第 29 届全国中学生物理竞赛吉林赛区复赛实验试题

黑　匣　子

（本题满分 20 分.考试时间：90 分钟）

一、 实验器具

黑盒子、直流电流表(量程 100μA，内阻 Rg 为 kΩ 量级。红色接线端子为正极)、电阻箱和开关各一个，导线若干。盒子左上角有一红色按钮式常断开关。

二、 说明

1，盒内元件的种类不超出以下四类：直流电源（内阻 r 不可忽略）、定值电阻、电容器、半导体二极管。

2、盒内元件中半导体二极管的个数不超过 1。其它各类元件的个数可能是 0、1、2 中的某个值。

3、元件之间不构成并联回路。

4、充许在各接线柱之间作任何连接。

三、要求

1、判定盒中元件类型和位置。把元件符号画在接线位置图上。并画出电原理图。

2、盒中若有直流电源，要判定正负极，并测出其电动势 ε 和内阻 r 的数值；若有定值电阻，要测出阻值；若有二极管，要判定正负极；若有电容器，判定其位置。

3、每步测量或判定，都要画出电路原理图并简要写明测量和判定依据。

2012年全国中学生物理竞赛吉林赛区实验试题2

考试时间：90分钟

实验仪器：光导轨、 氦氖激光器（波长632.8nm）、衍射模板及二维调节架、手持式读数放大镜、带有毫米刻度的白屏。

实验要求：（一）利用光的夫琅和费衍射规律，根据衍射花样**定性**分析衍射模板组中第1、2、7、10、11、12号被标记单元衍射物的几何形状和组成结构。对衍射模板上目标物的夫郎和费衍射现象进行定性分析。

1、画出衍射花样、给出对应衍射物的几何结构示意图，并写出这样分析的理由。

2、将分析结果填入到答题卷中相应指定的表格里。

（二）对被标记的第1号单元衍射物进行定量测量。

1、简述实验原理、并用半经典物理的波叠加方法，推导出测量公式。

2、画出推导公式所采用的光路示意图。

3、简述必要的实验步骤。

4、在满足远场条件下，选取3个不同衍射距离进行测量，计算出该衍射物的几何结构尺寸，并给出在3个不同条件下实验测量结果的平均值。

（三）对标记的第9号单元衍射物进行定量测量。

1、根据衍射花样，说明该单元衍射物的几何结构组成和特点，并给出2个用于描述衍射物几何尺寸的相应测量公式。

2、在满足远场条件下，选取3个不同衍射距离分别进行2个结构尺寸的测量，并给出3个不同条件下实验测量结果的平均值。

（四）对标记的第8号单元衍射物进行定量测量：

1、给出描述该衍射单元光学特征参数的测量公式。

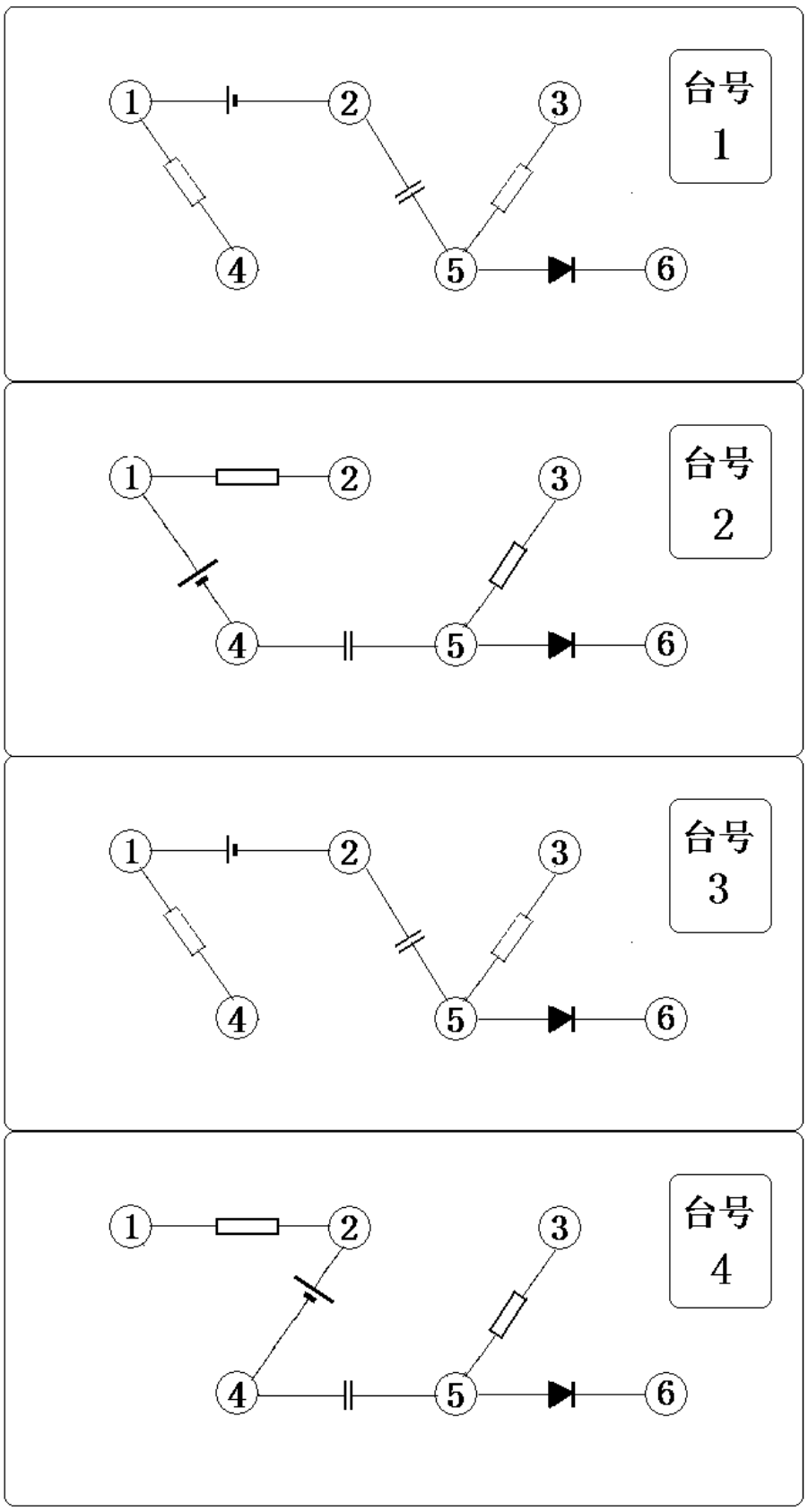
2、在满足远场条件下，选取3个不同衍射距离进行测量，并给出3个不同条件下实验测量结果的平均值。

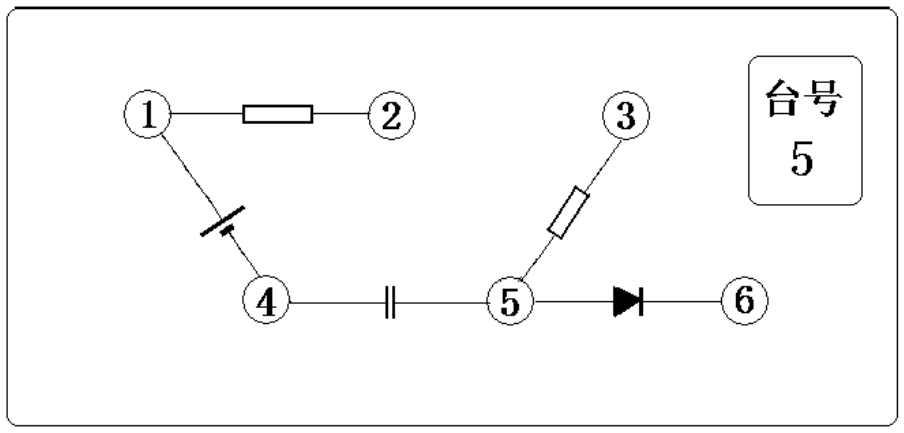
注意事项：定量测量时，一定要记录暗点中心的位置。

12 年全国中学生物理竞赛实验试题 1

黑匣子参考答案

一、接线位置图





二、测量元件的参数（略）

① ② ③ ④ ⑤ ⑥

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，有等间距竖直干涉条纹，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	>>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 θ =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：

$\frac{a}{2}\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$　　从而　　$a\sin\theta = \lambda$　　考虑夫郎和费远场条件：$\sin\theta \approx tg\theta = h/L$

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，$\Delta l$ 零极衍射光斑大小，λ 激光波长。

实验步骤及条件：

1、 光源共轴调节，导轨上移动光屏光点位置不变。

2、 调整衍射模板与激光垂直，并上下、左右移动模板的位置，保证衍射效果达到最佳。

3、 衍射模板与屏的距离 L 应尽量选择大一些，以满足夫郎和费衍射的远场条件。

4、 选择测量零极衍射条纹两测暗点中心位置间的距离。

5、 选择 3 个不同衍射距离 L 分别测量。

表 1、单缝宽度测量数据　　单位：毫米

	衍射板位置 L1	像屏位置 L2	衍射距离 L	衍射主极大左侧暗点位置	衍射主极大右侧暗点位置	主极大衍射宽度	单缝宽度
1	42.50	148.70	106.20	-11.5	5.5	17.0	0.079
2	42.50	142.50	100.00	-10.6	5.3	15.9	0.080
3	42.50	138.00	95.50	-9.7	4.9	14.6	0.083
平均值							0.080

单缝宽度 a=0.080(mm)

测量：有效数字数据

(II)第 9 号衍射单元的定量测量

定性分析：答案见前面的定性分析表。双圆孔衍射

双圆孔衍射： 圆孔径 D 和孔间距 d 的尺寸大小测量：

1、 定性分析：见前面定性分析部分。

2、 圆孔衍射爱里斑测量公式：$\frac{R\sin\theta}{\lambda}=0.61$，$D=1.22*\lambda/\Delta\theta$ ，D 为圆孔直径，$\Delta\theta$ 为衍射角

$\Delta\theta$=爱里斑直径/衍射距离 L

3、双孔干涉条纹间距公式：$d=\frac{L\lambda}{\Delta l}$　　L：衍射距离，Δl 为双孔间距。

4、用爱里斑测量圆孔直径

表 2、圆孔爱里斑直径 D 测量　　单位：mm

	衍射板位置 L1	像屏位置 L2	衍射距离 L	爱里斑上方暗点位置	爱里斑下方暗点位置	爱里斑直径	圆孔直径 D
1	42.50	148.00	105.50	-2.5	6.1	8.6	0.19
2	42.50	143.00	100.50	-2.3	5.7	8.0	0.19
3	42.50	138.00	95.50	-2.2	5.3	7.5	0.20
平均值							0.19

孔径大小： D=0.19（mm）

表 3、双圆孔间距测量　　单位：mm

	衍射板位置 L1	像屏位置 L2	衍射距离 L	左侧条纹暗点位置	右侧第 3 条纹暗点位置	3 个条纹间距	圆孔间距
1	42.50	148.00	105.50	-1.0	6.1	7.1	0.28
2	42.50	143.00	100.50	-0.6	5.9	6.5	0.29
3	42.50	138.00	95.50	-0.4	5.7	6.1	0.30
平均值							0.29

双孔间距 Δl =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 个衍射极大间距	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、竖直两维结构，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。