

傅里叶光学实验报告

物理 32 冯家琦/周方远 2023011338

摘要

我们在基物课上学习了光的衍射现象与光栅的原理，这次实验我们使用分光计，运用衍射光栅测光的波长，从而可以更加深刻理解我们课上学的光栅衍射公式。

1 实验原理

1.1 测定光栅常数和光波波长

理想的光栅可看作是许多平行的、等距离的和等宽的狭缝。

设有一光栅常数 $d=AB$ 的光栅 G 。有一束平行光与光栅法线成角度 i ，入射于光栅上产生衍射，如图所示。

若衍射相干加强从而产生明亮的条纹，则光程差满足方程

$$d(\sin \varphi \pm \sin i) = m\lambda \quad (1.1)$$

入射光线和衍射光线都在光栅法线的同侧时取正号；两者分居法线异侧时取负号。式中的 m 为衍射光谱的级次， m 为 $0, \pm 1, \pm 2$ 等， m 的符号取决于光程差的符号。

在光线正入射的情形下， $i=0$ ，则式(1.1)变成

$$d \sin \varphi_m = m\lambda \quad (1.2)$$

从而可用分光计测出衍射角 φ_m ，从已知波长可以测出光栅常数 d 。

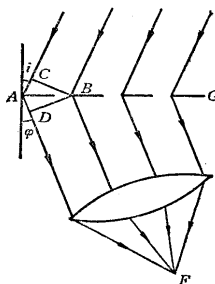


图 1: 光栅衍射

1.2 用最小偏向角法测定光波波长

若与入射线同在光栅法线一侧，类似的有

$$d(\sin \varphi + \sin i) = m\lambda \quad (1.3)$$

如图所示 偏向角 $\Delta = \varphi + i$ ，当 $\varphi = i$ 时 Δ 最小，记为 δ 称为最小偏向角，此时有

$$2d \sin \delta/2 = m\lambda \quad m = 0, 1, 2... \quad (1.4)$$

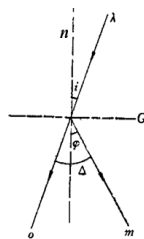


图2 衍射光谱的偏向角示意图

2 实验仪器及实验步骤

仪器：分光计，光栅，汞灯

2.1 调节望远镜

2.1.1 调节望远镜适合于观察平行光

先粗调目镜与叉丝的距离。然后将平面镜放在小平台上，点亮望远镜上的小灯，缓慢转动小平台，从望远镜中寻找镜面反射回来的绿十字像或绿光斑。找到十字像或绿光斑后，轻轻旋转“望远镜调焦旋钮”，从目镜中看到清晰的十字像

2.1.2 调节望远镜光轴垂直于分光计主轴

先从望远镜中看到由平面镜的一面反射的十字像，采取逐步减半逼近法：先调小平台下的螺钉使十字像与叉丝上交点之间的上下距离减半，再调节望远镜的俯仰角调节螺钉使像与叉丝上交点重合，然后转动平台 180° 进行同样调节，反复几次便可很快调好。

2.2 调节平行光管

调节狭缝和透镜间的距离，从望远镜中看到的是一清晰的狭缝像，到狭缝像的中点与叉丝中心交点重合

2.3 在光线垂直入射的情形下，即 $i = 0$ 时，测定光栅常数和光波波长

调节使光栅平面与平行光管的光轴垂直，光栅刻线（缝）与分光计主轴平行，然后测量零级左右两侧各对应级次的衍射线的夹角 $2\varphi_m$

2.4 在 $i = 15^\circ$ 时，测定汞灯光谱中波长较长（579.1nm）的黄线的波长。

使光栅平面法线与平行光管光轴的夹角（即入射角）等于 15° ，同时记下入射光方位和光栅平面的法线方位。然后测定波长较长的黄线的衍射角

2.5 用最小偏向角法测定波长较长（579.1nm）的黄线的波长

改变入射角，当目镜中谱线折返时，即为最小偏向角的位置，从而可由该谱线的方位及零级谱线的方位（即入射光的方位）测出最小偏向角 δ 。

3 数据处理

3.1 $i = 0$ 时 φ_m

绿		黄	
φ_{left}	φ_{right}	φ_{left}	φ_{right}
28°45'	47°45'	48°20'	28°15'
208°40'	227°40'	228°15'	208°10'

测量一级条纹

1、绿线求 d :

$$d = \lambda / \sin \frac{\varphi_{right} - \varphi_{left}}{2} = \frac{546.1nm}{\sin \frac{227^\circ 40' - 208^\circ 40' + 47^\circ 45' - 28^\circ 45'}{4}} = 3308.7nm$$

不确定度 $\Delta_d = \frac{\lambda \cos \frac{\varphi_{right} - \varphi_{left}}{2}}{2 \sin^2 \frac{\varphi_{right} - \varphi_{left}}{2}} \sqrt{(\Delta_{\varphi_{right}})^2 + (\Delta_{\varphi_{left}})^2} = \frac{546.1nm \cos \frac{227^\circ 40' - 208^\circ 40' + 47^\circ 45' - 28^\circ 45'}{4}}{2 \sin^2 \frac{227^\circ 40' - 208^\circ 40' + 47^\circ 45' - 28^\circ 45'}{4}} \sqrt{(1' / \sqrt{2})^2 + (1' / \sqrt{2})^2} = 2nm$

所以 $d = 3308 \pm 2nm$

2、黄线求 λ :

$$\lambda = d \sin \varphi_m = 3308nm \times \sin \left(\frac{228^\circ 15' - 208^\circ 10' + 48^\circ 20' - 28^\circ 15'}{4} \right) = 576.8nm$$

$$\Delta_\lambda = d \cos \varphi_m \times \Delta_{INS} / 4 = 3308nm \times \cos \frac{228^\circ 15' - 208^\circ 10' + 48^\circ 20' - 28^\circ 15'}{4} \times 1' = 0.9nm$$

所以 $\lambda = 576.8 \pm 0.9nm$ ，与真值 579.1nm 偏差 0.3%

3.2 $i = 15^\circ$ 时 φ_m

φ_{-1}	φ_1
43°30'	53°25'
223°20'	233°25'

位于异侧

测量一级条纹 $\lambda = d(\sin \varphi + \sin i) = 3308nm \times (\sin \frac{233^\circ 25' - 223^\circ 20' + 53^\circ 25' - 43^\circ 30'}{4} - \sin(15^\circ)) = 567.9nm$

与真值 579.1nm 偏差 2%

3.3 最小偏向角

法线位置	最小偏向角位置
28°40'	48°45'
208°30'	228°35'

$$\lambda = 2d \sin \delta / 2 = 2 \times 3308nm \times \sin \left(\frac{228^\circ 35' - 208^\circ 30' + 48^\circ 45' - 28^\circ 40'}{4} \right) = 579.0nm$$

与真值 579.1nm 偏差 0.01%

4 总结

- 对光波衍射现象和光栅有了更深的了解

- 学会了分光计的操作方法

5 原始数据

