



数码相机在光学实验中的应用

王凤鹏



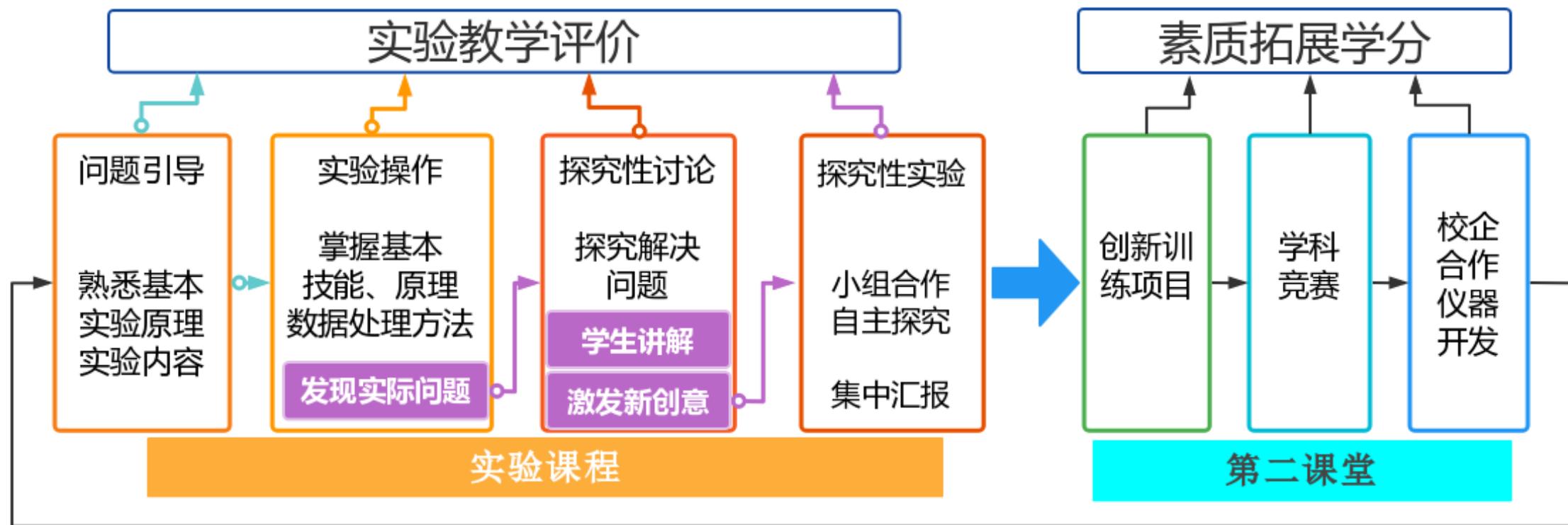


普通师范院校物理实验易出现的问题

- ▣ 实验仪器陈旧，教学方法按步就班——学习兴趣、动力不足
- ▣ 课时不足，综合性实验效果差——解决问题能力、创新能力不足
- ▣ 师范生实验教学训练不够——实验教学能力不足



赣南师范大学 探究式实验教学



创新实验内容、方法

光学实验中常用的测量工具

测微目镜



双棱镜实验

显微镜



牛顿环实验

望远镜



分光计相关实验



传统光学测量工具存在的问题

1、视场小



2、容易产生回程误差等问题

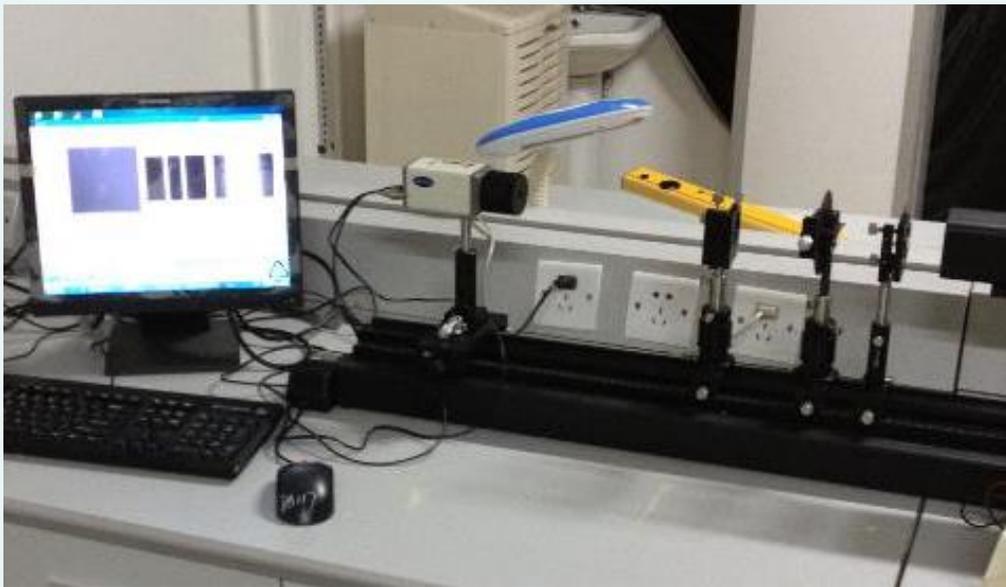


3、调节难度高



已有的一些改进方案

数字化光学实验仪器



成本高，过于自动化，需要较大的实验场地。





基础实验教学的特点

- 以学生亲自操作实验仪器、观察现象、记录并处理实验数据为基础;
- 实验内容手段不能太传统，需要与现代科技接轨;
- 实验仪器不能太自动化、智能化。

数码相机的特点

- 视场大、感光面积大，光路调节难度低
- 分辨率高、自带显示屏可放大缩小观察，便于多人同时观察，便于观察微小细节或整体现象
- 配可拆卸手动定焦镜头，无需定标，即可适用于多种光学实验中的定量测量

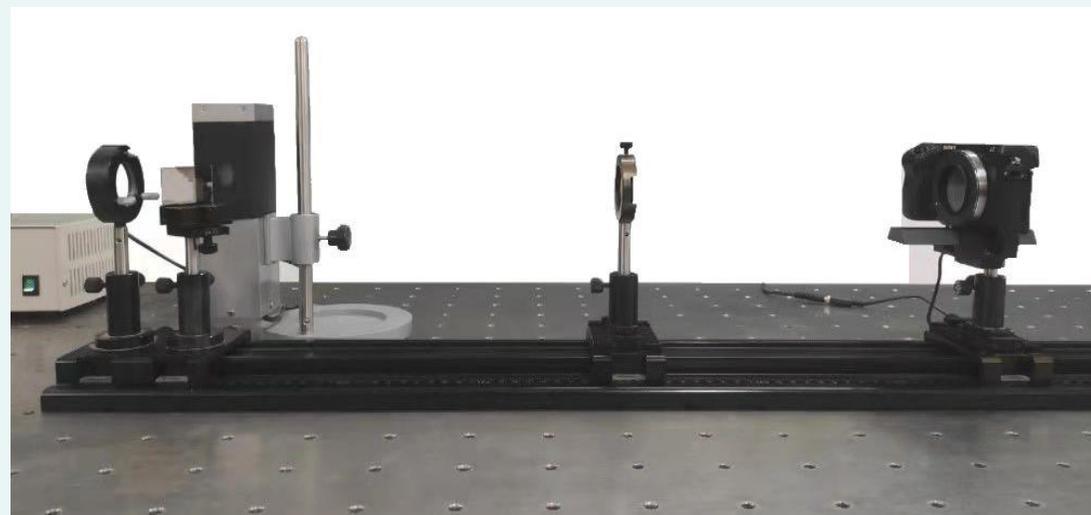
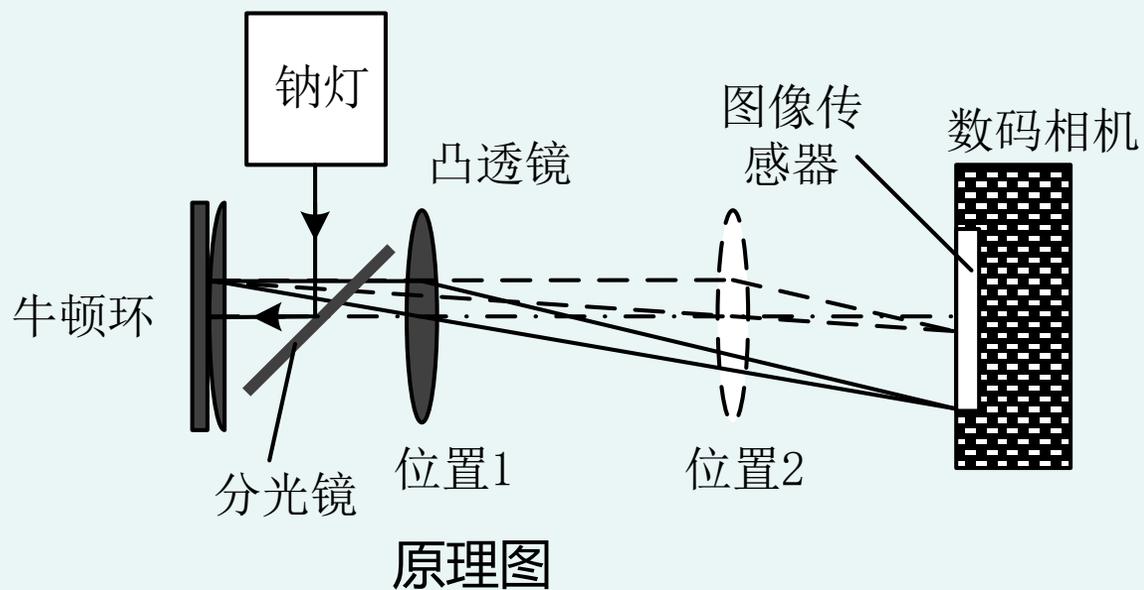


基于数码相机的光学实验方案

1、牛顿环实验和透镜焦距测量实验

利用数码相机分别记录下牛顿环干涉条纹的放大像和缩小像。

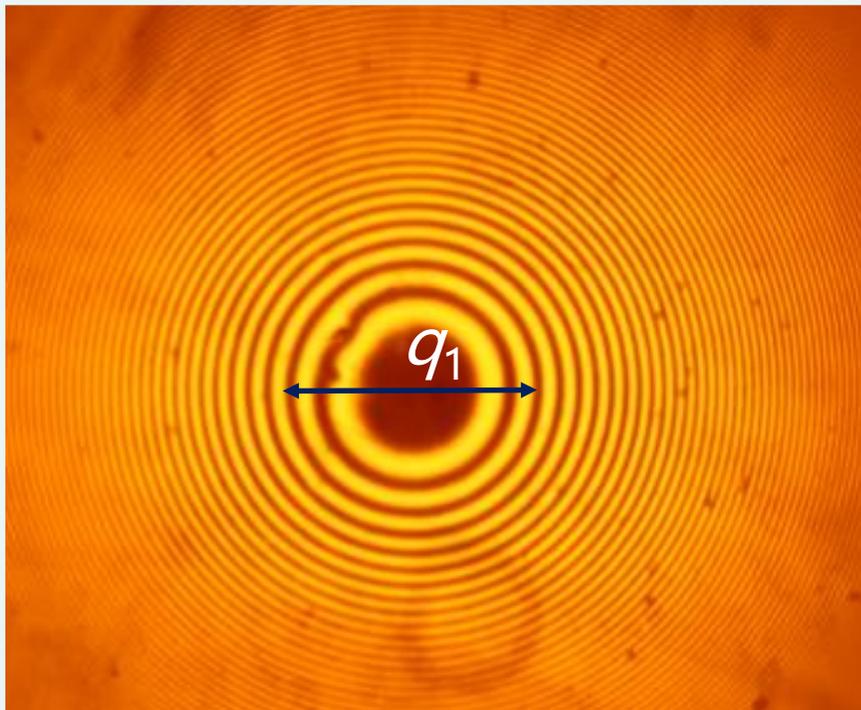
同时记录牛顿环装置、凸透镜、数码相机在光具座上的位置。



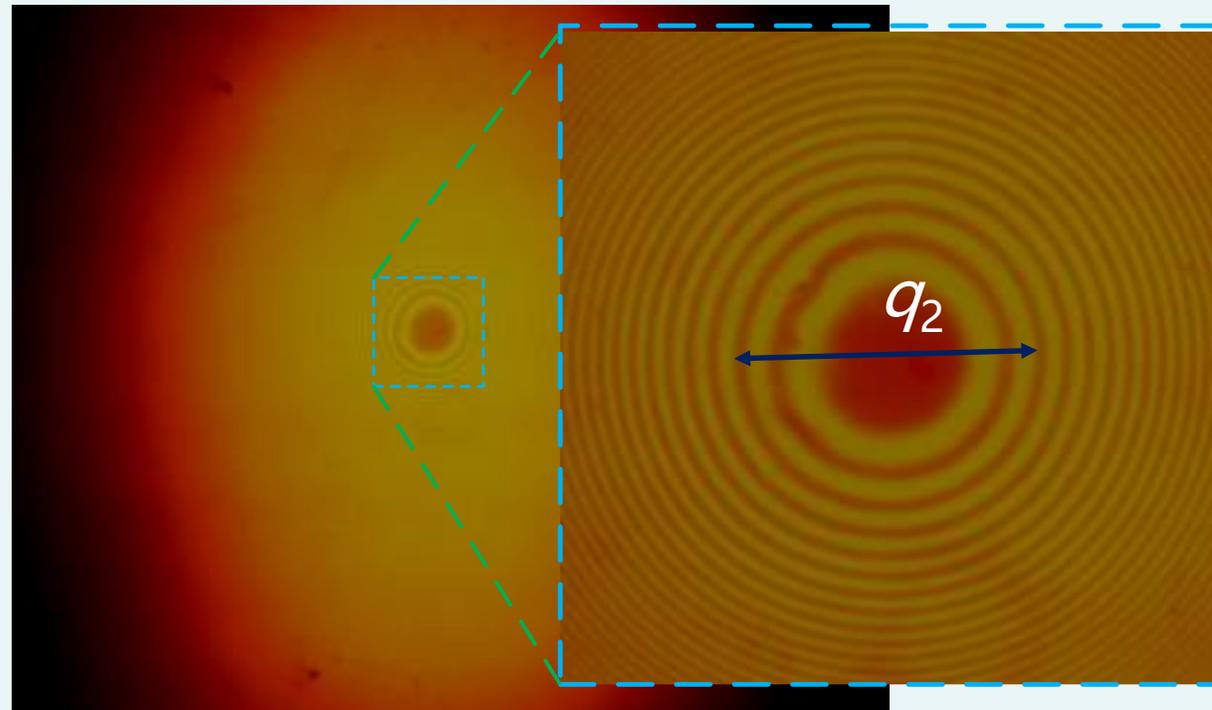
实物图

平凸透镜曲率半径计算

$$R = \frac{d_m^2 - d_n^2}{4(m-n)\lambda}$$



放大像



缩小像

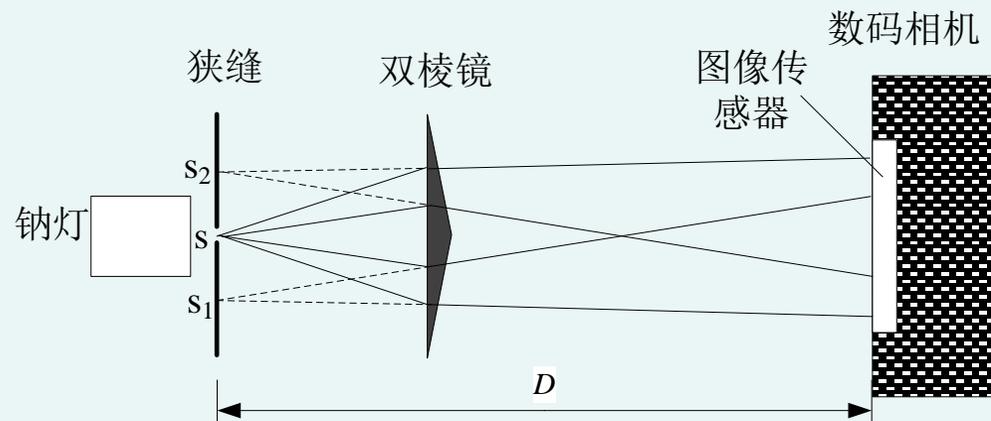
干涉条纹真实直径为： $d = \sqrt{q_1 \times q_2} \Delta$ ， Δ 为数码相机像素尺寸。

一种利用数码相机观测的牛顿环实验装置，发明专利申请号201910571915.0
基于无镜头数码相机的牛顿环实验，大学物理实验，2020，33（5）
2020年全国大学生物理实验竞赛一等奖

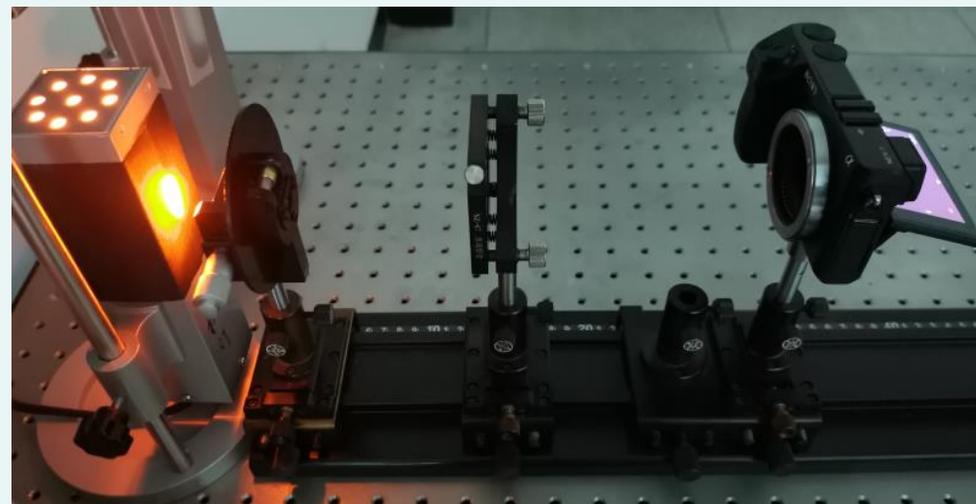


基于数码相机的光学实验方案

2、双棱镜双缝干涉实验



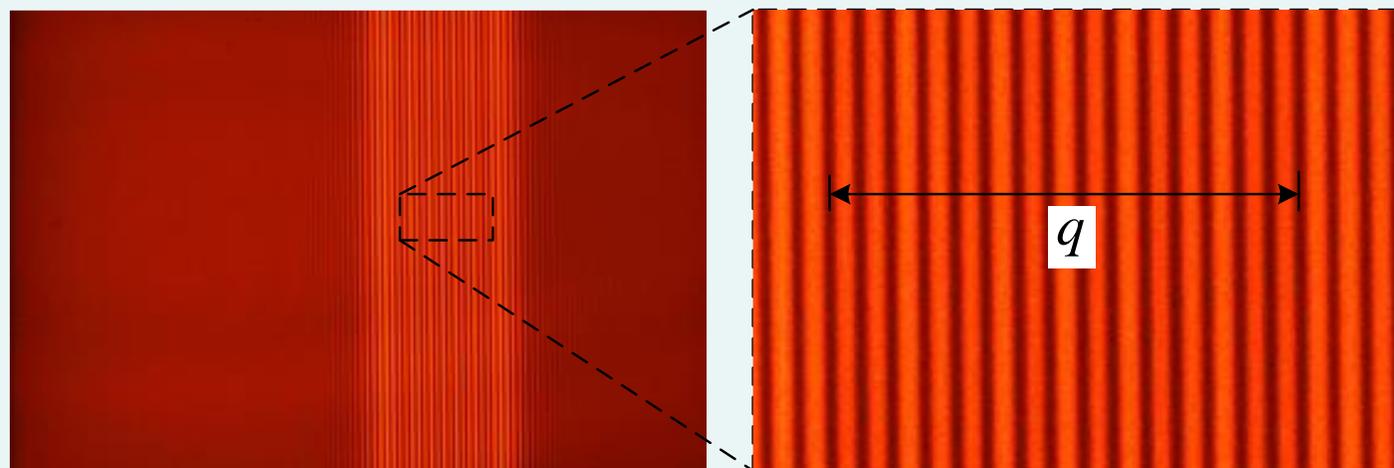
原理图



实物图

利用Matlab等软件可测出条纹间隔

$$\delta x = \frac{q\Delta}{N}$$



2、双棱镜双缝干涉实验

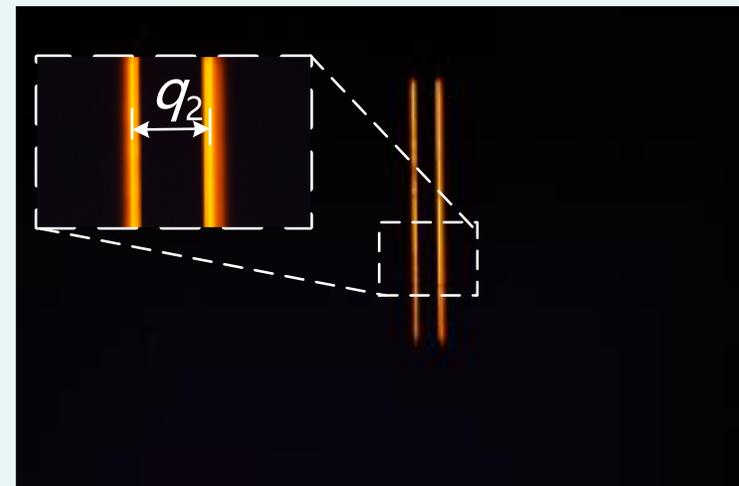
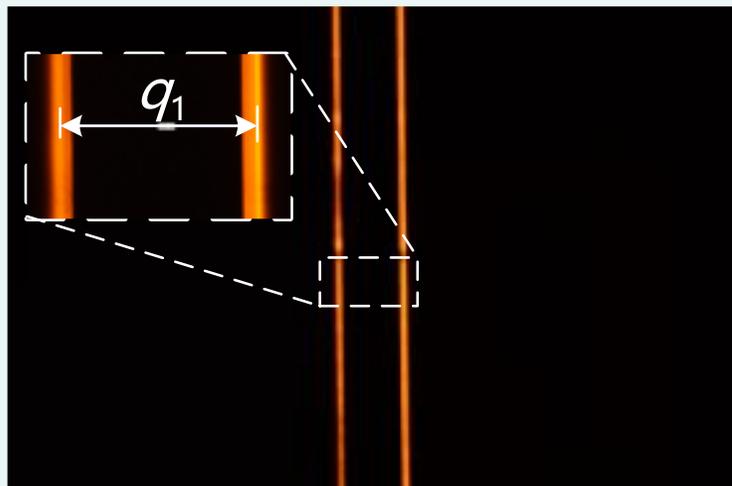
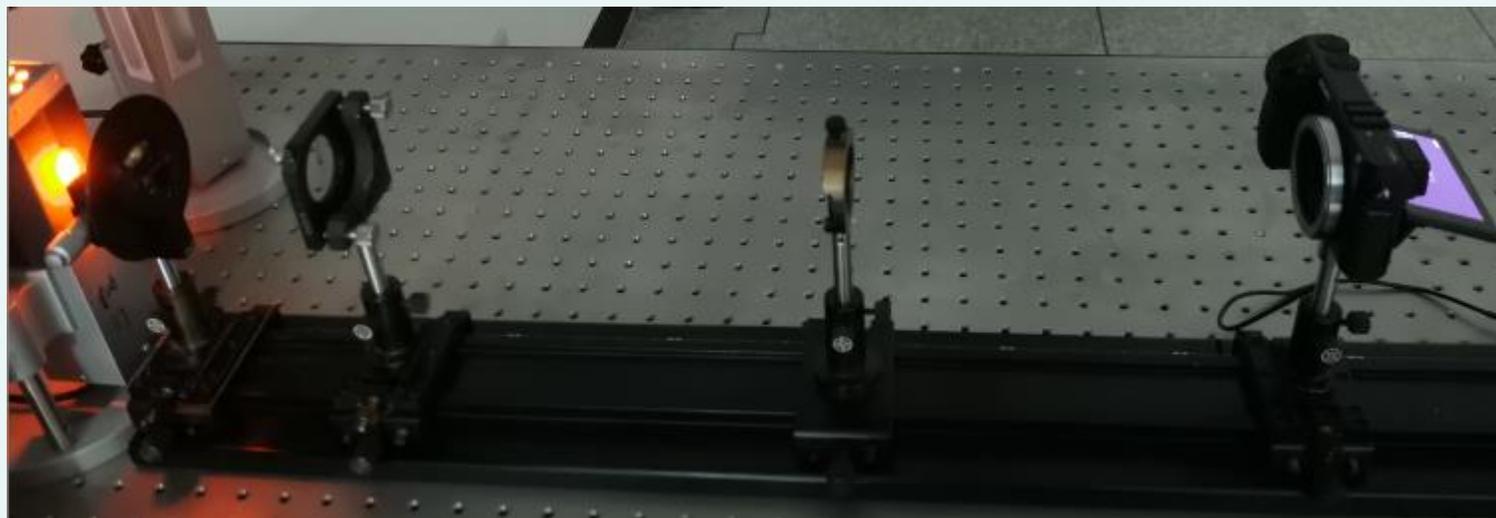
双缝像的间隔

$$d_1 = q_1 \Delta \quad d = \sqrt{d_1 d_2}$$

$$d_2 = q_2 \Delta$$

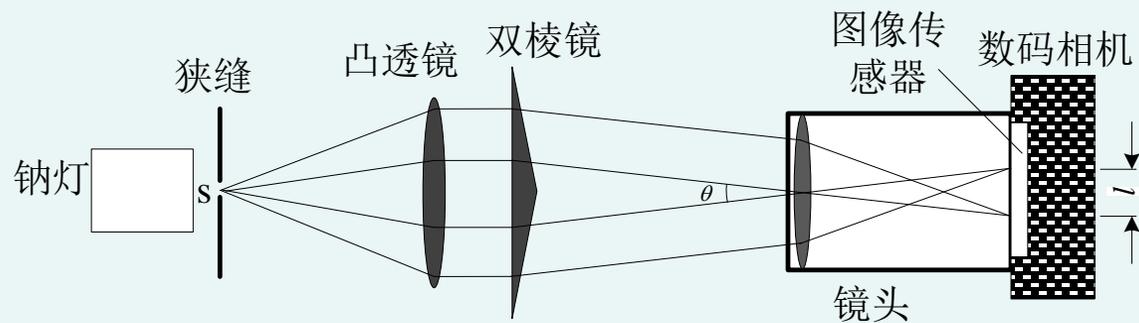
Δ 为像素尺寸.

光波波长 $\lambda = \frac{d}{D} \delta x$

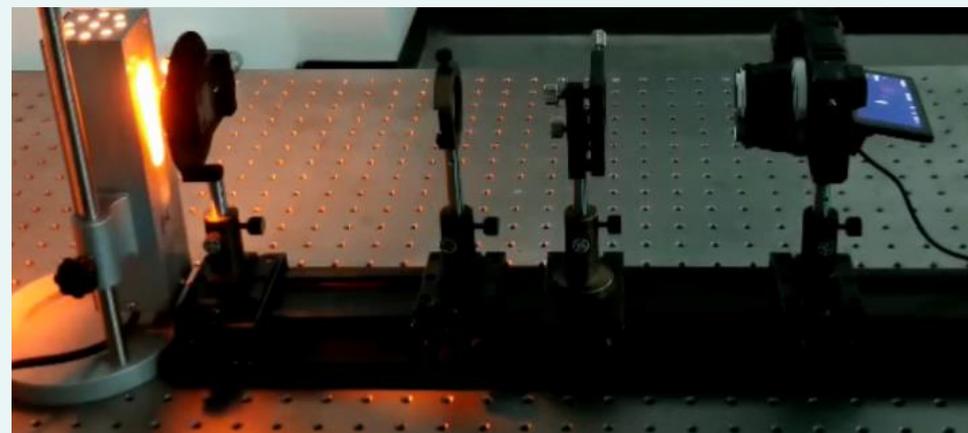


基于数码相机的光学实验方案

3、双棱镜平行光干涉实验



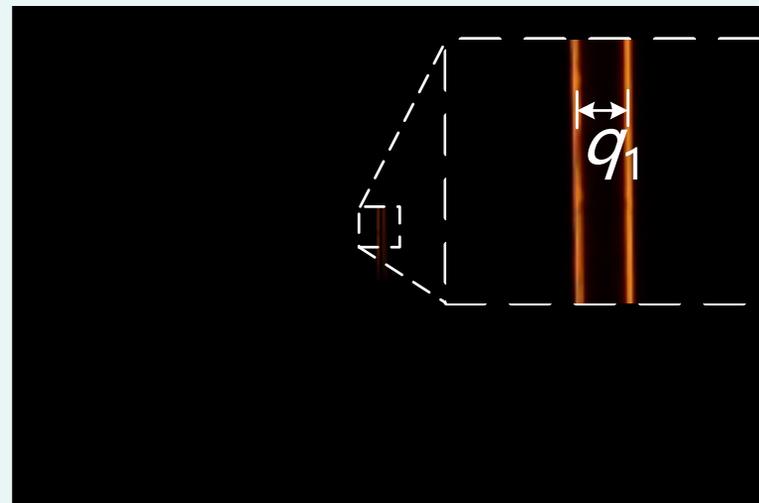
原理图



实物图

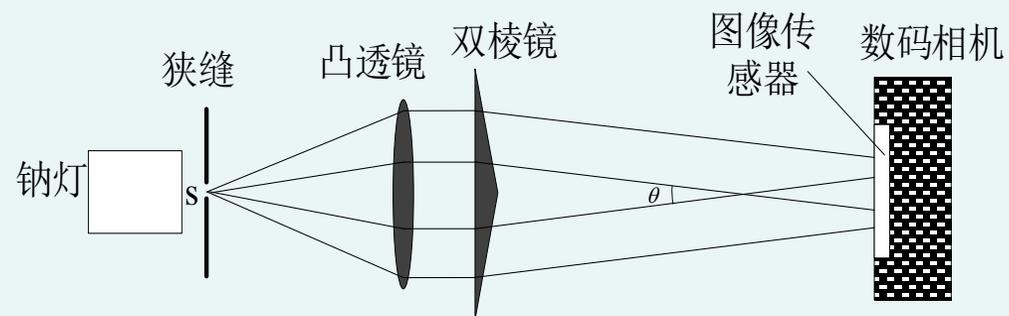
两束平行光的夹角 $\theta = \arctan \frac{q_1 \Delta}{f}$

f 为镜头焦距， Δ 为像素尺寸。

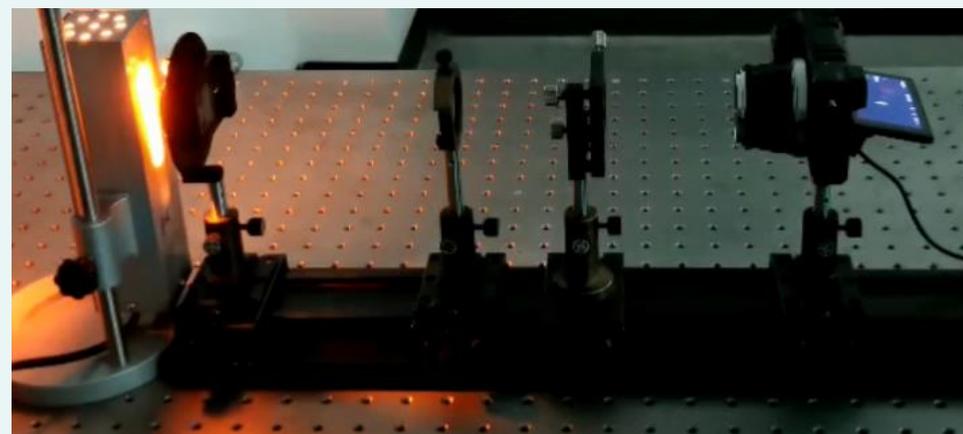


基于数码相机的光学实验方案

3、双棱镜平行光干涉实验



原理图

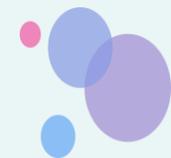
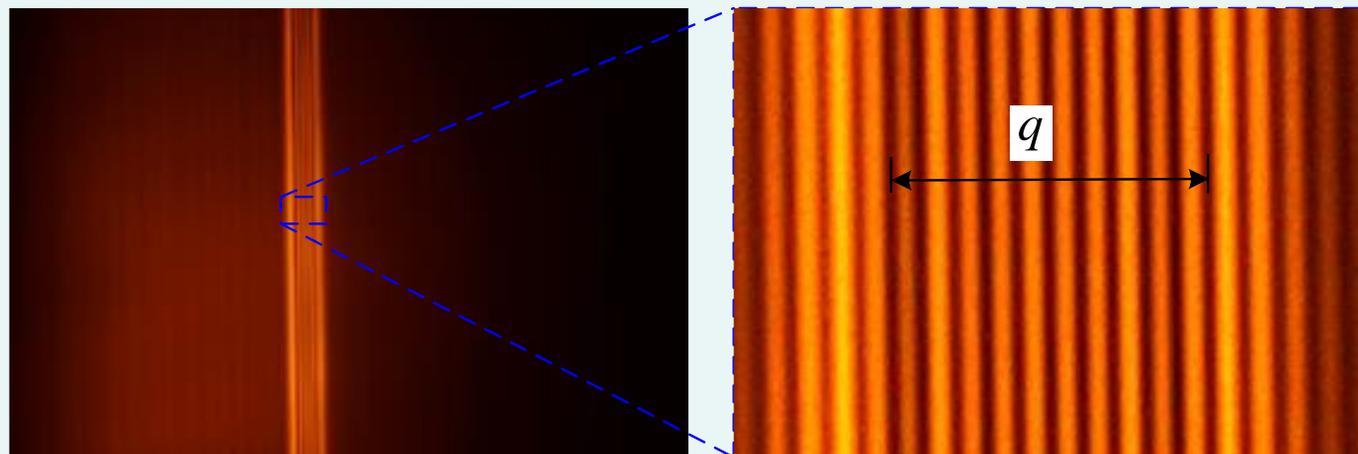


实物图

条纹间隔 $\delta x = \frac{q\Delta}{N}$, N为条纹数。

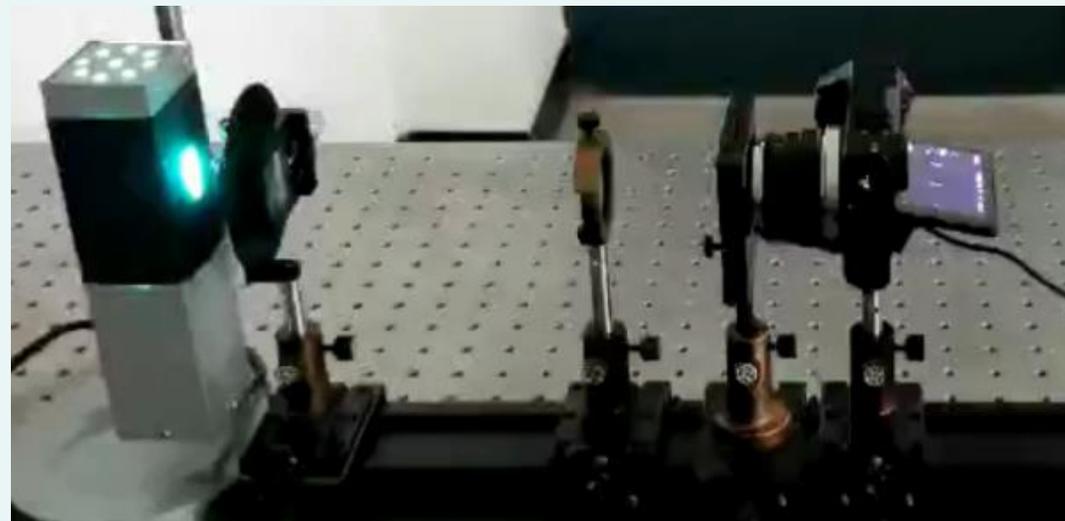
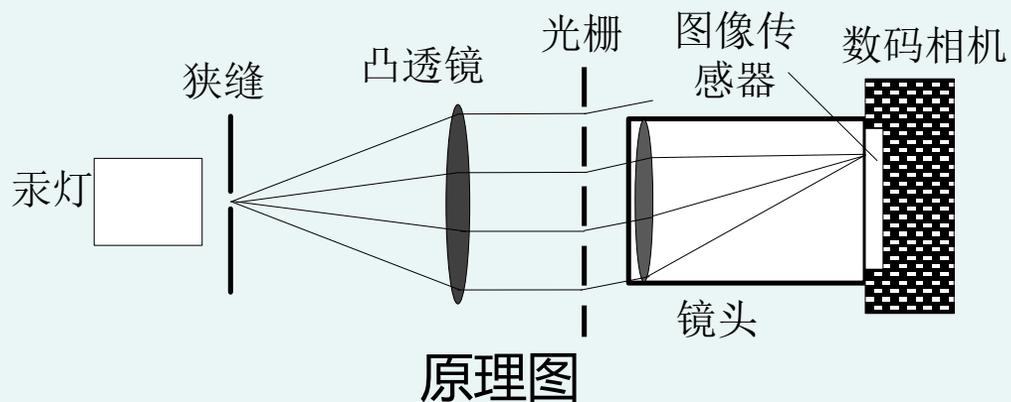
光波波长

$$\lambda = 2 \sin \frac{\theta}{2} \delta x \approx \delta x \sin \theta$$



基于数码相机的光学实验方案

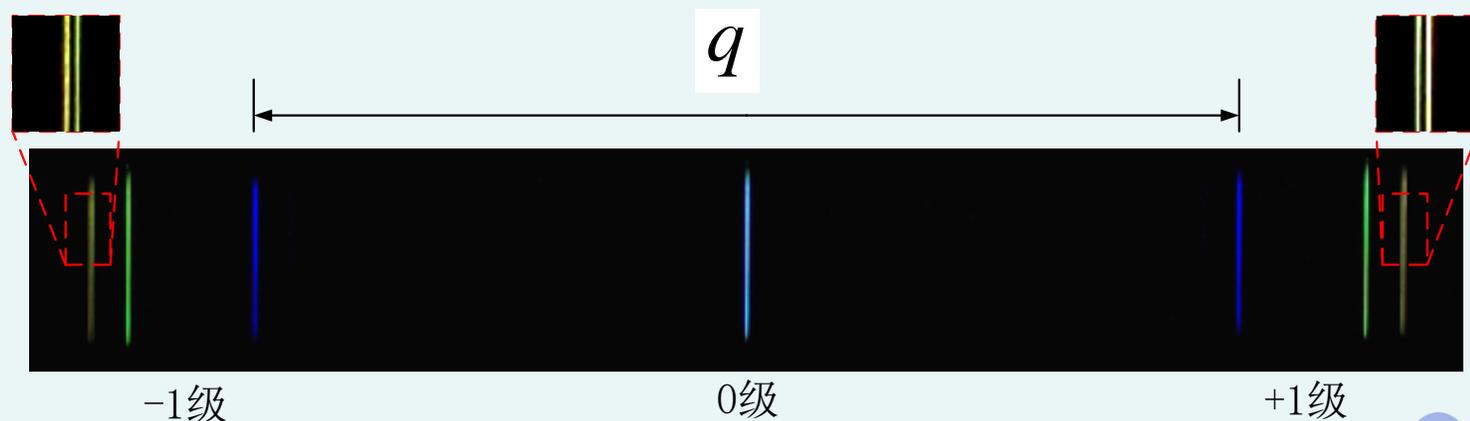
4、透射光栅实验



实物图

$$\text{衍射角 } \theta = \arctan \frac{q\Delta}{2f}$$

f 为镜头焦距， Δ 为像素尺寸。



一种透射光栅实验装置及方法，发明专利申请号201910573021.5

基于数码相机的光学实验方案

5、基于数码相机的分光计

实验项目

- 分光计的调节和使用
- 用量小偏向角法测量三棱镜的折射率
- 用透射光栅测光波波长
- 布儒斯特角的观测
- 劳埃德镜干涉实验



实物图

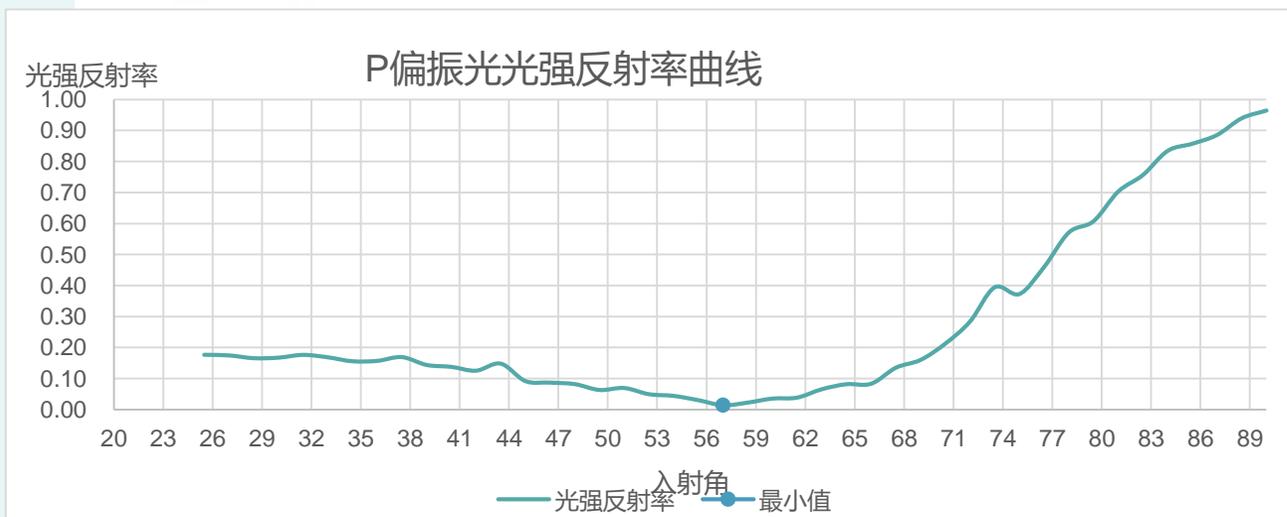
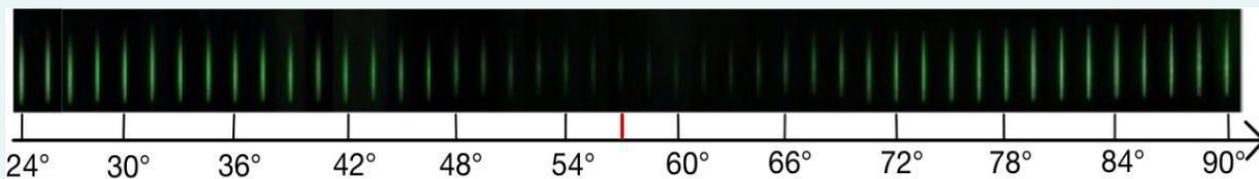
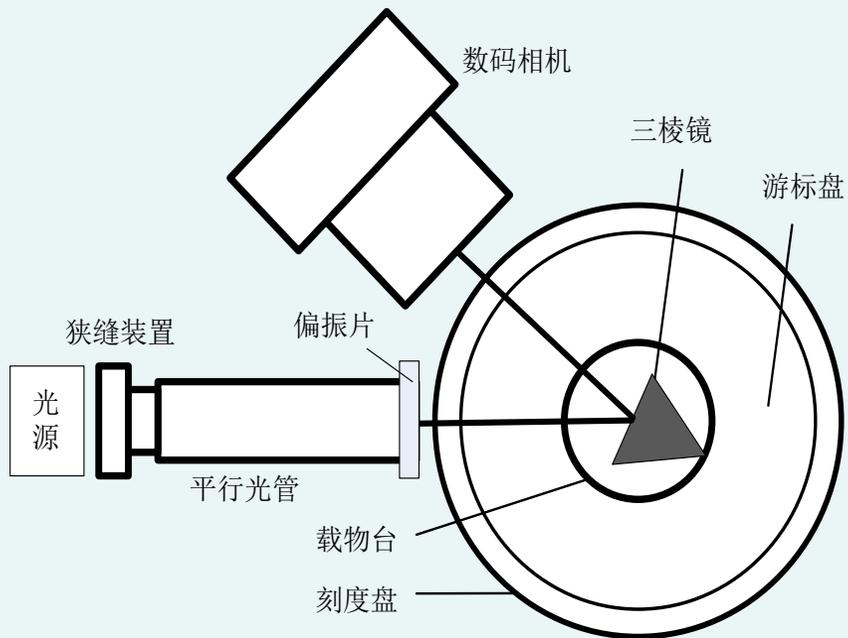
一种利用数码相机观测的分光计及其调节方法，申请号202010735770.6
基于数码相机的新型分光计及其调节方法，大学物理，2020，39（12）：36-40
2020年全图大学生物理实验竞赛二等奖



基于数码相机的光学实验方案

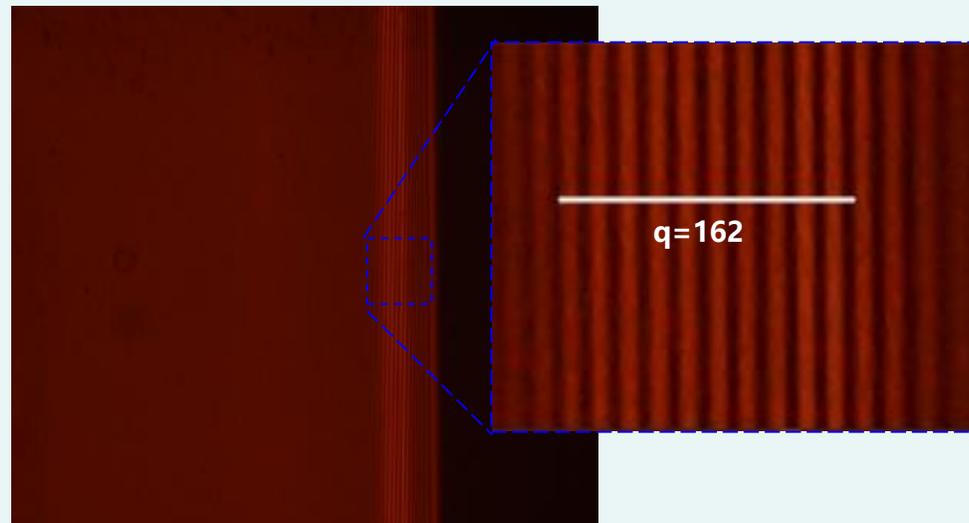
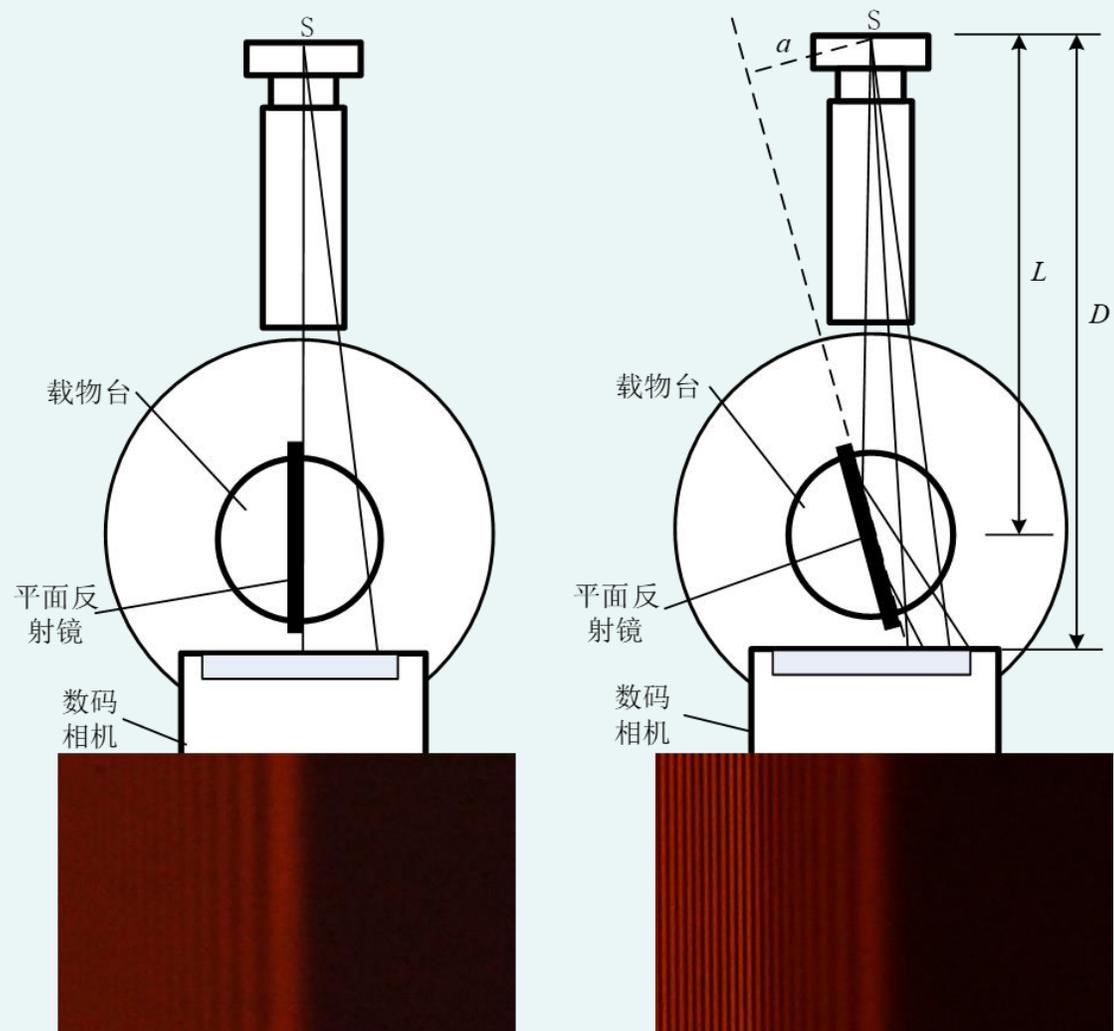
6、布儒斯特角的观测

在平行光管或镜头前放置偏振片，偏振方向平行载物台，载物台上放置三棱镜，用数码相机观测反射光的强度随入射角的变化，反射光强最小时对应入射角即为布儒斯特角。



基于数码相机的光学实验方案

7、劳埃德镜干涉实验



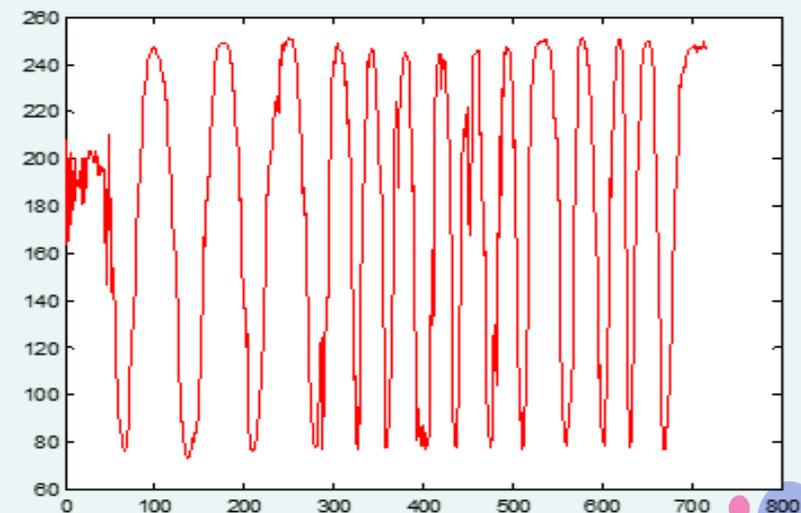
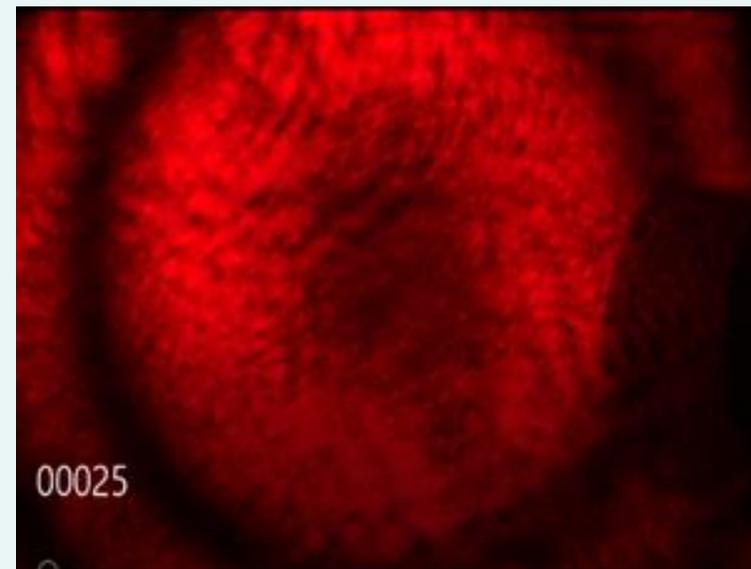
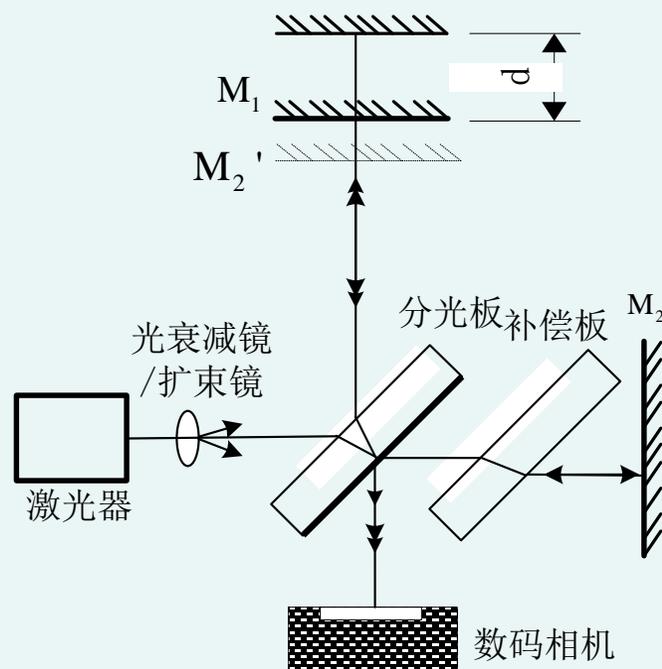
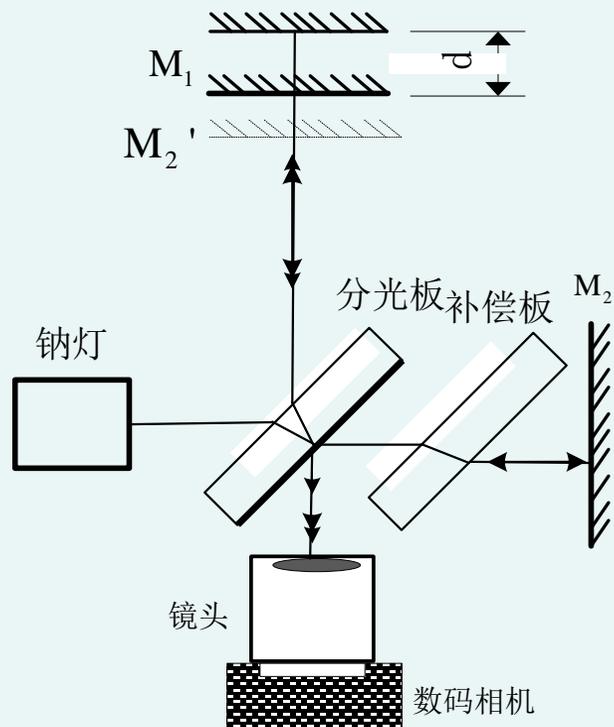
波长计算公式 $\lambda = \frac{2L\theta\Delta x}{D}$

2021年全图大学生物理实验竞赛一等奖



基于数码相机的光学实验方案

9、基于数码相机的迈克尔孙干涉实验





小结

基于数码相机进行光学实验的特点优势

(1) 数码相机的感光面积大，可观察较大范围内的光学实验现象。通过其电子取景显示屏可放大观察图像细节，可供多人同时方便地观察实验现象，使实验指导老师可以方便地讲解相关实验现象和实验仪器光路调节方法。在降低了实验装置调节难度的同时，保留了实验的操作性，有利于学生动手实践、提高实验教学质量。

(2) 目前的数码相机通常具有蓝牙或wifi功能，学生可以方便地将记录的图片发送到自己手机上，由学生课后完成实验数据的处理。这样可让学生接触到用Matlab等软件进行图像处理的基础知识，学生还可自行设计软件对实验数据进行处理，有利于激发学生学习兴趣、提高综合创新能力。



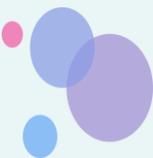


小结

基于数码相机进行光学实验的特点优势

(3) 由于微单数码相机分辨率较高（像素大小通常为几微米），因此采用数码相机记录光学实验现象，再利用Matlab等软件提取实验数据，测量精度较高，不会产生回程误差。

(4) 通过改变数码相机的曝光时间，可观测不同强度的光信号，可适应不同光源（包括：激光、钠灯、汞灯等）形成的光学现象，还可根据需要选择是否安装镜头。因此一台数码相机可应用于不同的实验项目，实验成本较低。



2022全国高等学校物理实验
教学研讨会

THANK YOU

汇报人：王凤鹏

Email: wangfengpeng@163.com

电话：13767730011