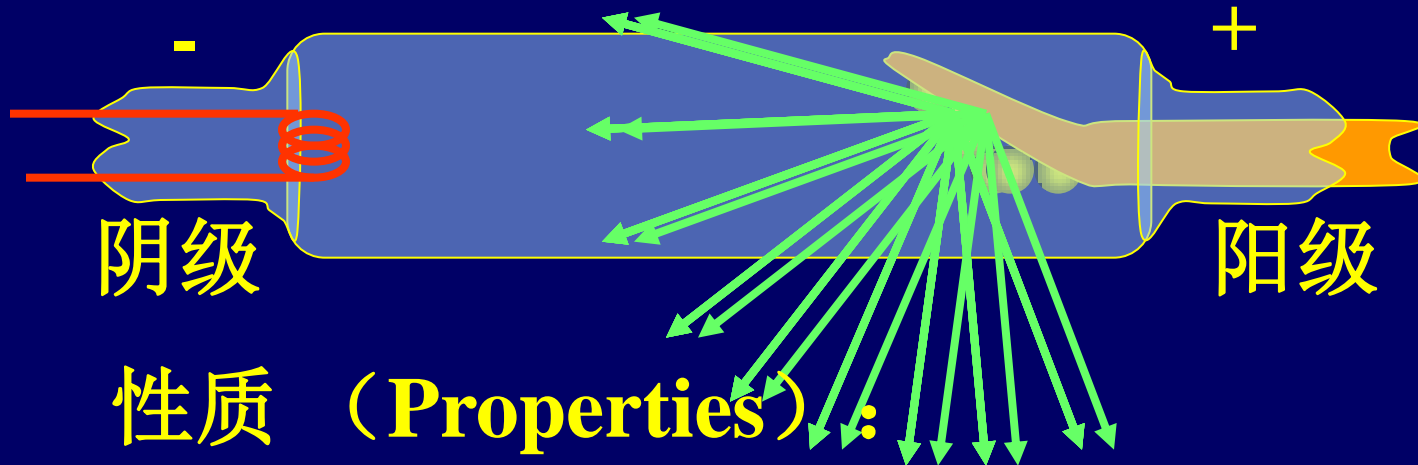


## 5. 伦琴射线对晶体的衍射 (Diffraction of Rotgen Rays in the Crystal)

### 1) X射线 (X-ray)

1895年伦琴发现用高速电子冲击固体时，有一种新射线从固体上发出来。



性质 (Properties):

具有很强的穿透能力，能使照片感光，空气电离。本质是什么？不知道，就叫“X射线”吧！

当时人们以照X射线像为时髦。

发现的X射线是什么呢？人们初步认为是一种电磁波，于是想通过光栅来观察它的衍射现象，但实验中并没有看到衍射现象。原因是X射线的波长太短，只有一埃（ $1\text{\AA}$ ）。

一光栅 $d=3\times 10^4\text{\AA}$ （每mm333条刻痕），则第一级明纹满足： $(a+b)\sin\theta = k\lambda$

$$d \sin \theta = \pm \lambda$$

$$\sim 0.002^\circ$$

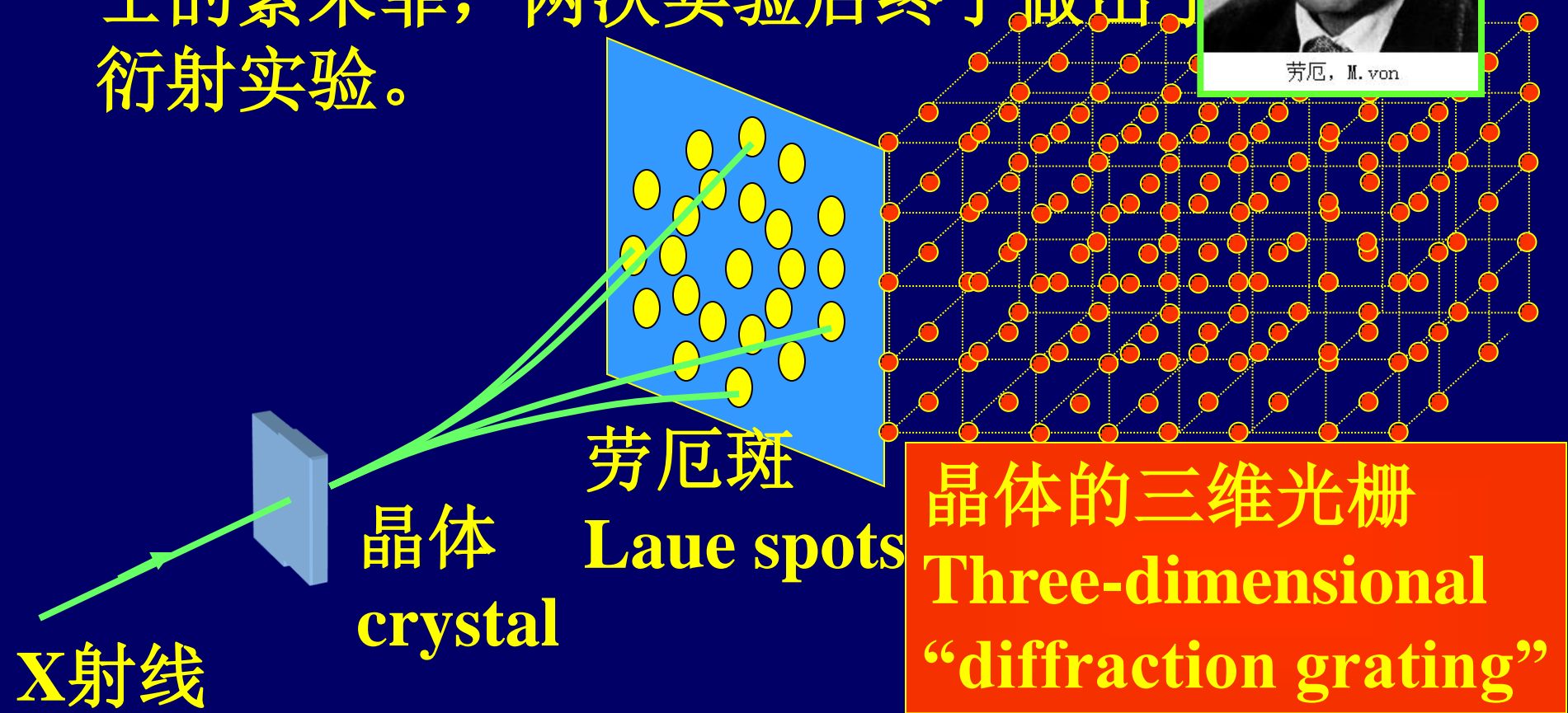
$$\theta \approx \sin \theta = \pm \lambda / d = \pm 1\text{\AA} / 3 \times 10^4\text{\AA} = 3.3 \times 10^{-4} \text{rad}$$

实际上是无法分辨的。要分辨X射线的光栅也要在埃的数量级才行。

人们想到了晶体。因为晶体有规范的原子排列，且原子间距也在埃的数量级。是天然的三维光栅。

## 2) Laue spots

1912年德国物理学家劳厄想到了这一普朗克老师，没得到支持后，去找正士的索末菲，两次实验后终于做出了衍射实验。

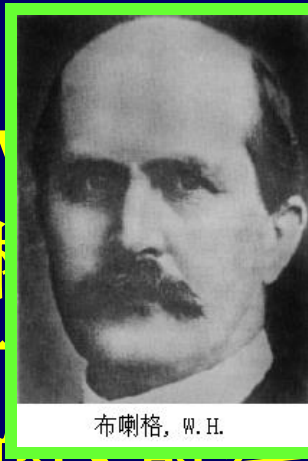


晶体的三维光栅  
Three-dimensional  
“diffraction grating”

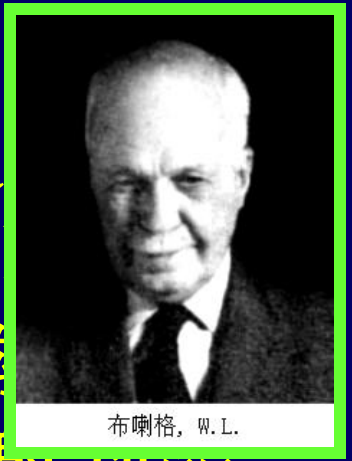
X射线 X--ray Laue spots proves wave properties of X-ray.

### 3) 布喇格定律 Bragg's law

1913年英国布喇格父子 (W. H. Bragg and W. L. Bragg) 建立了一个公式--布喇格定律，用来解释劳厄斑点，而且能用于对X射线的衍射现象。

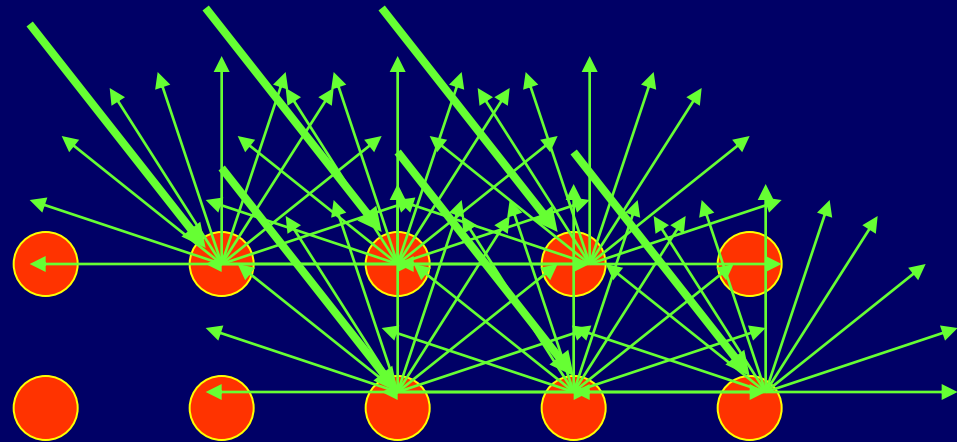


布喇格, W. H.



布喇格, W. L.

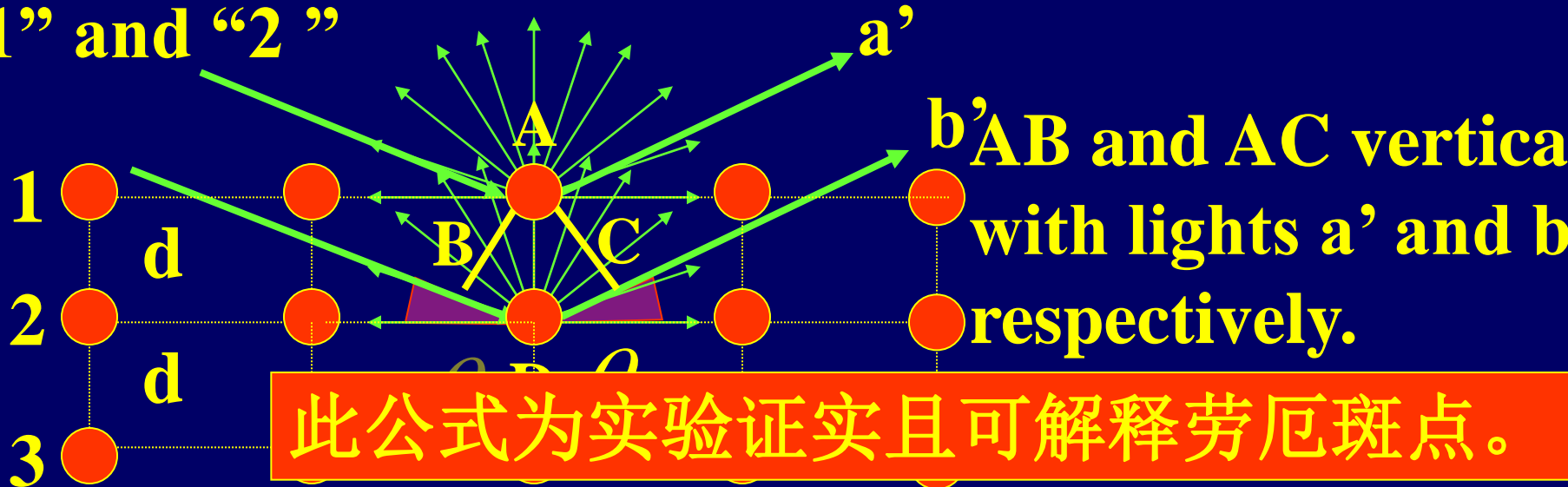
布喇格父子认为当能量很高的X射线射到晶体各层面的原子时，原子中的电子将发生强迫振荡，从而向周围发射同频率的电磁波，即产生了电磁波的散射，而每个原子则是散射的子波波源；劳厄斑正是散射的电磁波的叠加。



Adding “reflection” rays from the entire family planes

An incident wave (wavelength  $\lambda$ ) strikes the planes

“1” and “2”



此公式为实验证实且可解释劳厄斑点。

The path difference for rays from adjacent planes:

$$BD + DC = 2d \sin \theta$$

The condition of a constructive interference:

$$2d \sin \theta = k\lambda \quad (k = 1.2.3 \dots)$$

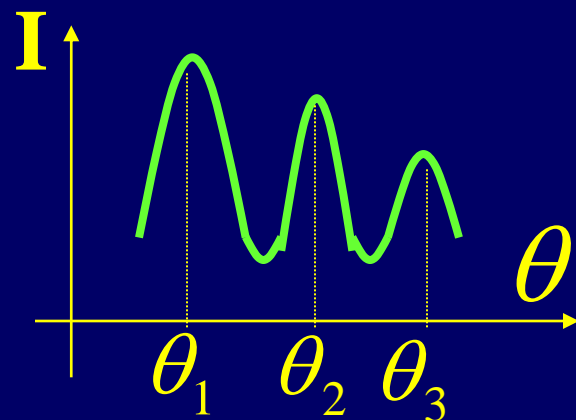
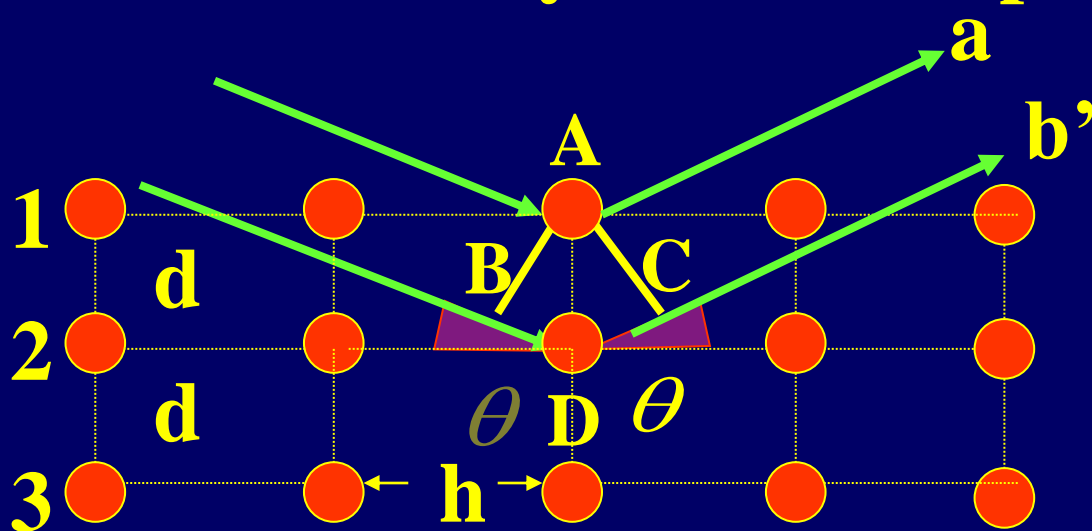
This relation is called Bragg's law.

# Bragg's law

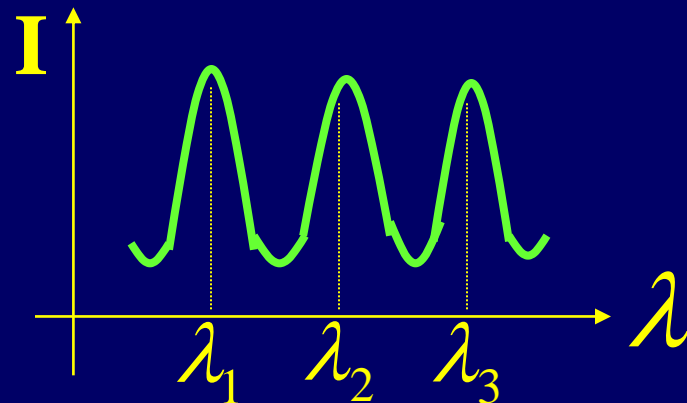
$$2d \sin \theta = k\lambda \quad (k = 1.2.3 \dots)$$

discuss讨论:

A) with particular  $d$  and  $\lambda$ , the maximum diffraction can only be seen on particular directions.

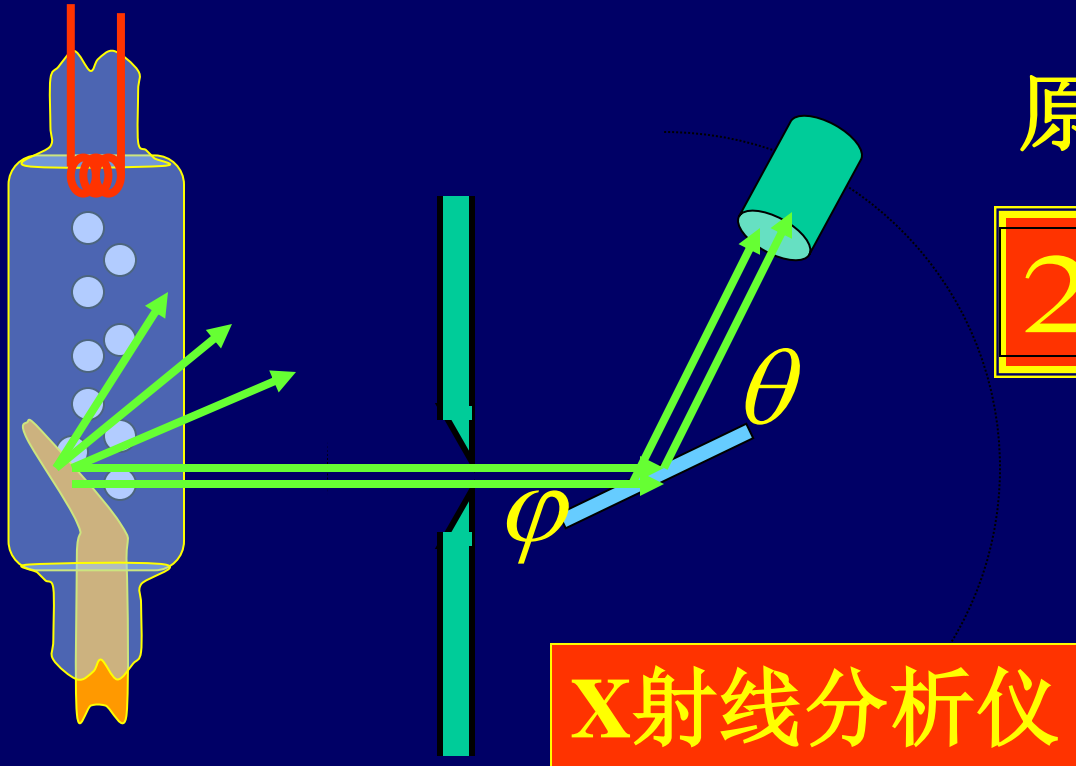


B) with particular  $d$  and  $\theta$ , the maximum diffraction can only be made with particular wavelengths



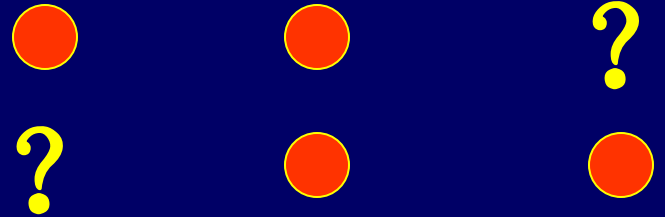
## 4) X射线衍射的应用

已知X射线的波长测定晶体的晶格常数。



原理:

$$2d \sin \theta = k\lambda$$



世界闻名的事件:

1953年, 用于测定“DNA”脱氧核糖核酸的双螺旋结构就是用的此法。

1、DNA双螺旋结构  
P代表磷酸、  
S代表脱氧核糖；  
A、T、B分别为  
碱基

2、解旋并以母链为  
模板进行新的碱基  
配对。

3形成新的DNA分子。

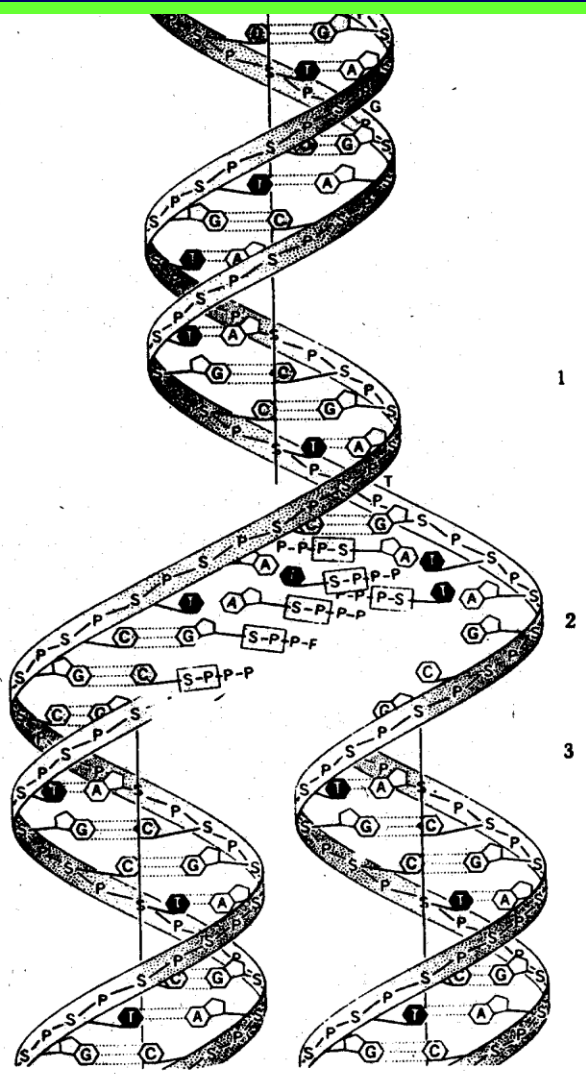


图 2-7 1. DNA 的双螺旋结构，图中 P 代表磷酸，S 代表脱氧核糖，A、T、C、G 代表碱基；2. 解旋并以母链为模板进行新的碱基配对；3. 形成两个新的 DNA 分子。