# 杨氏双缝干涉条纹间距到底是不是相等的？

**海军航空工程学院 李磊 梁吉峰 选自《物理教师》2008年第11期**

在杨氏双缝干涉实验中，在现行的高中物理教科书中得出相邻的明纹（或者暗纹）中心间距为：Δ*x*＝*λ*，其中*L*为双缝与屏的间距，*d*为双缝间距，对单色光而言，其波长*λ*为定值，所以我们得出的结论是干涉图样为等间距的一系列明暗相同的条纹，但是在现行的高中物理教科书中所给的干涉条纹的照片却并非如此，如图1。我们可以看到只是在照片中央部分的干涉条件是等间距的，但是在其边缘部分的条纹的间距明显与中央部分的条纹间距不同。问题到底出在哪里呢？



首先我们来看现行的教科书上对于杨氏双缝干涉的解释，如图2。



设定双缝S1、S2的间距为*d*，双缝所在平面与光屏P平行。双缝与屏之间的垂直距离为*L*，我们在屏上任取一点P1，设定点P1与双缝S1、S2的距离分别为*r*1和*r*2，O为双缝S1、S2的中点，双缝S1、S2的连线的中垂线与屏的交点为P0，设P1与P0的距离为*x*，为了获得明显的干涉条纹，在通常情况下*L*≫*d*，在这种情况下由双缝S1、S2发出的光到达屏上P1点的光程差Δ*r*为

S2M＝*r*2－*r*1≈*d*sin*θ*， （1）

其中*θ*也是OP0与OP1所成的角。

因为*d*≪*L*，*θ*很小，所以

sin*θ*≈tan*θ*＝ （2）

因此Δ*r*≈*d*sin*θ*≈*d*。

当Δ*r*≈*d*＝±*kλ*时，屏上表现为明条纹，其中*k*＝0，1，2，……， （3）

当Δ*r*≈*d*＝±（*k*＋）*λ*时，屏上表现为暗条纹，其中是*k*＝0，1，2，……。（3′）

我们继续算得光屏上明条纹和暗条纹的中心位置。

当*x*＝±*kλ*时，屏上表现为明条纹，其中*k*＝0，1，2，…。 （4）

当*x*＝±（*k*＋）*λ*时，屏上表现为暗条纹，其中*k*＝0，1，2，…。 （4′）

我们还可以算出相邻明条纹（或者暗条纹）中心问的距离为

Δ*x*＝*x*k＋1－*x*k＝*λ*。 （5）

至此我们得出结论：杨氏双缝干涉条纹是等间距的。

问题就在于以上的推导过程中，我们用过两次近似，第1次是在运用公式Δ*r*＝*r*2－*r*1≈*d*sin*θ*的时候，此式近似成立的条件是∠S1P1S2很小，因此有S1M⊥S2P1，S1M⊥OP1，因此∠P0OP1＝∠S2S1M，如果要保证∠S1P1S2很小，只要满足*d*≪*L*即可，因此Δ*r*≈*d*sin*θ*是满足的。

第2次近似是因为*d*≪*L*，*θ*很小，所以sin*θ*≈tan*θ*。下面我们通过表1来比较sin*θ*与tan*θ*的数值。

表1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *θ* | 1° | 2° | 3° | 4° | 5° | 6° |
| sin*θ* | 0.017452 | 0.034899 | 0.052359 | 0.069756 | 0.087155 | 0.104528 |
| tan*θ* | 0.017455 | 0.034920 | 0.052407 | 0.069926 | 0.087488 | 0.105104 |
| *θ* | 7° | 8° | 9° | 10° | 11° |  |
| sin*θ* | 0.121869 | 0.139173 | 0.156434 | 0.173648 | 0.190808 |  |
| tan*θ* | 0.122784 | 0.140540 | 0.158384 | 0.176326 | 0.194380 |  |

从表1中我们可以看出当*θ*＝6°时，≈0.6%。因此当*θ*≥6°时，相对误差就超过了0.6%，因此我们通常说sin*θ*＝tan*θ*成立的条件是*θ*≤5°，当*θ*＞5°时，sin*θ*≈tan*θ*就不再成立。而在杨氏双缝干涉实验中，*θ*很小所对应的条件应该是*x*≪*L*，这应该对应于光屏上靠近P0的点，在此种情况下上述的推导过程是成立的，干涉条纹是等间距的。

而当x较大时，也就是光屏上离P0较远的点所对应的*θ*角也较大，当*θ*＞5°时，sin*θ*≈tan*θ*就不再成立，上述推导过程也就不完全成立了，（2）式就不能再用了。

此时sin*θ*＝

所以，Δ*r*≈*d*sin*θ*＝＝±*kλ*，屏上表现为明条纹，其中*k*＝0，1，2，…，

Δ*r*≈*d*sin*θ*＝＝±（*k*＋）*λ*，屏上表现为暗条纹，其中*k*＝0，1，2，…。

因此可以得到光屏上明纹或者暗纹的中心位置为*x*＝±，屏上表现为明条纹，其中*k*＝0，1，2，…，

*x*＝±，屏上表现为暗条纹，其中*k*＝0，1，2，…。

则相邻的明条纹中心间距为

Δ*x*明＝*x*k＋1明一*x*k明＝－

邻暗条纹中心间距为

Δ*x*暗＝*x*k＋1暗一*x*k暗＝－

由上式可见相邻的明、暗条纹就不再是等间距的了，这也正如教科书上的照片所示的条纹分布。

下面我们通过一个实例来定量计算等间距条纹的条数。

例1：用氦氖激光器（频率为4.74×1014Hz）的红光照射间距为2 mm的双缝时，试求我们能观察到的等间距的条纹的条数。

解：因为Δ*r*＝*d*sin*θ*＝*kλ*，所以

*k*＝＝＝≈2.8。

考虑到光屏的两侧，我们最终能够在光屏上观察到的等间距的条纹大致为5条。