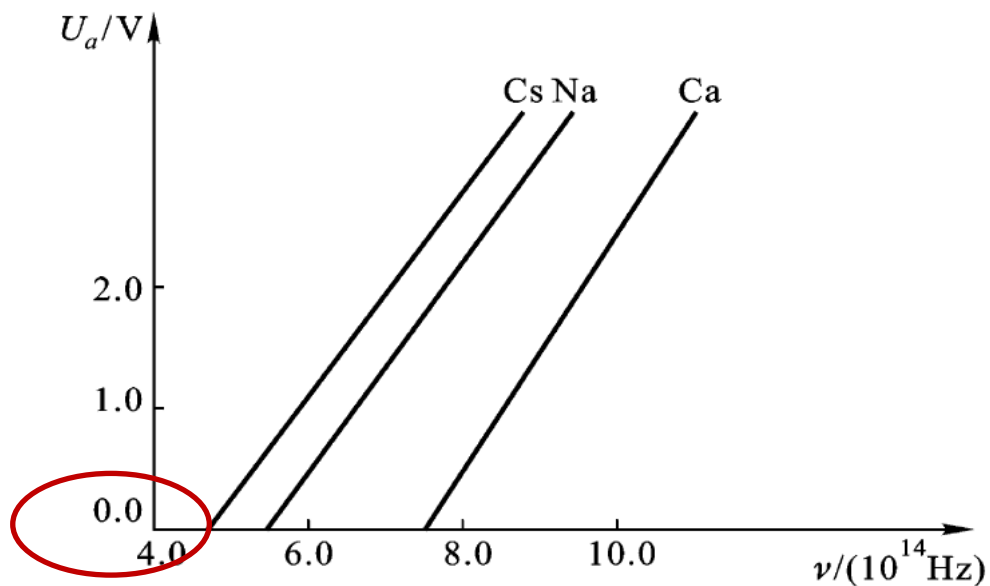
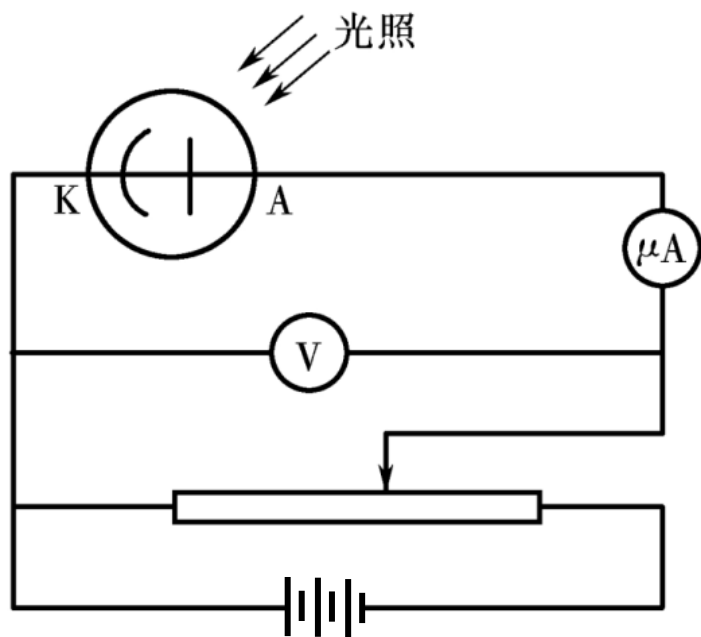
最大初动能应决定于入射光的强度，这与实验结果不符

爱因斯坦：

$\frac{1}{2}mv_m^2 = h\nu - W$  表明光电子的初动能与入射光的频率成线性关系，与光强无关解释

结果：③存在极限频率，光电子的最大初动能与入射光的频率成线性关系。

极限频率 $\nu_0$ ：光电子的最大初动能为0，光电效应不发生，相应的波长称为极限波长。

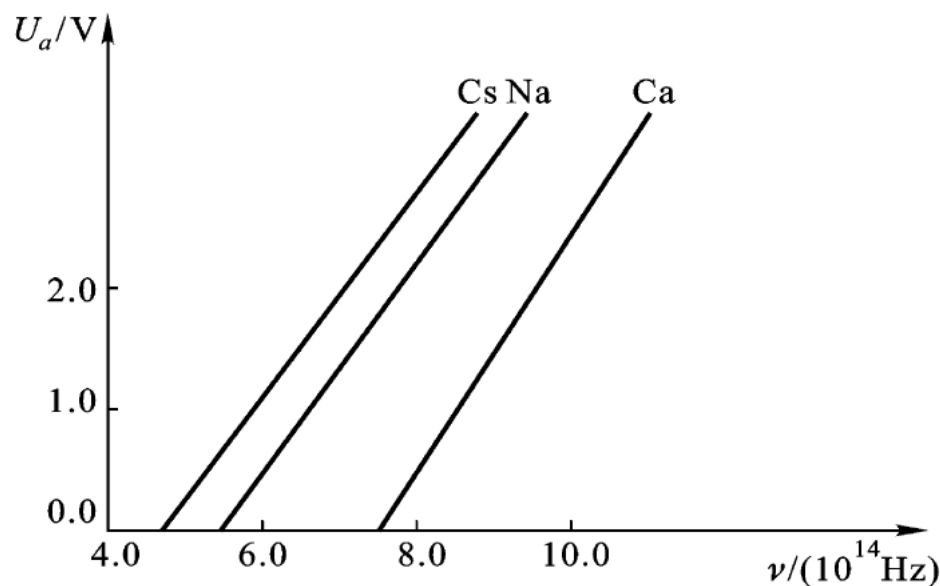




**经典理论：** 不论入射光频率多大，只要光强足够大都可产生光电效应，与存在极限频率以及最大初动能和频率有关不符

**爱因斯坦：**

$\frac{1}{2}mv_m^2 = h\nu - W$  表明存在极限频率  $\nu_0 = W/h$ ，  
最大初动能和频率是线性关系



结果：④光电效应的弛豫时间非常短,不超过 $10^{-9}\text{s}$ 。

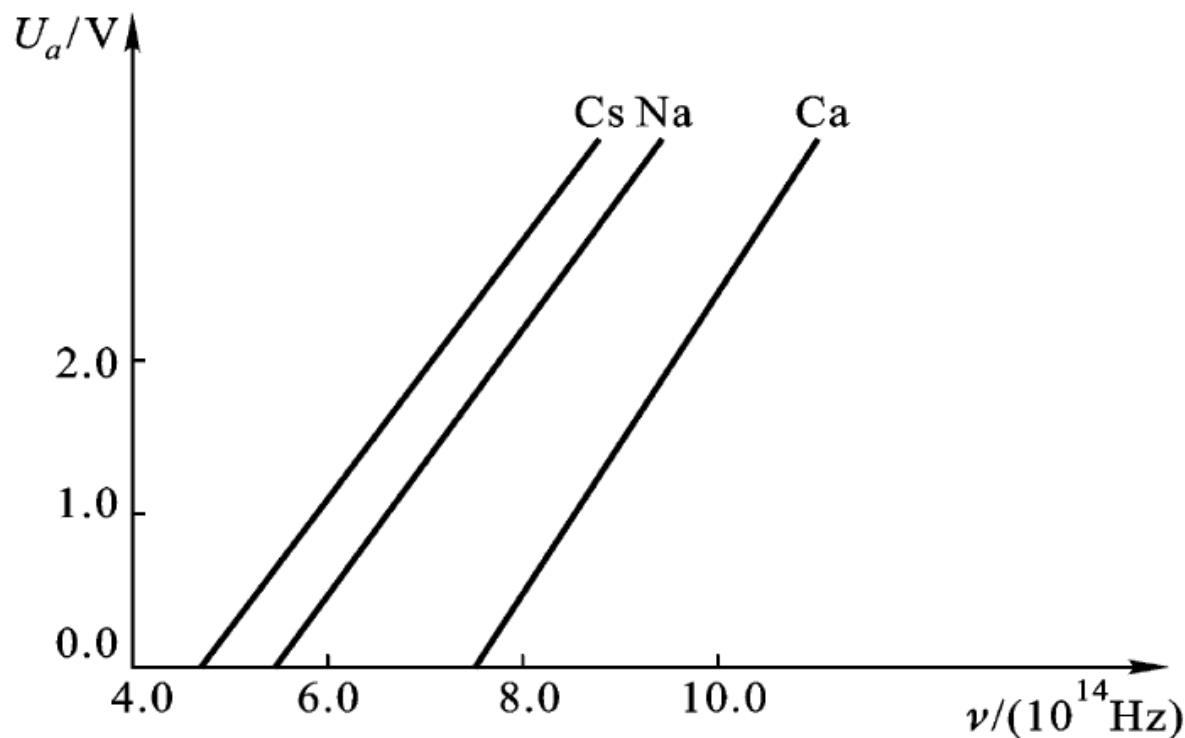
经典理论：光强较弱时，电子从光波中吸收能量就需要持续一段时间

爱因斯坦：电子吸收光子的全部能量，几乎是瞬时发生

### 三.1921年爱因斯坦因光电效应获得诺贝尔物理学奖

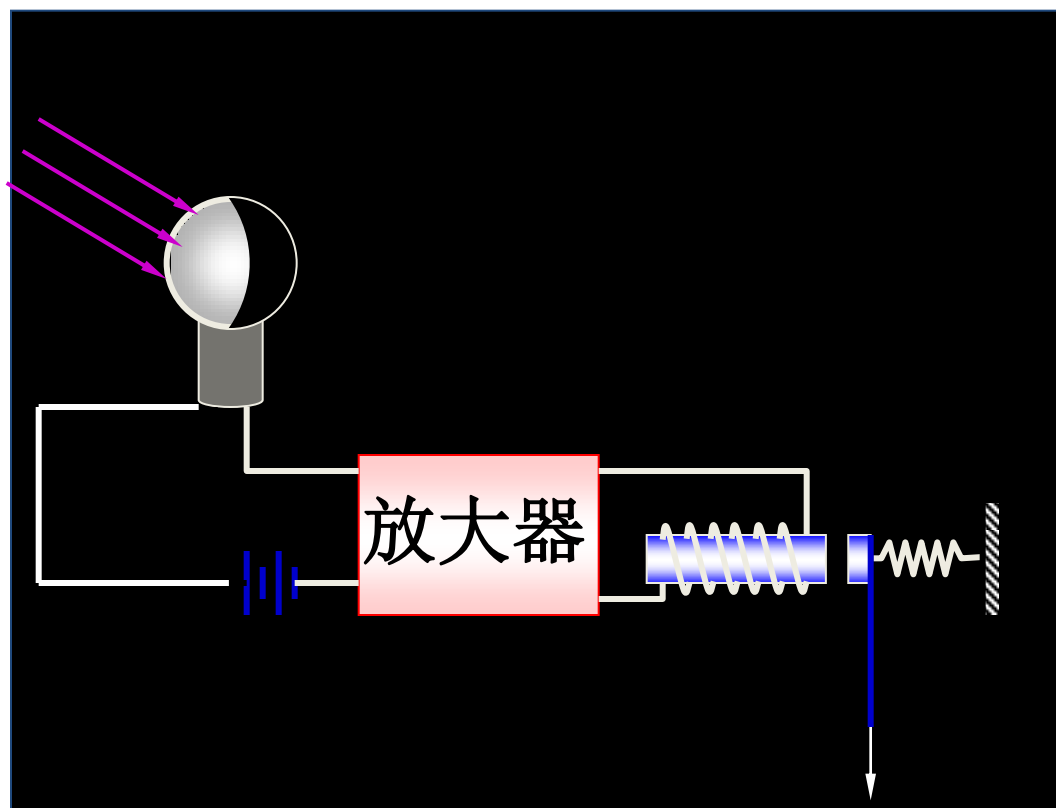
理论:  $\frac{1}{2}mv_m^2 = h\nu - W$ ,  $eU_a = h\nu - W$

1916年密立根精确实验测得 $h$ 与普朗克根据黑体辐射得到的 $h$ ,符合一致



#### 四.光电效应在近代技术中的应用

制成光电管，光电管可用于光控继电器、自动计数、自动报警、自动跟踪,实现电影从无声到有声。



接控件机构

## 五.再谈光的波粒二象性

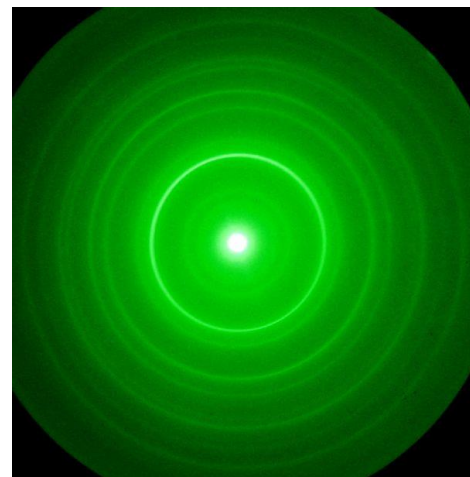
电子等实物粒子也有波动性，称为概率波

光具有波粒二象性；

- 光子在空间各点出现的可能性的的大小，可以用波动规律来描述。

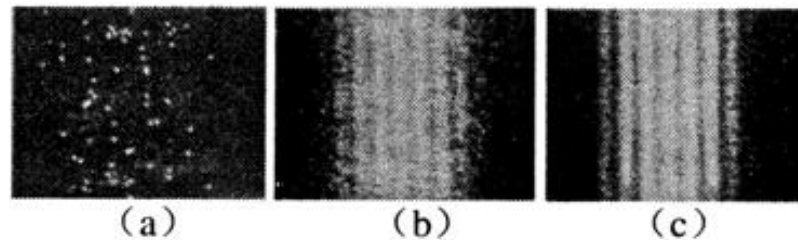
- 光波是一种概率波；

- 大量光子产生的效果往往显示出波动性，个别光子产生的效果往往显示出粒子性。



电子衍射图像

1.用极微弱的可见光做双缝干涉实验，随着时间的增加，在屏上先后出现如图（a）、

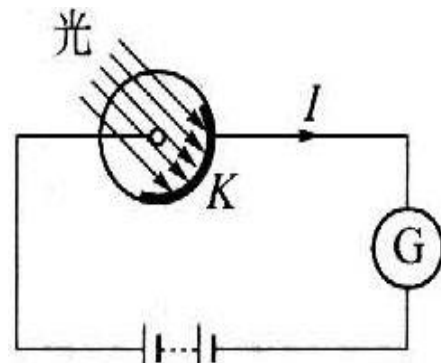


（b）、（c）所示的图像，则（ ）

- （A）图像（a）表明光具有粒子性
- （B）图像（c）表明光具有粒子性
- （C）用紫外光观察不到类似的图像
- （D）实验表明光是一种概率波

AD

2.如图所示为一真空光电管的应用电路，其阴极金属材料的极限频率为 $4.5 \times 10^{14} \text{Hz}$ ，则下列判断中正确的是（ ）

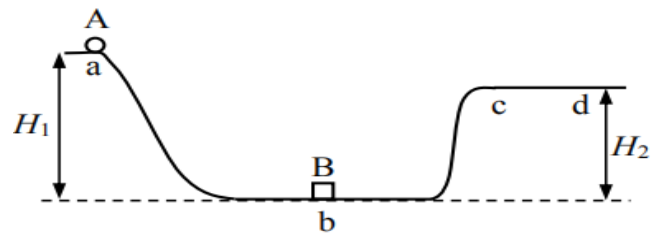


- (A) 发生光电效应时，电路中光电流的饱和值取决于入射光的频率
- (B) 发生光电效应时，电路中光电流的饱和值取决于入射光的强度
- (C) 用 $\lambda = 0.5 \mu\text{m}$ 的光照射光电管时，电路中有光电流产生
- (D) 光照射的时间越长，电路中的光电流越大

$$\nu = 6 \times 10^{14} \text{Hz}$$

BC

3.如图，光滑轨道abc固定在竖直平面内，c点与粗糙水平轨道cd相切，一质量为m的小球A从高 $H_1$ 静止落下，在b处与一质量为m的滑块B相撞后小球A静止，



小球A的动能全部传递给滑块B，随后滑块B从c处运动到d处静止且bd高 $H_2$ ，求：

若将此过程类比为光电效应的过程，则：A为\_\_\_\_\_；B为\_\_\_\_\_；分析说明\_\_\_\_\_类比为极限频率 $\nu_0$ 。

答：光子；光电子； $H_2$

极限频率是指光子频率为 $\nu_0$ 时光电子的初动能刚好为零，这里A类比为光子，B类比为光电子，极限频率对应B刚好能升高到c点时速度减为零。当A自H高度下滑与B碰撞后，B在c速度为零。两个过程中都仅有重力做功，由机械能守恒定律  $\Delta E_P = -\Delta E_K$ ,

有  $mgH_1 = \frac{1}{2}mv^2$  ①  $mgH_2 = \frac{1}{2}mv^2$  ②  $H=H_2$  即  $H_2$  类比为极限频率 $\nu_0$