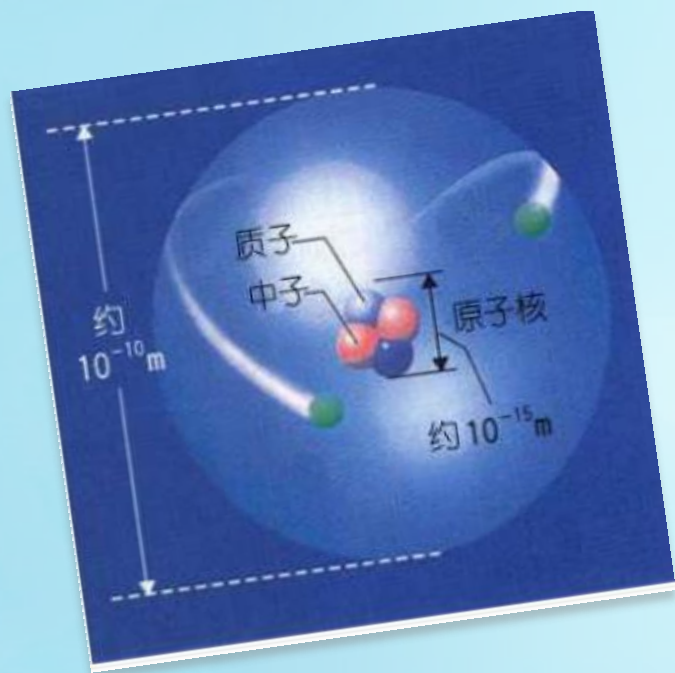


# 大学化学 I

核外电子运动特征

# 原子由哪些微粒构成？



原子

原子核

质子

中子

核外电子

元素的物理化学性质

## 核外电子与宏观物体有何区别？

	宏观物体	核外电子
质量	很大	很小
速度	较小	很大（接近光速）

核外电子与宏观物体有何区别？

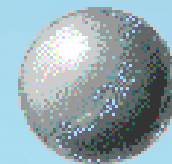


**核外电子是否遵循宏观物体的运动规律？**

**科学家采取什么办法来研究电子在核外的运动规律？**



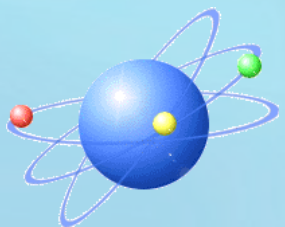
## 代表性的原子结构模型



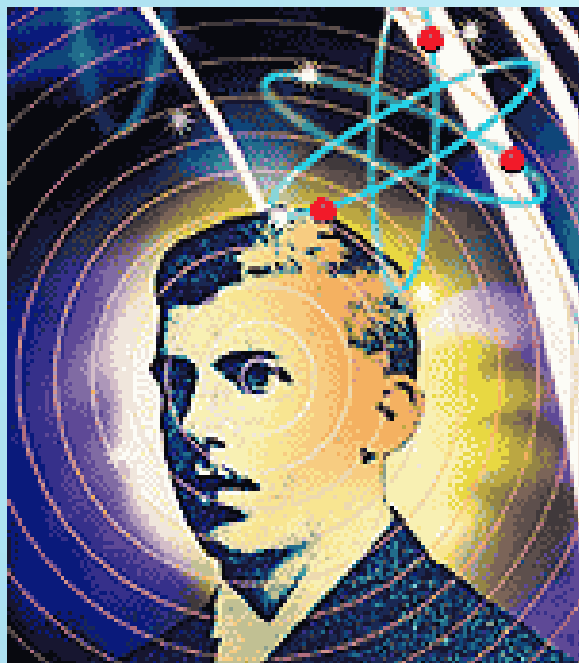
**卢瑟福原子模型：**1911年，卢瑟福根据  $\alpha$  粒子衍射现象提出了“含核的原子模型”。

**玻尔原子模型：**1913年玻尔提出了核外电子分层排布的玻尔理论。

**波粒二象性：**20世纪30年代，以微观粒子波粒二象性为基础发展起来的量子力学，才建立了比较符合微观世界实际的物质结构近代理论。



## 代表性的原子结构模型



### 卢瑟福原子模型

1911年,卢瑟福根据 $\alpha$ 粒子衍射现象提出了“含核的原子模型”

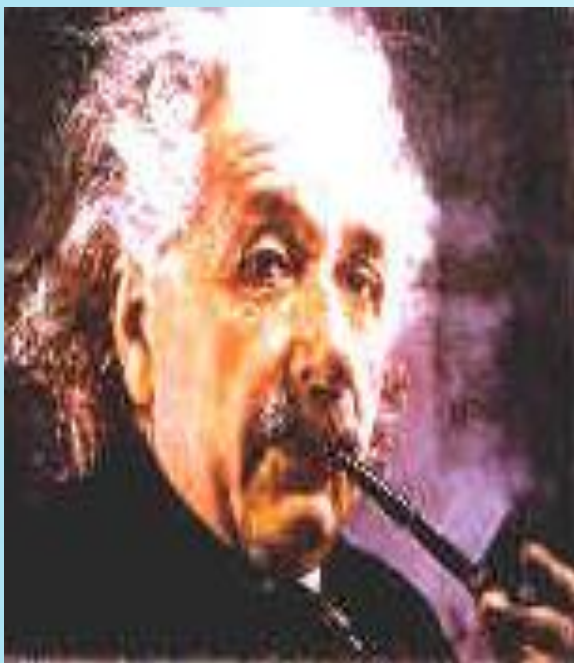
## 代表性的原子结构模型



### 玻尔原子模型

1913年波尔提出了  
核外电子分层排布的波尔理论

## 代表性的原子结构模型



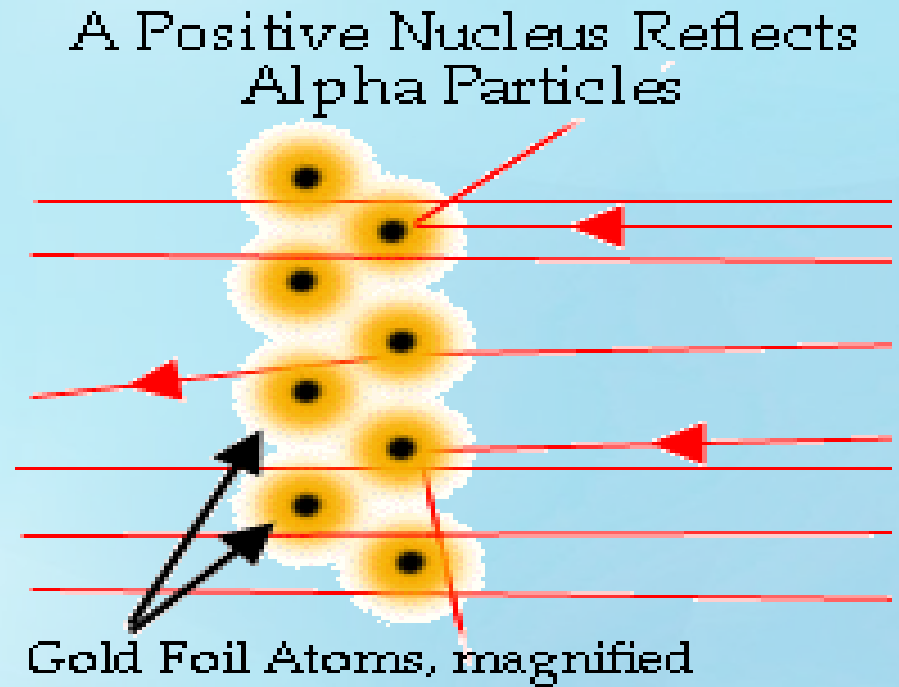
## 波粒二象性

20世纪30年代，以微观粒子波粒二象性为基础发展起来的量子力学，才建立了比较符合微观世界实际的物质结构近代理论。



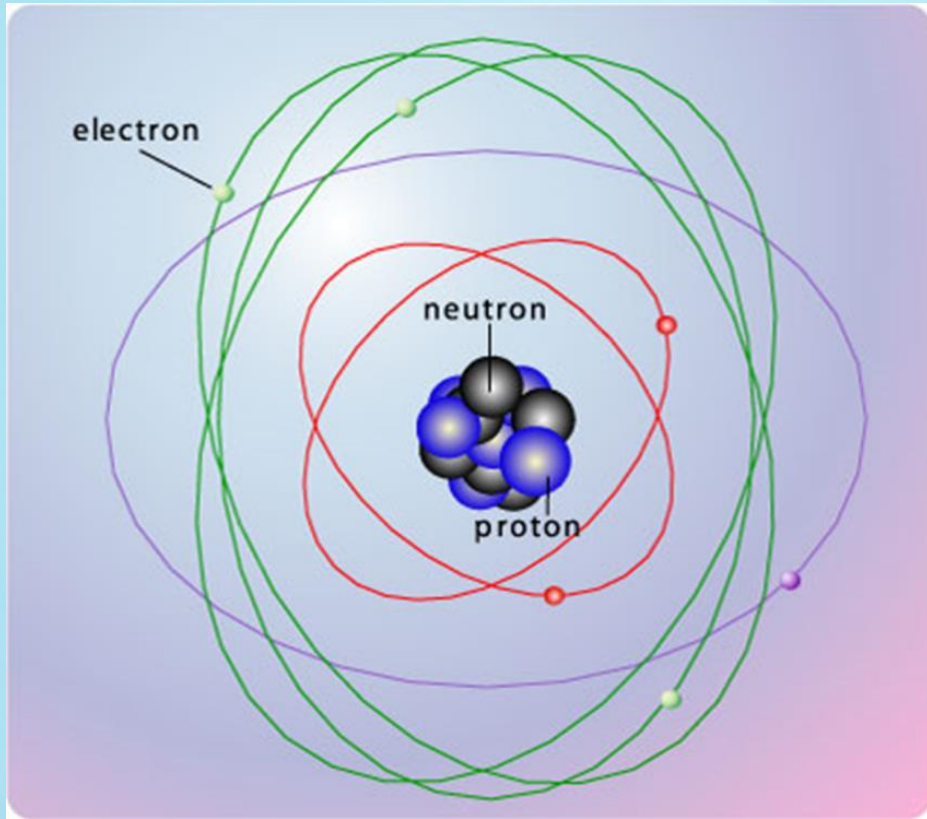
# 卢瑟福原子模型

1911年，卢瑟福  
根据 $\alpha$ 粒子轰击  
原子实验，建立  
了有核原子模型。





# 卢瑟福原子模型

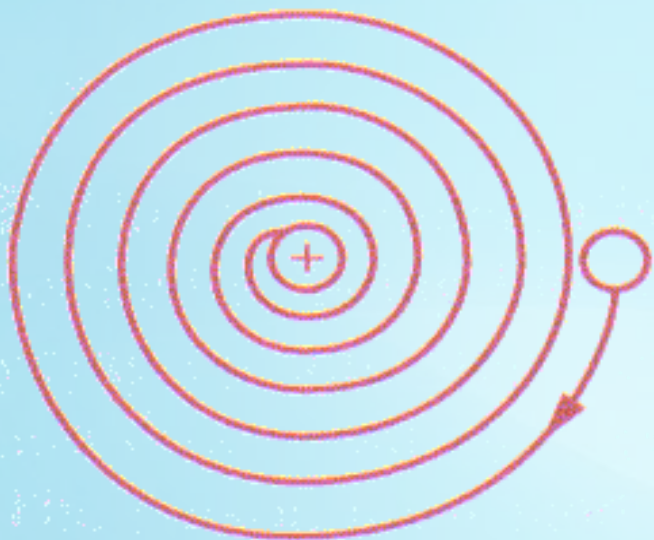


## 模型要点：

原子中央有一个体积非常小的、带正电荷的**原子核**；

在原子核周围很大空间里存在着围绕原子核运动的**电子**

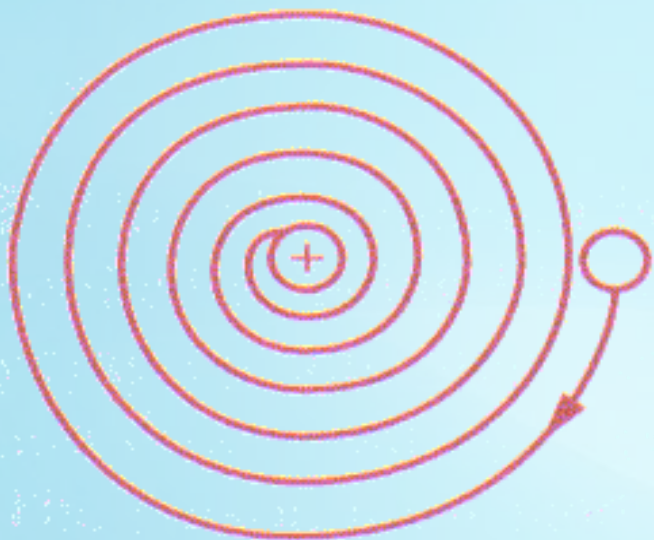
## 卢瑟福模型的局限



*An unsatisfactory atomic model*

— 电子以极大的速度绕核运动，辐射能量（电磁波）则轨道半径越来越小，最后在非常短的时间内掉在原子核上，引起原子毁灭，称为“**原子的塌陷**”。

## 卢瑟福模型的局限



*An unsatisfactory atomic model*

二 它不能说明元素的线状光谱产生的原因。据该原子模型，能量的释放应是不间断的，观察到的原子光谱应是连续的带状光谱，这与实验观察到的间隔的线状光谱不符。

# 玻尔模型



1913年，Bohr在

爱因斯坦的光子学说

普朗克的量子化学说

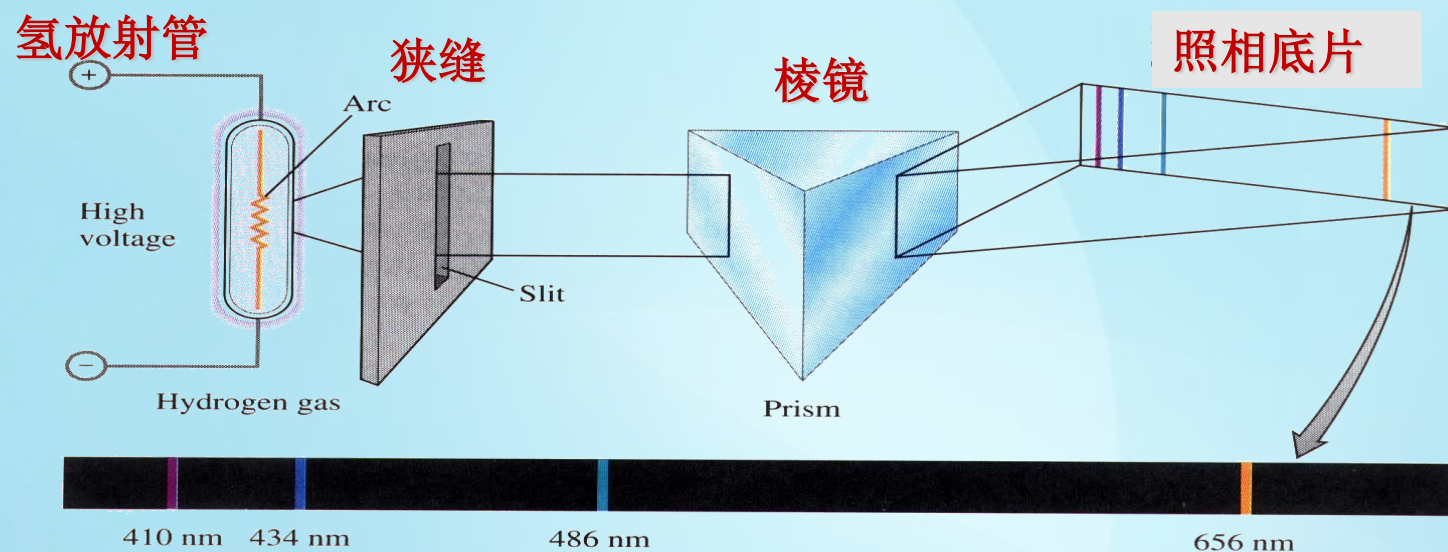
卢瑟福的有核模型

氢原子的光谱实验

基础上，建立了 *Bohr* 理论



# 玻尔模型



## 线状光谱特点：

- 1 不连续，只是些亮线组成
- 2 不同色，每种颜色对应着一个波长
- 3 不等距，相邻两种光的波长间距不相同



# 玻尔理论要点

1

## 定态假设

电子围绕原子核作圆形轨道运动。在一定轨道上运动的电子并不发生电磁辐射，而具有一定的能量。通常把它叫做**稳定状态**或**稳定轨道**。

# 玻尔理论要点

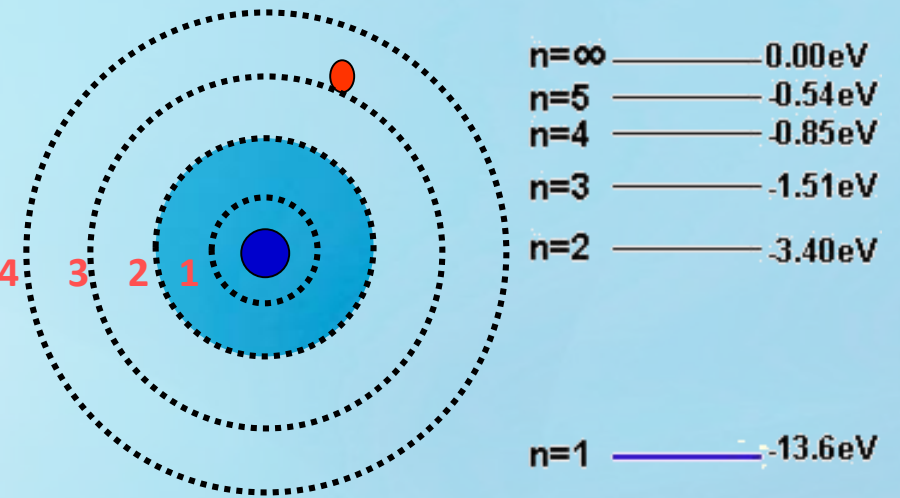
## 2 轨道假设

核外稳定轨道并不只一条，而是有好多条。不同轨道有不同能量，这些能量不连续。其能量为：

$$E = -13.6/n^2 \quad (\text{eV}) \quad n=1,2,3,4\dots$$

轨道半径： $r = n^2 a_0$   $a_0 = 52.9 \text{ pm}$ ,

为玻尔半径

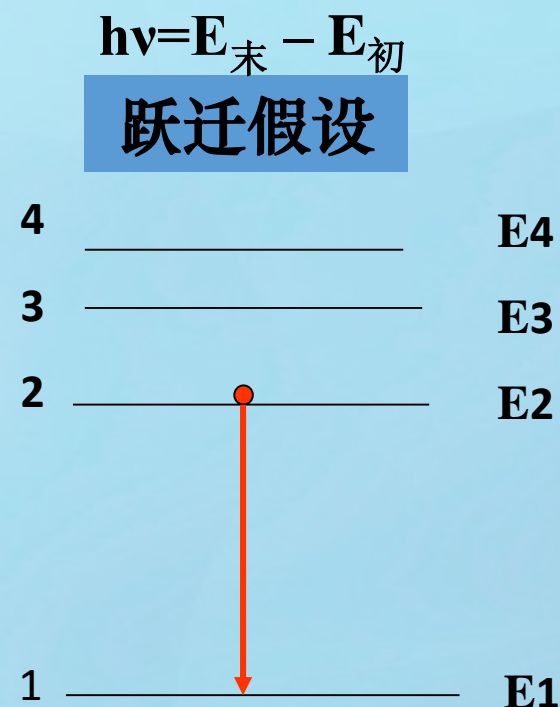


# 玻尔理论要点

3

## 跃迁假设 (激发态原子发光的原因) :

在正常情况下，原子中的电子处于基态，当电子受到激发时就可以从基态跳到激发态。激发态的电子并不稳定，它会发生电磁辐射放出光子，直接或逐步跳回基态，放出光子所具有的能量等于两个轨道的能量差。即：



# 玻尔理论的贡献



1

成功地解释了氢原子的线状光谱，它对氢原子光谱谱线频率的计算与实验结果很吻合。

# 玻尔理论的贡献



2

首先提出了电子运动  
能量的量子化概念。



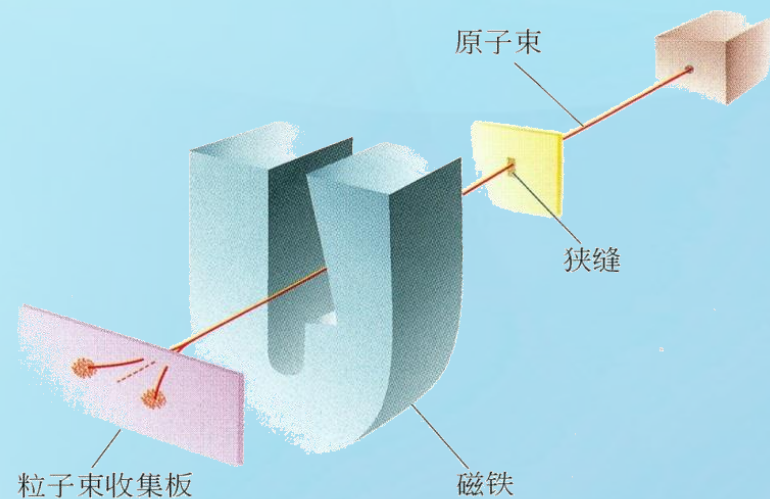
# 玻尔理论的主要局限

01

不能解释多电子原子的光谱

02

不能解释氢原子光谱在磁场中的分裂



## 玻尔理论的主要局限

这是因为玻尔理论并未完全**冲破经典力学理论**的束缚，仍然把微观粒子（电子）在原子核外的运动视为太阳系模型那样沿着固定轨道绕核旋转。

# 光的波、粒二象性理论

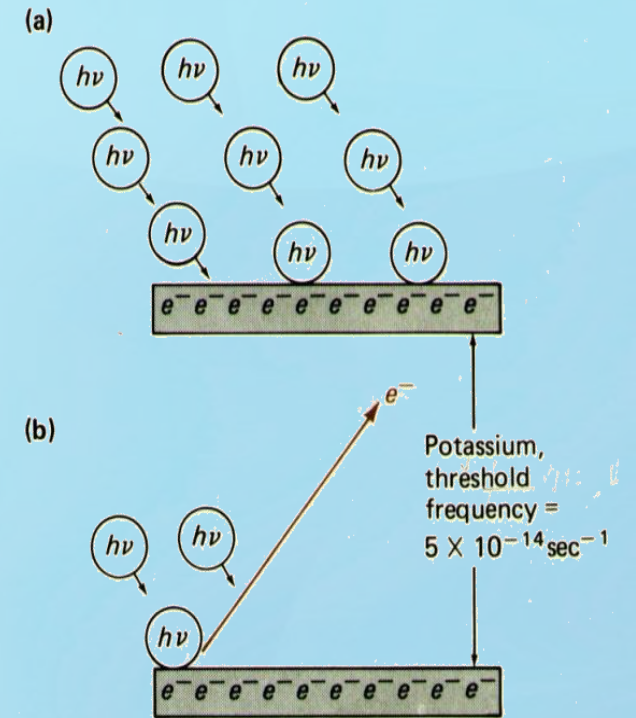
1905年爱因斯坦提出**光子学说**

指出**光**不仅是**电磁波**而且是一种**光子流**，  
光具有**波**（干涉、衍射等）、**粒**（吸收、  
发射、光电效应）二象性

动量为 $p$ 的**光子**，波长为 $\lambda$ ，普朗克常数 $h$

$$\text{则: } p = h / \lambda$$

普朗克常数  $h$ 架起了粒子性与波动性的桥梁， $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ 。



*The photoelectric effect*



**微观粒子是否也具有波动性呢？**



## 微观粒子的波、粒二象性



1924年法国科学家德布罗意 (L.de Broglie) 提出了电子、原子、分子等实物也具有波、粒二象性的假设。

## 微观粒子的波、粒二象性



运动着的实物微粒对应同一个波，即物质波（**德布罗意波**）波长为

$$\lambda = h / p = h / mv$$

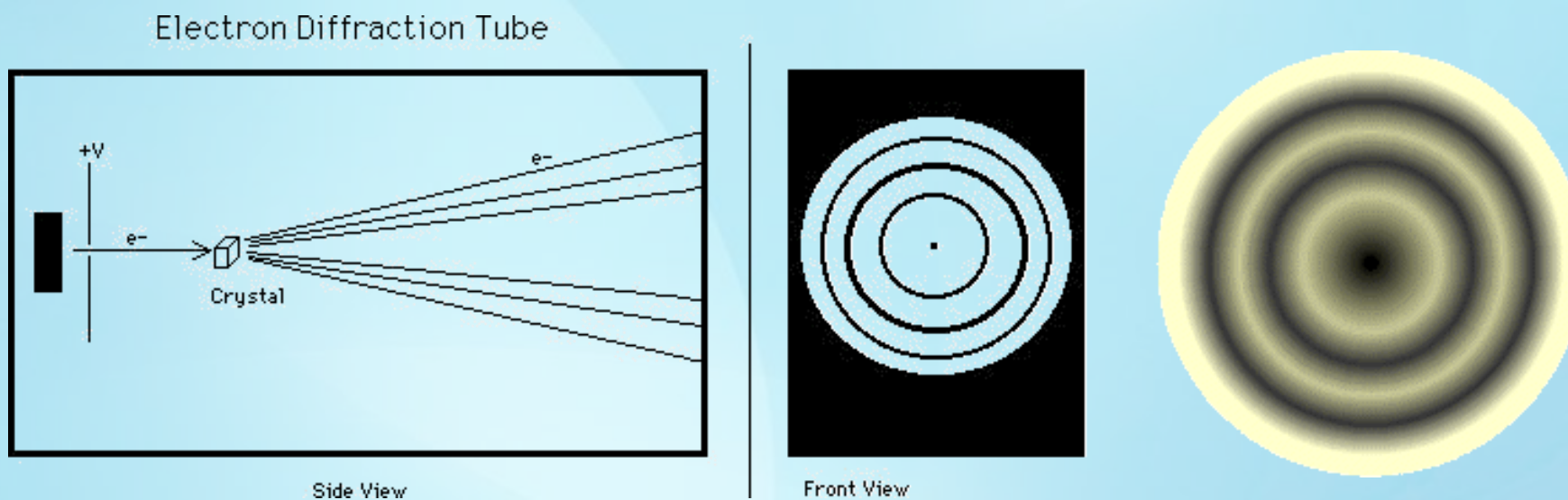
**德布罗意关系式**，可算出电子波的波长。

## 电子衍射实验证实了**粒子波动性**

1927年，美国物理学家戴维逊（Davison, C.J.）和盖末（Germer, L.H.）

当一束电子以一定的速度穿过晶体投射到照相底片上时，在底片上得到的不是一个点而是一系列明暗相间的衍射环纹。

# 电子衍射实验证实了**粒子波动性**



证明了电子也如同光一样具有波动性



## 如何理解**粒子**具有波动性



少数电子的感光斑点



大量电子的感光斑点

# 如何理解**粒子具有波动性**

## 波恩的统计解释

电子的波动性是微粒性的统计性行为，  
电子波是统计性的波，叫**概率波**。

# 如何理解粒子具有波动性

## 波恩的统计解释

衍射强度大（亮）的地方，波的强度大，电子出现的**概率密度**（单位体积里的概率）**大**。

衍射强度小（暗）的地方，波的强度小，电子出现的**概率密度小**。

# 如何理解**粒子具有波动性**

## 波恩的统计解释

**电子运动没有确定的经典运动轨道，  
在空间任一点上，电子波的强度与  
电子出现的概率密度成正比。**



# 电子运动的三大特性

## 能量量子化

能量的变化是  
不连续的

A

## 波粒二象性

微粒也是物质波

B

## 统计性

概率波，无固定  
运动轨迹

C

# 思考



**如何描述电子运动的特性呢？**