



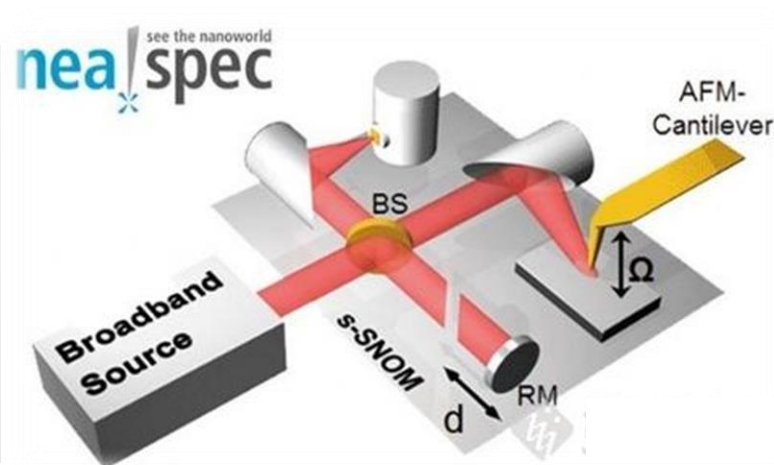
# 迈克尔逊干涉仪的调整和使用

理学院物理实验中心

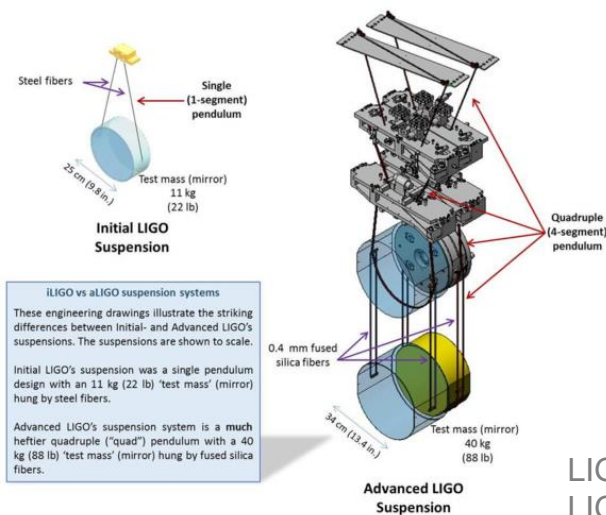
廖飞

课程群: 625105265(二维码如下)

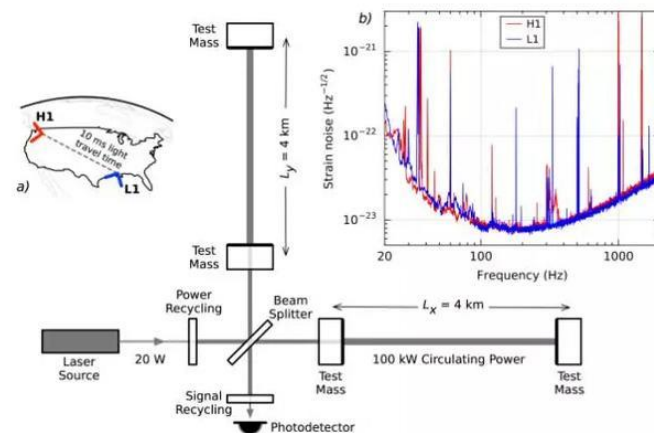
2021.03



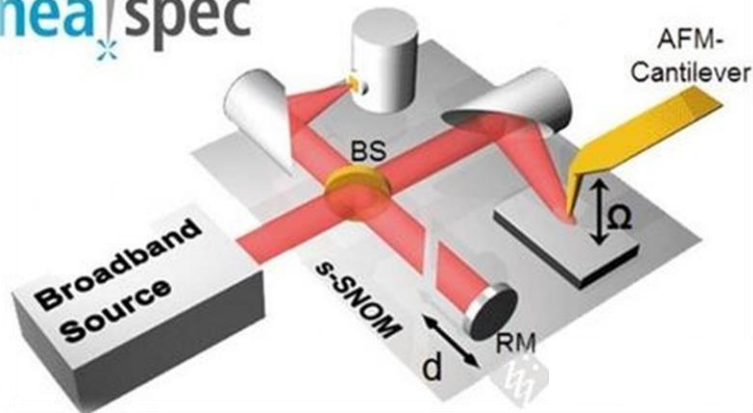
# 背景简介



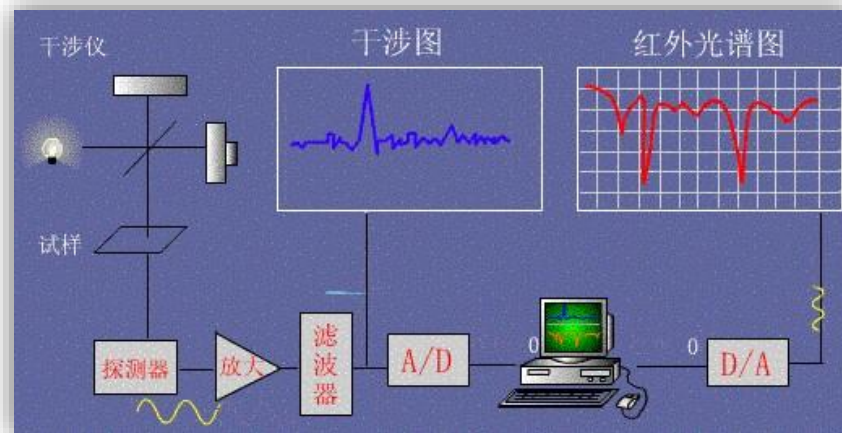
## LIGO



nea!spec



Neaspec: <https://www.neaspec.com/>



纳米傅里叶  
红外光谱仪

# 背景简介



- **1887年**由迈克尔逊和莫雷完成的实验，否定了“以太”的存在，促进了相对论的建立；其研制的**迈克尔逊干涉仪**，至今为多种**双光路干涉仪**的原型。  
如：1950年，美国PE公司研制了第一台双光束红外光谱仪Perkin-Elmer21 LIGO，起于1969年，2016年第一次探测到引力波
- **1896年**，瑞利为了测量惰性气体氦和氩的折射率而发明瑞利干涉仪(杨氏双缝光路)
- **1897年**，法国物理学家C.法布里和A.珀罗于1897 年发明**法布里珀罗干涉仪**(多光路)
- 20世纪，进一步提出马赫曾德干涉仪、奈曼干涉仪等干涉仪
- 近年来，微细加工技术、电子信息技术的推动下，出现**纳米近场傅里叶光谱仪**等新型干涉仪

干涉仪**主要用于**：

- 通常可观察光的各种**干涉现象**：测定单色光的波长、相干长度及透明介质的折射率、光的相位和频率变化等
- 分离的光束干涉，为研究许多**物理量**（温度、压强、电场以及媒质的运动等）对光传播的影响创造了条件

# 实验目的



1. 观察**等倾**干涉现象，加深对等倾干涉的理解。
2. 了解迈克尔逊干涉仪的结构、原理和调节方法。
3. **测量激光的波长。**

■ 预备知识：

■ **相干光**（实验室获得相干光的常用方法？）

■ 薄膜干涉、等倾干涉、等厚干涉

# 实验原理



## 1. 等倾干涉概述

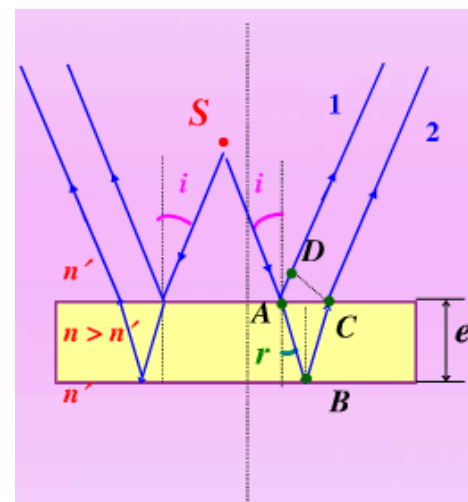
①**等倾干涉定义**：是薄膜干涉的一种，薄膜此时是均匀的，光线以倾角*i*入射，凡**入射角相同的就形成同一条纹**，上下两条反射光线经过透镜作用汇聚一起，形成干涉。

迈克尔逊干涉仪和法布里-珀罗干涉仪中就有平行平板装置。

②**条件**：薄膜厚度相同（不能超过最大相干长度），扩展光源

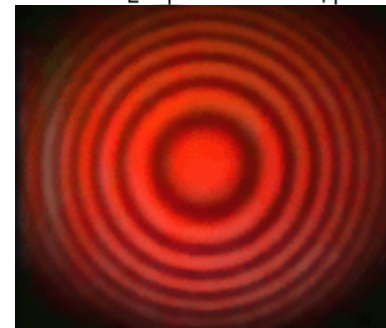
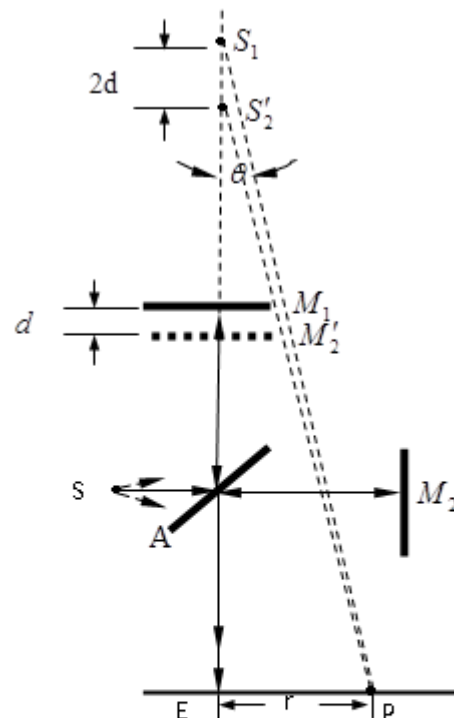
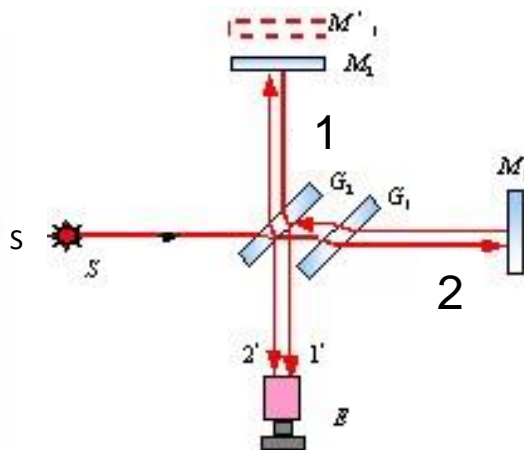
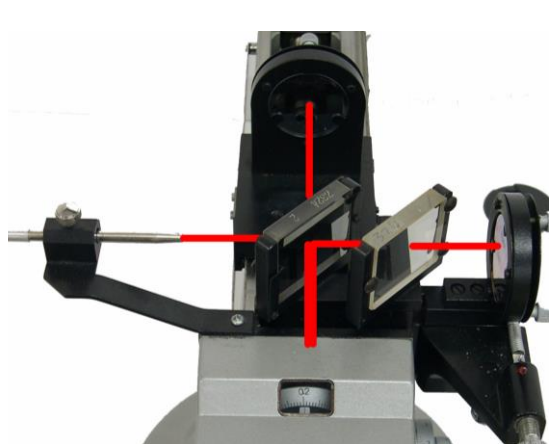
**光程差**

$$\begin{aligned}\delta &= n(\overline{AB} + \overline{BC}) - n'\overline{AD} + \frac{\lambda}{2} \\ &= \frac{2ne}{\cos r} - \frac{2n'e \cdot \sin r \cdot \sin i}{\cos r} + \frac{\lambda}{2} \\ \because n' \sin r &= n \sin i \\ \therefore \delta &= 2ne \cos r + \frac{\lambda}{2} \\ \text{或} \delta &= 2e\sqrt{n^2 - n'^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2} = \delta(i)\end{aligned}$$



# 实验原理

## 2. 迈克尔逊干涉仪的光路



由上图可知其迈克尔逊干涉条纹的特点如下：

- ①干涉性质：分振幅、等倾干涉
- ②条纹形状：一系列明暗相间、内疏外密的同心圆环

③条纹级次分布：由中心向边缘递减

$d$ 一定时,  $k \uparrow \rightarrow \delta \uparrow \rightarrow i \downarrow \rightarrow r_k \downarrow$

$d$ 变化时,  $k$ 一定,  $d \uparrow \rightarrow i \uparrow \rightarrow r_k \uparrow$

波长对条纹的影响:  $k, d$ 一定,  $\lambda \uparrow \rightarrow i \downarrow \rightarrow r_k \downarrow$

# 实验原理



## 3. 测激光波长

$$\delta = 2d \cos \theta = \begin{cases} k\lambda, & k = 1, 2, 3 \dots \text{明纹} \\ (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, & k = 1, 2, 3 \dots \text{暗纹} \end{cases}$$

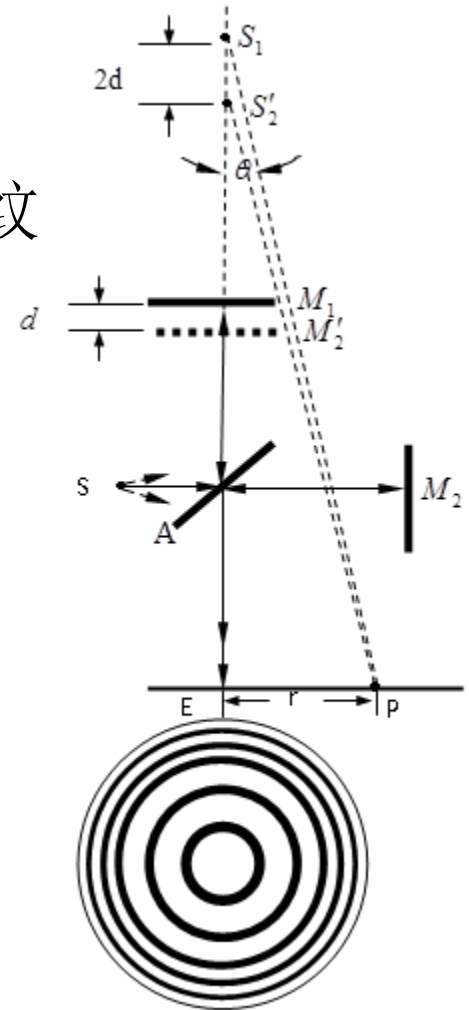
$$\theta = 0 \text{ 时, } \delta = 2d$$

**实验现象：**当d每变化 $\lambda/2$ 时，会从中心冒出或消失一环。

$$N \times \frac{\lambda}{2} = \Delta d$$

$$\lambda = \frac{2\Delta d}{N}$$

测量模型





# 实验仪器



粗调鼓轮读数

微调鼓轮读数

主尺读数



# 实验内容及步骤



## 1. 仪器调整及干涉条纹定性观察

### ①粗调：

转动粗调鼓轮，使平面反射镜 $M_1$ \、 $M_2$ 到分光板 $G_1$ 的距离大致相等。调节光源装置，使激光近于垂直地射向分光板。将支撑杆放置在干涉区域固定，插上透镜锁紧，可观察到透镜后面的观察屏上会出现**两排激光光点**。

调整平面反射镜 $M_2$ 后的三颗螺钉（一般不调节 $M_1$ 镜后的三颗螺钉），使两排激光光点重合，此时观察屏上会出现**干涉条纹**。

### ②精调：

撤下透镜，将观察屏插上支撑杆锁紧。继续微调 $M_2$ 镜下方的水平和垂直拉簧螺丝，使 $M_1$ 和 $M_2'$ 严格平行，在观察屏上就可看到一系列明暗相间的同心圆环，且圆心位于视场中央。为便于测量，可配合调节粗调鼓轮，直至**视场中仅出现8-10个圆环**较为理想。

缓慢转动微调鼓轮，改变 $M_1$ 镜在导轨上的位置，可观察到视场中条纹由中心向外一环一环地相继“冒出”或向内一环一环地相继“陷入”中心。

# 实验内容及步骤



## 2. 测量激光波长

连续数**50个条纹**“冒出”或“陷入”，在下表中记录 $M_1$ 镜的始末位置 $d_1$ 和 $d_2$ ，则 $M_1$ 镜移动的距离  $\Delta d = |d_2 - d_1|$ 。

| 测量次数↕ | $d_1$ ↕ | $d_2$ ↕ | $\Delta d$ ↕ | $\overline{\Delta d}$ ↕ | $\lambda / \text{nm}$ ↕ |
|-------|---------|---------|--------------|-------------------------|-------------------------|
| 1↕    | ↕       | ↕       | ↕            | ↕                       | ↕                       |
| 2↕    | ↕       | ↕       | ↕            |                         |                         |
| 3↕    | ↕       | ↕       | ↕            |                         |                         |

## 3. 测量激光波长

测量值与标准值（650 nm）比较  
求出相对误差。

# 讨论及拓展



1. 常用光谱仪的光路原理及应用（如傅里叶光谱仪，散射扫描近场光学显微镜/纳米傅里叶红外光谱仪）（推荐）
2. 分析误差，迈克尔逊干涉仪的改进
3. 迈克尔逊干涉原理的应用 <http://www.qd-china.com/products2.aspx?id=273>  
<http://www.qd-china.com/products2.aspx?id=291>
4. 马赫曾德干涉仪与迈克尔逊干涉仪的原理比较

建议1-4中选2  
或按照自己思路做讨论

纳米傅里叶红外光谱仪



马赫曾德干涉仪

