

2012年全国中学生物理竞赛吉林赛区实验试题2参考答案

一、衍射模板上指定衍射单元的实验定性分析：

| 序号 | 1 | 2 | 3 |
|----------|---|--|---|
| 衍射 花样 | | | |
| 分析 结果 | 单缝衍射 | 双缝衍射 | 双缝衍射(间距较大) |
| 分析 理由 | 1.衍射花样呈一维水平方向，说明光受到水平方向限制。物具有缝结构特征。 2.主极大集中了大部分光强，且宽度约为次级强宽度的2倍。 | 1.衍射花样呈一维方向，强度及宽窄分布与1号物类似，具有单缝衍射特征。 2.在主极大和次极大衍射斑中，有等间距垂直干涉条纹，说明衍射物具有双缝干涉的特征。 | 1.衍射花样及分布特征与2号衍射物相似，具有双缝结构。 2.不同之处在于衍射强度主极大和次极大中的干涉条纹更密集，说明双缝间距较大。 |

| 序号 | 4 | 5 | 6 |
|----------|---|---|---|
| 衍射 花样 | | | |
| 分析 结果 | 双缝衍射(间距较小) | 4缝衍射 | $\gg 4$ 缝衍射 |
| 分析 理由 | 1.衍射花样方向、强度分布与2、3号相似，具有双缝衍射的特征。 2.干涉条纹间距较大，说明双缝间距比前两者都小。 | 1 水平一维方向的衍射花样说明光在水平方向受限。说明衍射物具有缝特征。 2 与前几个衍射比较主极强宽度变窄，宽度近似相等，具有多缝干涉特点， 3.极大中间有两级次级强衍射存在，所以衍射物为4缝结构。 | 1.与5号相比主极大宽度进一步变窄，强度近相等，具有多缝衍射特征， 2.次级衍射斑基本看不到，说明缝的数量远大于5号 |

| 序号 | 12 | 11 | 10 |
|----|----|----|----|
| 衍射 | | | |

| | | | |
|------|---|--|--|
| 花样 | | | |
| 分析结果 | 矩孔衍射 | 双圆孔衍射 | 双圆孔衍射(间距变大) |
| 分析理由 | 1.衍射具有水平、竖直两维结构,说明光在两个方向受到限制。 2.中心主极大集中了大部分光能量。水平和竖直衍射强度分布说明衍射物具有方孔衍射特征, 3.水平方向比竖直方向衍射现象更明显,衍射物为竖直矩孔。 | 1.衍射呈圆形环状,说明光在各个方向均匀受限,物具有圆孔特征。 2.中心较强圆斑集中了大部分光能。 3在衍射圆斑上有水平排列竖直等间距条纹存在,说明物具有双光源干涉的特点。 | 1.衍射花样与 11 号基本相同,说明衍射物为双圆孔。 2.不同之处在于水平分布的干涉条纹间距较小,说明双圆孔间距比 11 号衍射物双孔间距要大。 |

| | | | |
|------|---|--|--|
| 序号 | 9 | 8 | 7 |
| 衍射花样 | | | |
| 分析结果 | 双孔衍射(间距变小) | 一维光栅衍射 | 二维正交光栅衍射 |
| 分析理由 | 1.该衍射花样特征与 11 号相同,只是条纹更加稀疏,说明双孔间距进一步变小。 | 1.衍射呈一维水平分布,说明光在水平方向受限,物具有缝结构的特征。 2.各级极大衍射光斑宽度非常小且基本相等,强度相近,说明衍射缝的数量较多,具有一维光栅衍射的特点。 | 1.衍射分布具有水平、竖直二维结构,主极大衍射宽度非常小,与 11 号比较可知,该衍射物为水平、竖直排列的正交光栅。 |

二、对指定的衍射单元进行实验定量测量:

(I) 第 1 号衍射单元定量测量:

根据前面定性分析的结果该衍射物为单缝。

单缝宽度测量如下

- 1、简述实验原理:根据惠更斯-菲涅耳波的叠加原理,屏上的任何一点光强是波面上各次波源,在该处相干叠加的结果。位相相同的两波叠加,光强为极大,位相相反的两波叠加,光强为极小。
- 2、测量公式的半经典物理推导:

光路如图所示,将单缝分为上下相等两部分,从 $\theta = 0$ 增加角度 θ 值,总能找到满足光程差 $\Delta = |r_1 - r_2| = \lambda$,然后自上而下,在狭缝上、下两部分找到相对应的两点,选择这一对次波源进行叠加。由图可以看出,两者光程差为半波长,因此位相正好相反,所以,在 A 点叠加的结果,光强为极小值(暗点)。依次类推,将狭缝上所有次波源相干叠加。总的叠加结果在屏幕形成一个衍射光强极小值(暗点),因此,当满足暗点条件时:

$$\frac{a}{2} \sin \theta = \frac{\lambda}{2} \quad \text{从而} \quad a \sin \theta = \lambda \quad \text{考虑夫朗和费远场条件:} \quad \sin \theta \approx \tan \theta = h / L$$

零级衍射主极大宽度为 $\Delta l = 2h$, 单缝宽度: $a = \frac{2L\lambda}{\Delta l}$, 其中 L 衍射距离, Δl 零级衍射光斑大小, λ 激光波长。

双孔间距 $\Delta l = 0.29$ (mm)

(III) 第 8 号衍射单元的定量测量:

- a) 定性分析: 答案和评分标准见前面定性部分。一维光栅
- b) 测量公式: $d \sin \theta = k\lambda$ d 为光栅常数, θ 为衍射角。

表 4、一维光栅衍射常数 d 测量:

单位: mm

| | 衍射板位置 L1 | 像屏位置 L2 | 衍射距离 L | 衍射左侧-1 亮点位置 | 衍射右侧+1 亮点位置 | 2 个衍射板 大间距 | 光栅常数 d |
|-----|-------------|------------|-----------|----------------|----------------|---------------|----------|
| 1 | 42.50 | 148.00 | 105.50 | -36.2 | 31.0 | 67.2 | 0.0199 |
| 2 | 42.50 | 143.00 | 100.50 | -34.8 | 29.3 | 64.1 | 0.0198 |
| 3 | 42.50 | 138.00 | 95.50 | -33.0 | 27.8 | 60.8 | 0.0199 |
| 平均值 | | | | | | | 0.0199 |

光栅衍射常数 $d = 0.0199$

附加: 定性分析的语言描述

分析理由:

衍射花样呈一维水平方向, 说明光收到水平方向限制。物具有缝结构特征。
主极大集中了大部分光强, 且宽度约为次级强宽度的 2 倍。

衍射花样呈一维方向, 强度及宽窄分布与 1 号物类似, 具有单缝衍射特征。
在主极大和次极大衍射斑中, 有等间距竖直干涉条纹, 说明衍射物具有双缝干涉的特征。

衍射花样及分布特征与 2 号衍射物相似, 具有双缝结构。
不同之处在于衍射强度主极大和次极大中的干涉条纹更密集, 说明双缝间距较大。

衍射花样方向、强度分布与 2、3 号相似, 具有双缝衍射的特征。
干涉条纹间距较大, 说明双缝间距比前两者都小。

水平一维方向的衍射花样说明光在水平方向受限。
说明衍射物具有缝特征。
与前几个衍射比较主极强宽度变窄, 宽度近似相等, 具有多缝干涉特点, 极大中间有两级次级强衍射存在,
所以衍射物为 4 缝结构。

与 5 号相比主极大宽度进一步变窄，强度近相等，具有多缝衍射特征，次级衍射斑基本看不到，说明缝的数量远大于 5 号

衍射具有水平、竖直二维结构，说明光在两个方向受到限制。

中心主极大集中了大部分光能量。水平和竖直衍射强度分布说明衍射物具有方孔衍射特征，水平方向比竖直方向衍射现象更明显，衍射物为竖直矩孔。

衍射呈圆形环状，说明光在各个方向均匀受限，物具有圆孔特征。

中心较强圆斑集中了大部分光能量。

在衍射圆斑上有水平排列竖直等间距条纹存在，说明物具有双光源干涉的特点。

衍射花样与 8 号基本相同，说明衍射物为双圆孔。

不同之处在于水平分布的干涉条纹间距较大，说明双圆孔间距比 8 号衍射物较小。

该衍射花样特征与 8、9 号相同，只是条纹更加密集，说明双孔间距较大。

衍射呈一维水平分布，说明光在水平方向受限，物具有缝结构的特征。

各级极大衍射光斑宽度基本相同，强度近似相等，说明衍射缝的数量较多，具有光栅衍射的特点。

衍射具有水平、竖直二维结构，主极大衍射宽度非常小，与 11 号比较可知，该衍射物为水平、竖直排列的正交光栅。