

中国高等学校实验物理教学研究会第五届常任理事会2019  
年工作会议暨物理实验专题研讨会

# 基础物理拓展实验建设的探讨

—北京师范大学实验建设介绍

王引书

## 提纲

- 北师大基础物理实验建设的思路
- 利用新探测技术对常规实验进行的改进
- 基于微小位移量测量实验拓展建设
- 虚拟仪器技术实验的建设成效

实验中心团队：专职技术人员+兼职教学队伍

人员结构	数量	正高	副高	中级	博士	硕士	本科	专科	平均年龄
技术人员	9	1	4	4	4	2	2	1	51
上课教师	31	13	17	1	31	0	0	0	/

- 基础物理实验、近代物理实验、教师教育实验
- 教学量**13~15**万人时数

中心仪器： 总价2000万元

- 实验教学的设备1785台/套
- 单价20万元以上的大型设备7套
- 大型仪器及公共实验室和共享仪采用网络数字化手段进行管理

建筑面积： 2650 m<sup>2</sup>

基础物理实验、近代物理实验、教师教育实验、自主实验室

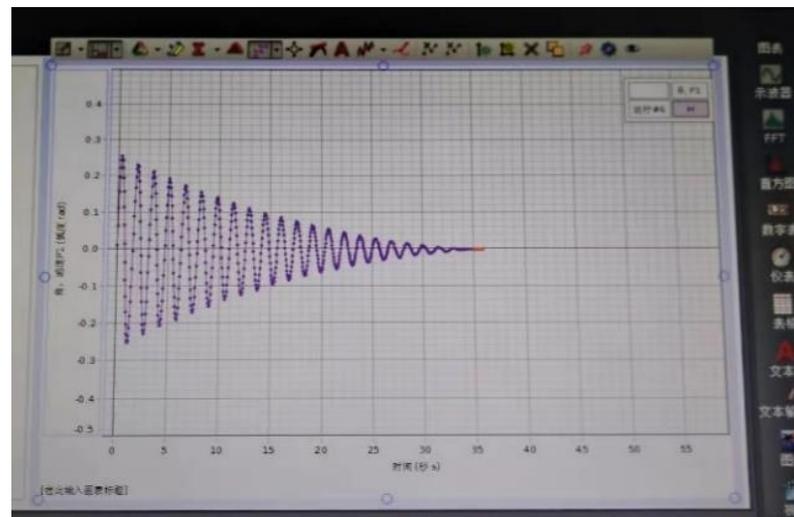
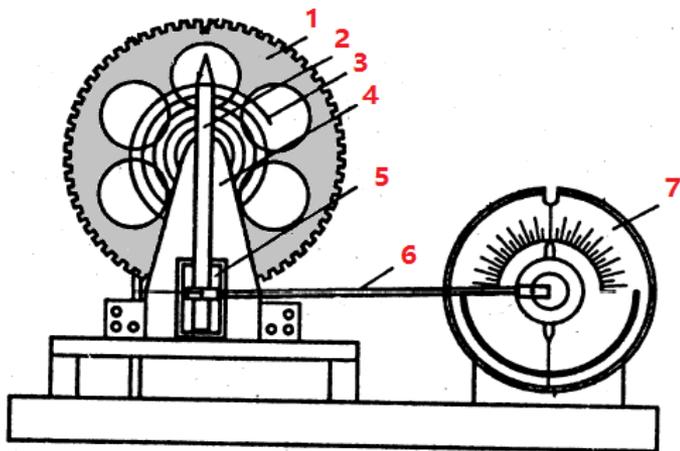
## 基础物理拓展实验建设的思路

- 将新技术及时用于物理实验，改进基础实验方法
- 加强物理实验教学中的研究与探索内容
- 物理知识与实践技能的训练，引导学生开发新实验
- 新增交叉内容的实验

## 利用新技术改进基础实验

- 在运动类实验中使用传感器技术，减少人工记录的繁琐过程，丰富实验测量信息，侧重物理探索与研究
- 在光学类实验中，采用光电探测器实现定量化测量，加强理论基础与实验切合

## 用波尔共振仪受迫振动实验



$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q} \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = h \sin \omega t$$

$$I\ddot{\theta} = M + M' \longrightarrow I\ddot{\theta} + k'B^2\dot{\theta} + k\theta = kA \sin \omega t$$

$$M = k(\varphi - \theta)$$

$$M' = -k'B^2\dot{\theta}$$

## 转动惯量测量实验

利用刚体定轴转动定理:  $T = I\beta \longrightarrow T - T_{\mu} = (J_c + J_o + J)\beta$

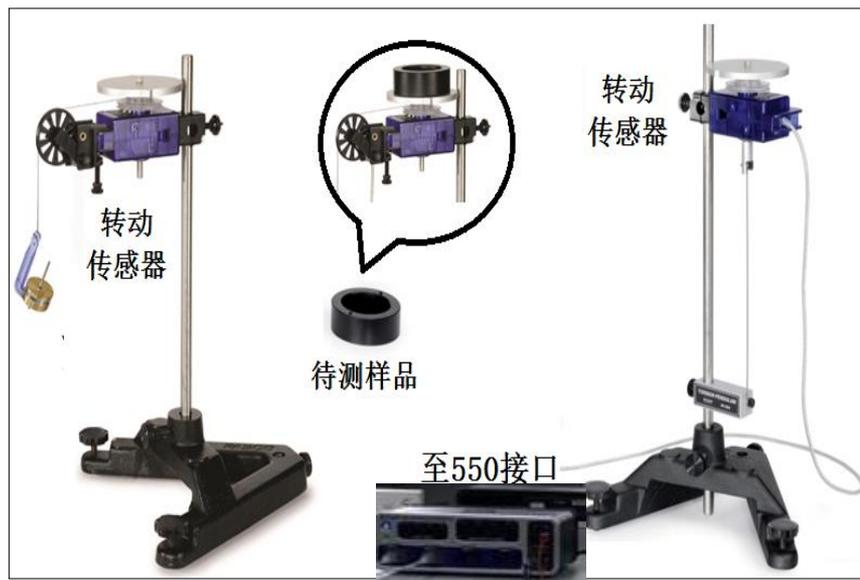
$$\theta(t) = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \beta t^2$$

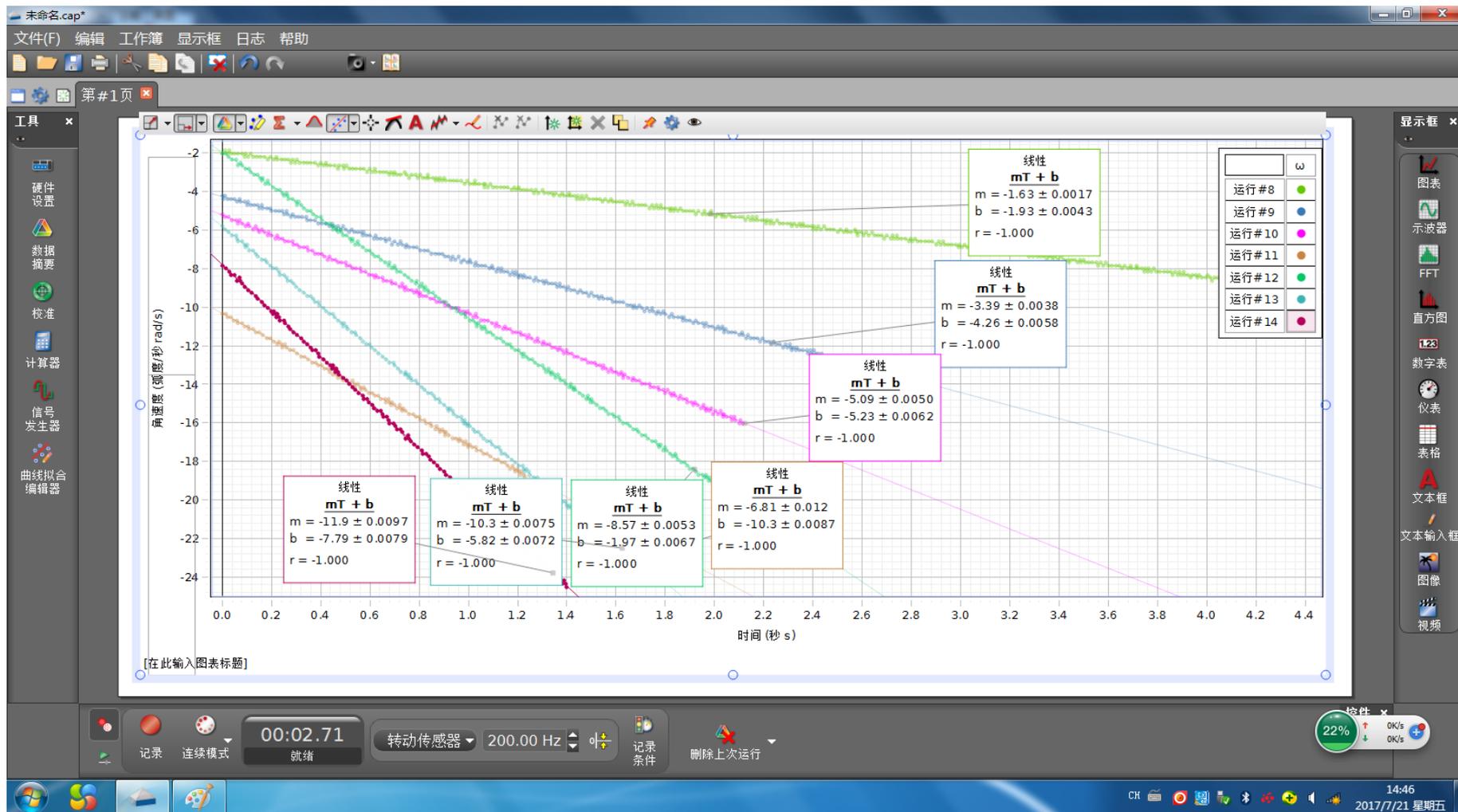
$$\omega(t) = \omega_0 + \beta t$$

➤ 测量 $\theta(t)$ 或 $\omega(t) \longrightarrow \beta$

➤ 学生设计实验求出 $J_c + J_o$ 、 $J$

➤ 测量 $T_{\mu}$ , 讨论对实验结果的影响





## 转动惯量测量实验

刚体相对平衡位置转动角度 $\theta$

### 扭摆法测量刚体的转动惯量

在弹性形变范围内:  $T = -k\theta$

对于圆柱形扭丝:  $k = \frac{\pi\mu d^4}{32L}$

转动定理:  $I\ddot{\theta} = -k\theta \longrightarrow \theta(t)$

$\ddot{\theta} = -\omega^2\theta$        $\omega$ : 扭摆振动的角频率

$$I = k/\omega^2$$

$$F = -m\theta + b$$

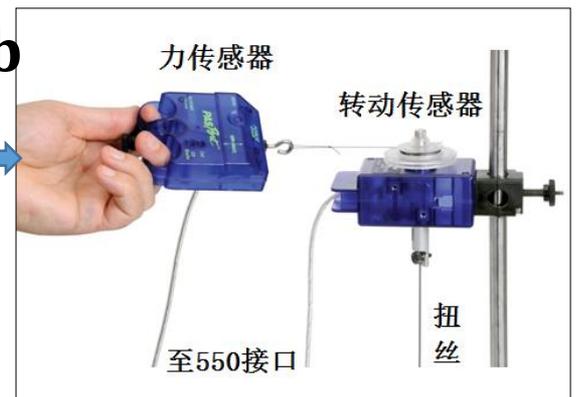
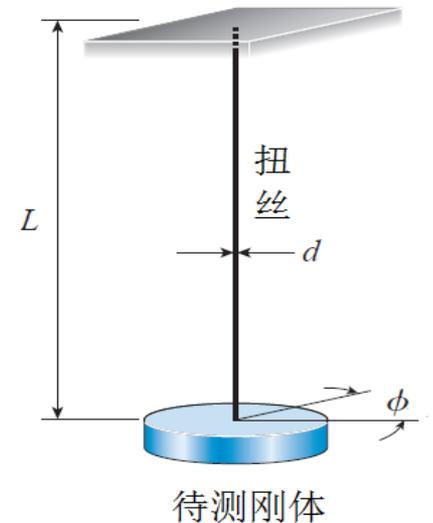
$$k = r_0 m$$

量程: 50N

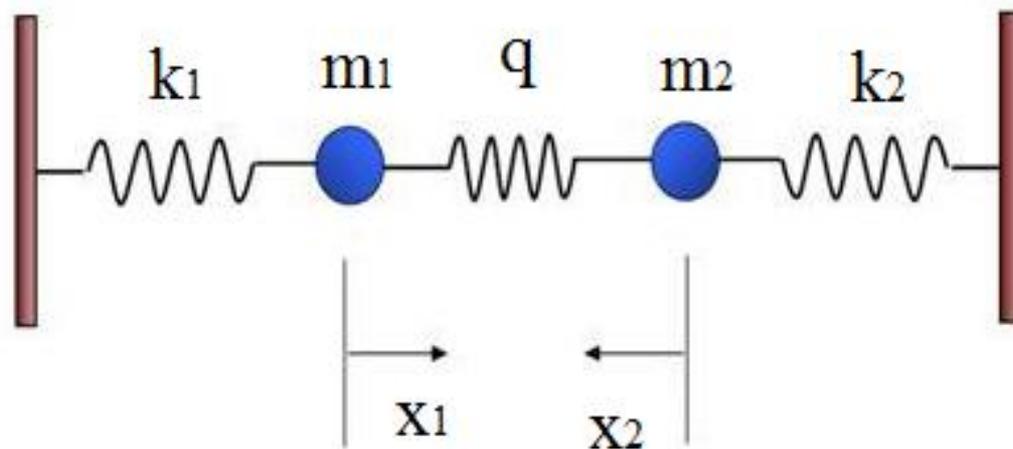
$$\theta(t) = Ae^{-Bt} \sin(\omega^*t + \phi)$$

$$\omega = \sqrt{\omega^{*2} + B^2} \longleftarrow \text{固有角频率}$$

T恢复力矩  
k扭力系数  
 $\mu$ 剪切模量  
I转动惯量

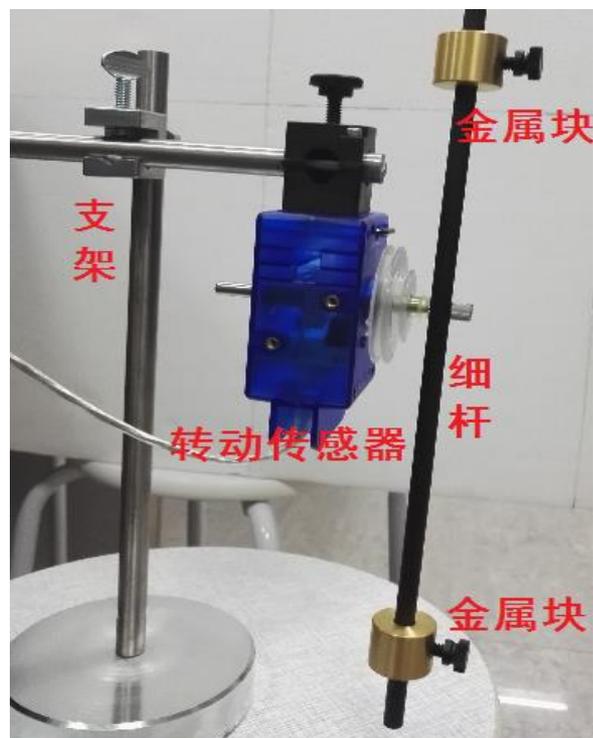


## 耦合振子的动力学实验



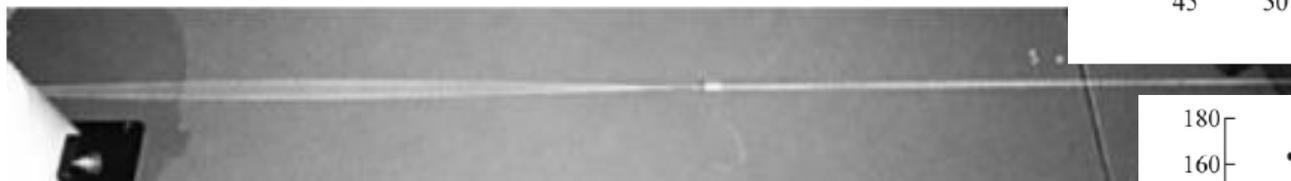
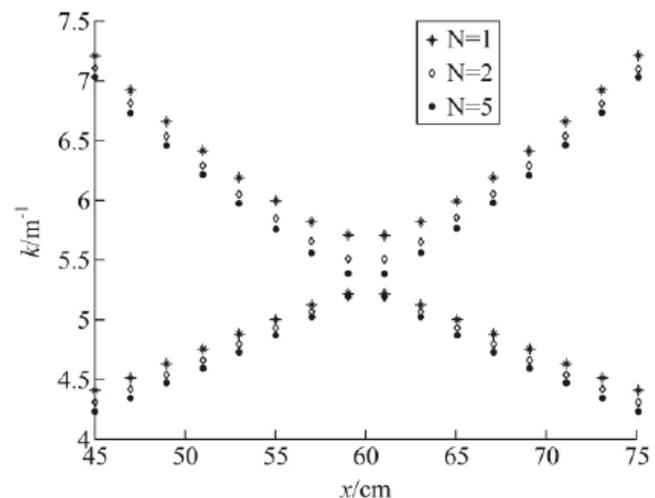
弹簧弹性系数利用力传感器和转动传感器测定

## 物理摆的动力学研究

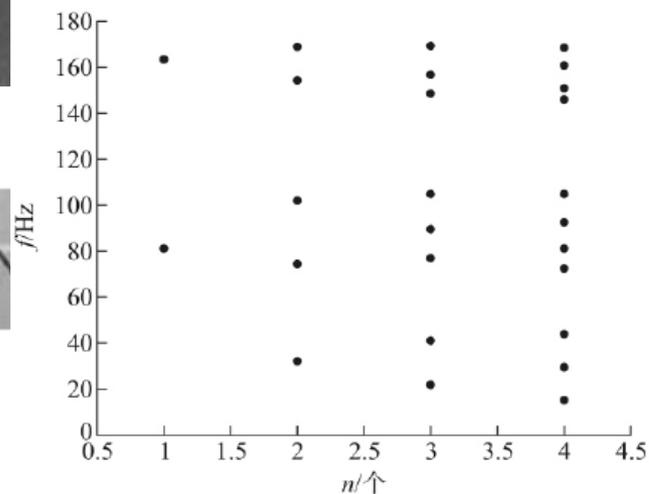


## 利用负载弦演示几种量子现象

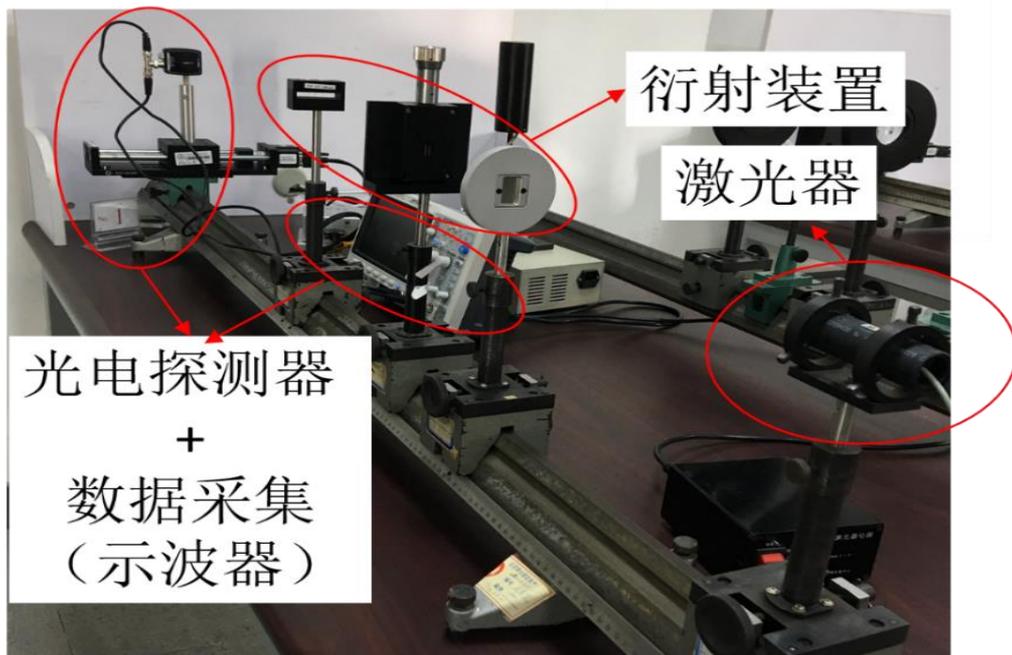
- 频率回避交叉
- 共振频率“能带”分布
- 局域化



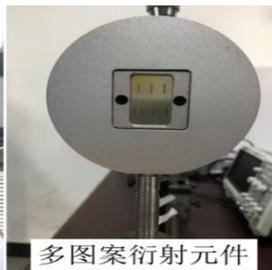
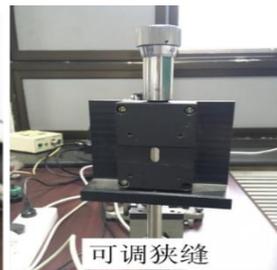
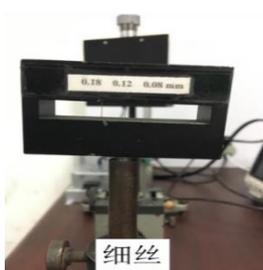
局域化



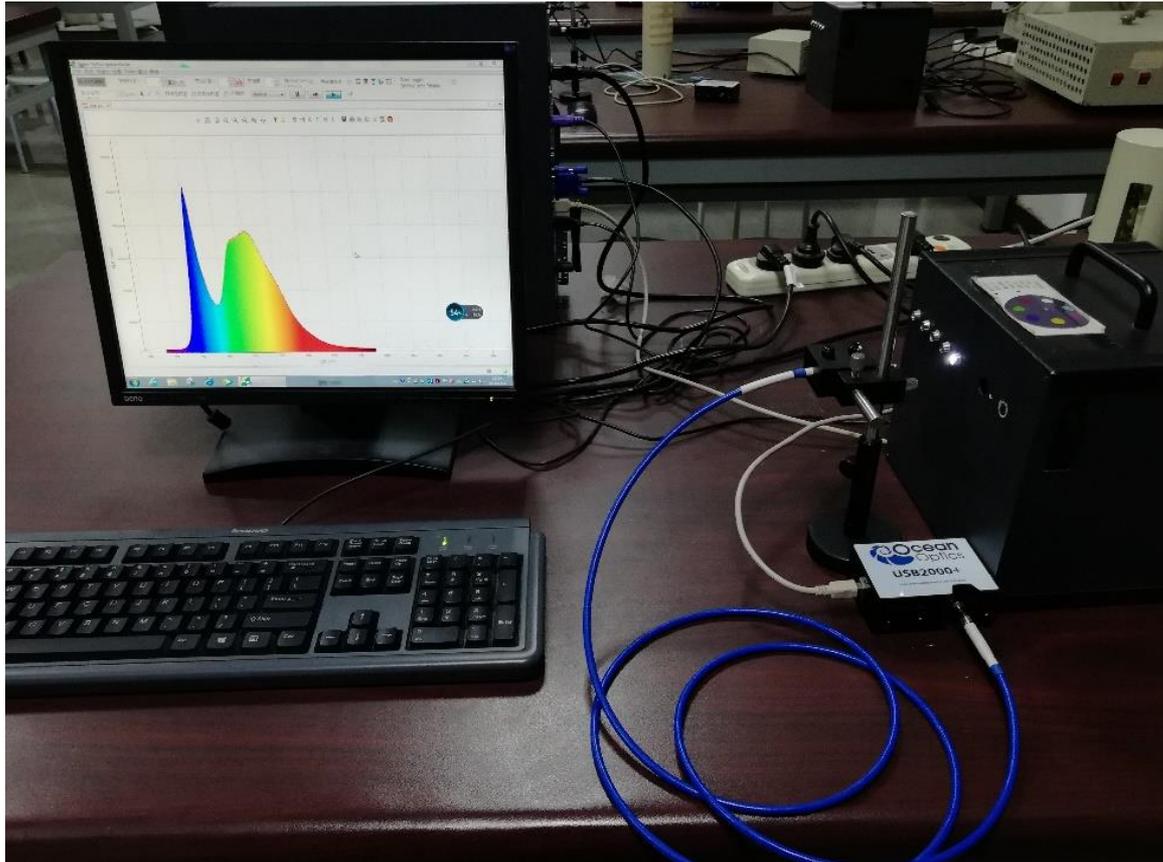
# 夫琅禾费衍射实验



- 测量衍射光强的空间分布，直接和理论对比
- 条纹间距可以较为准确测量



# 光纤光谱仪



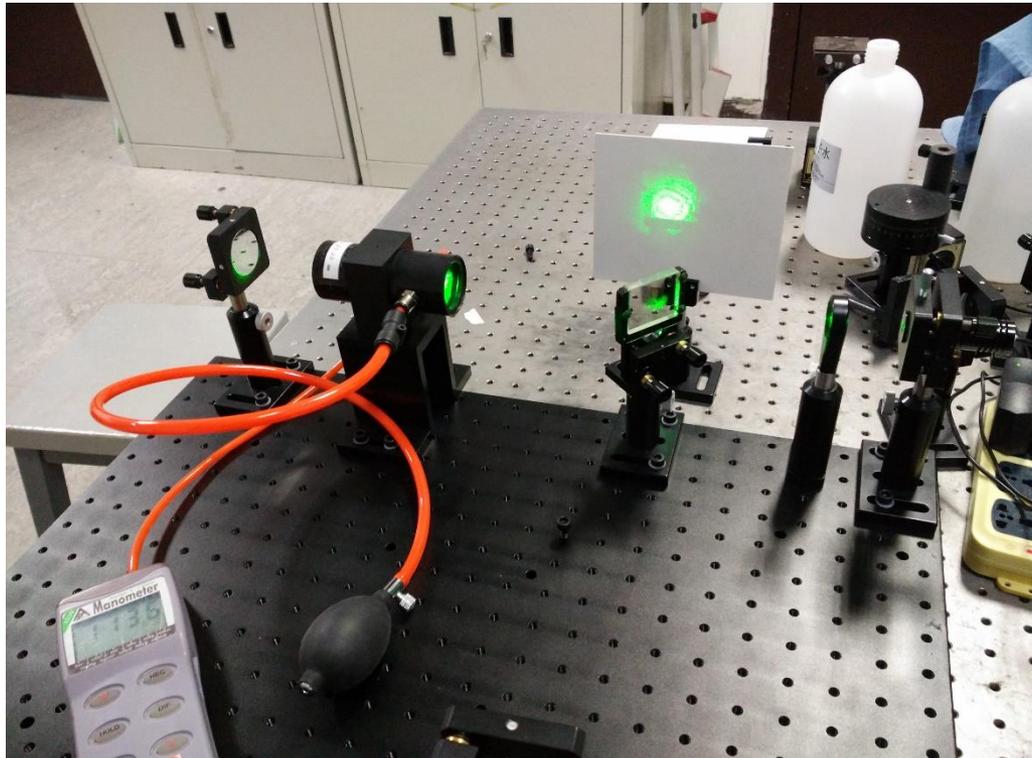
## 电磁波综合实验—光的干涉、衍射、偏振的比较



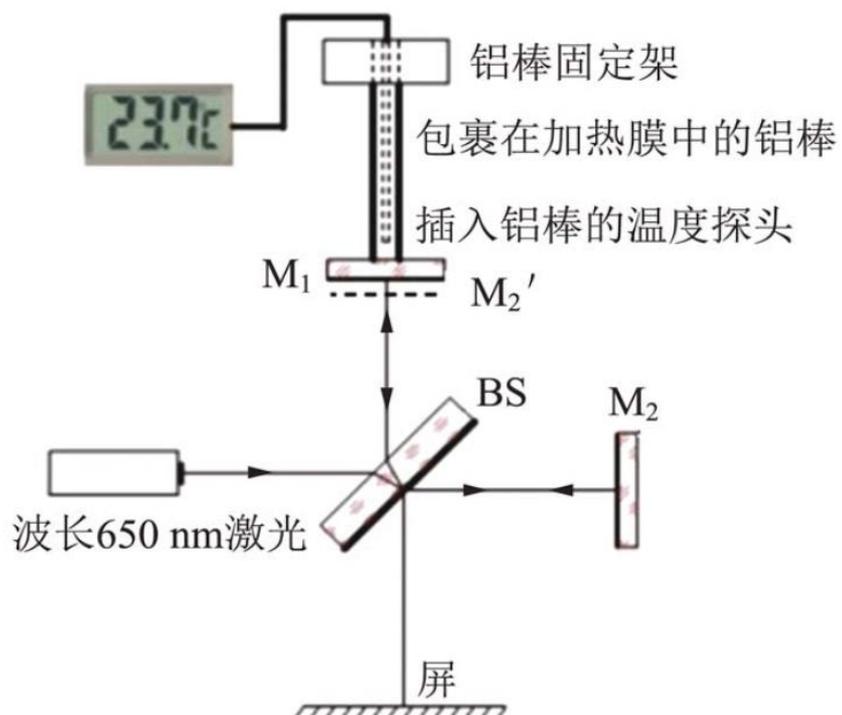
## 基于微小位移量测量实验拓展建设

- 以迈克尔逊实验为基础，将各种微小变化量的测量与光的干涉关联；
- 以谐振电路为基础，将微小位移量与平行板电容器的电容关联

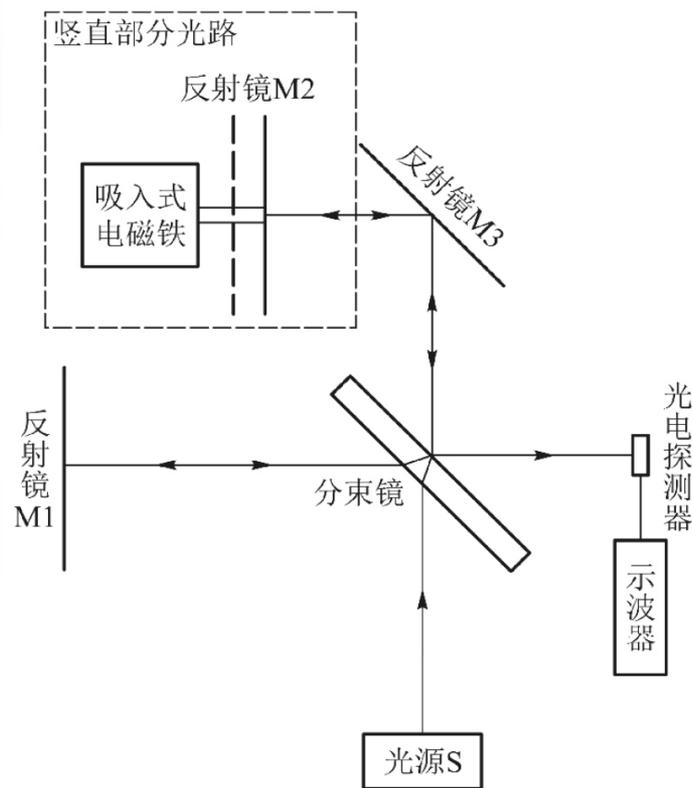
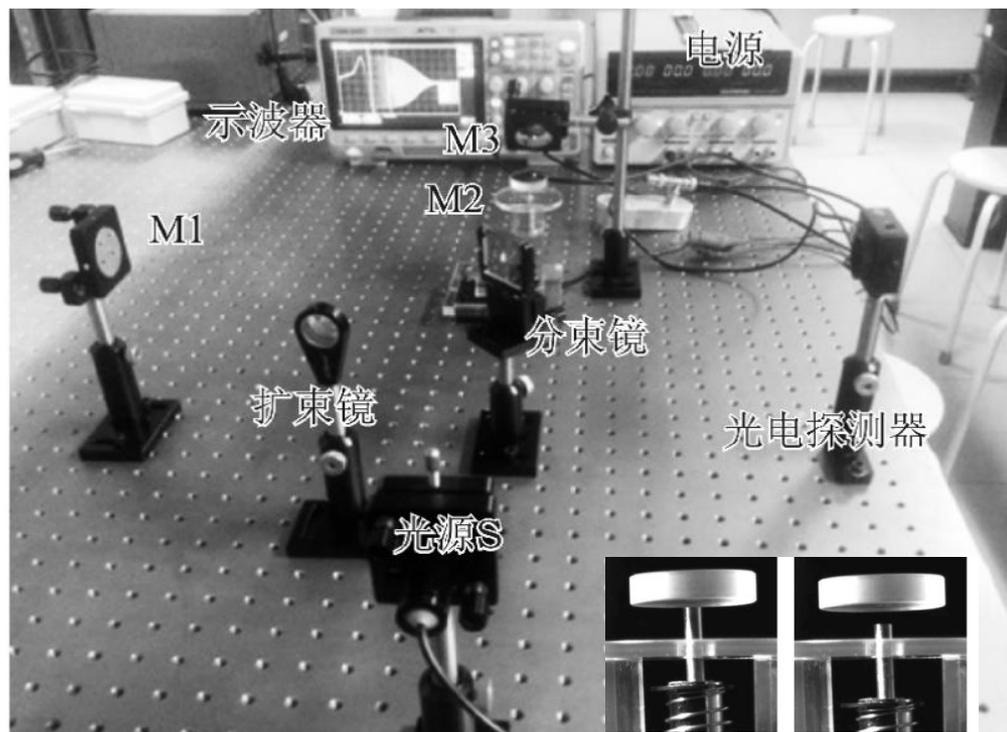
# 空气折射率测量



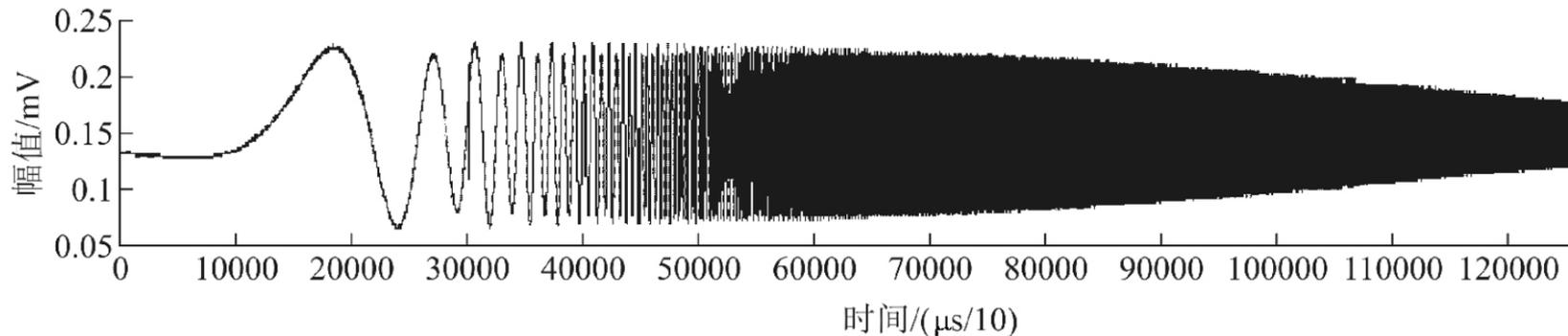
## 金属的热膨胀系数测量



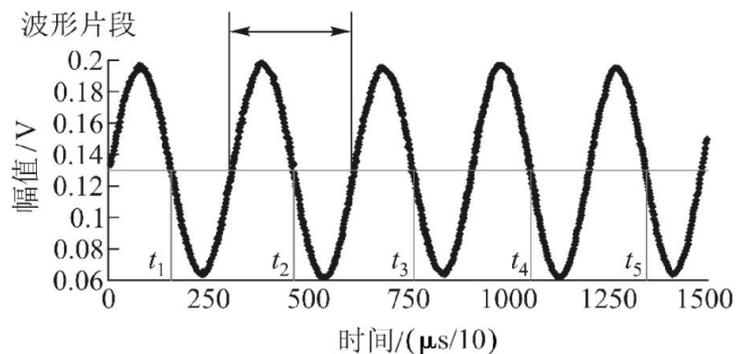
## 重力加速度测量



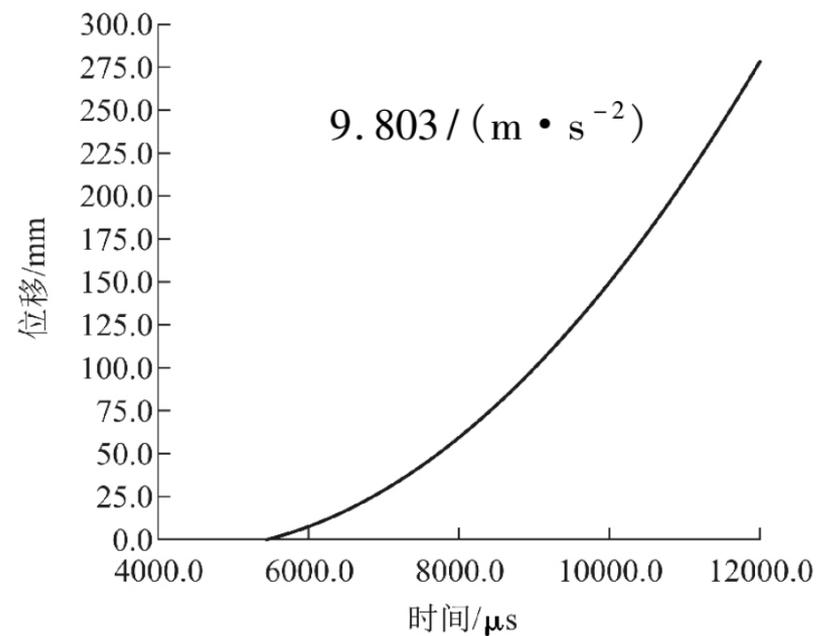
完整波形



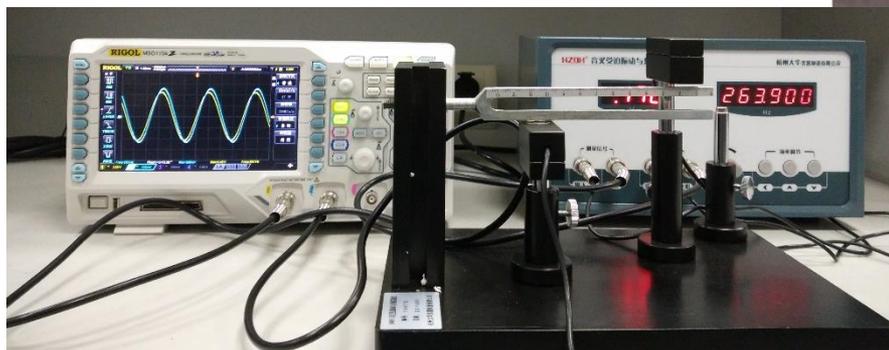
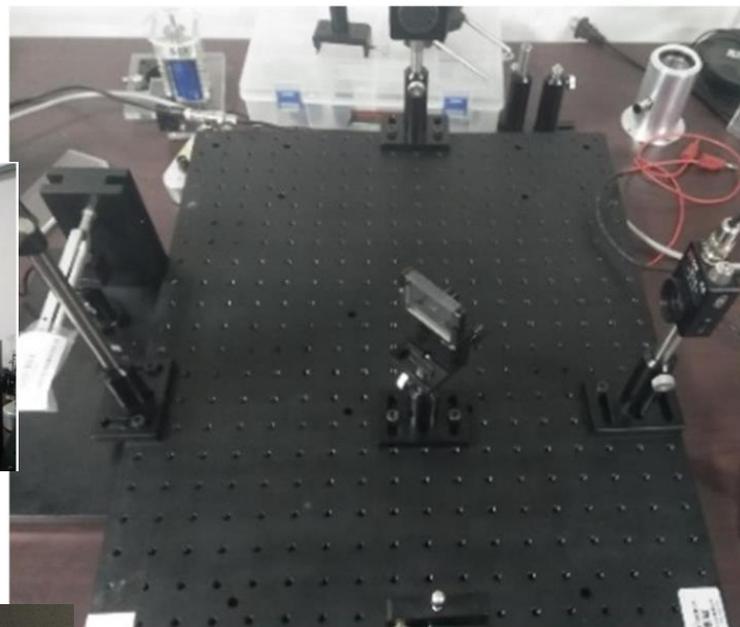
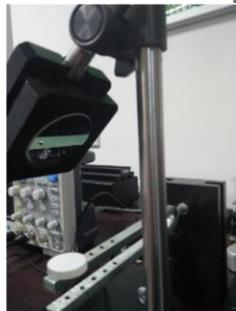
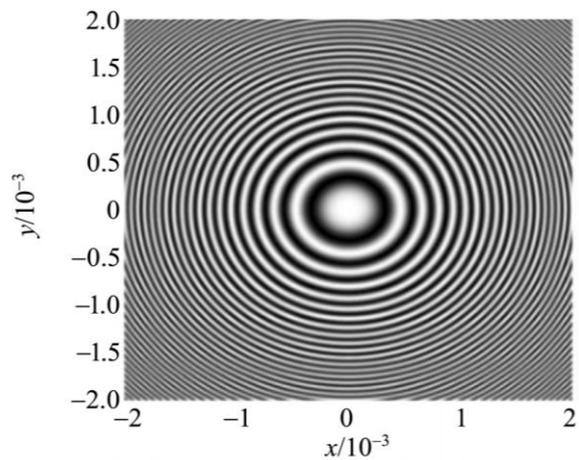
波形片段



$$x_j = a t_j^2 + b t_j + c$$



## 音叉振动的干涉法测量

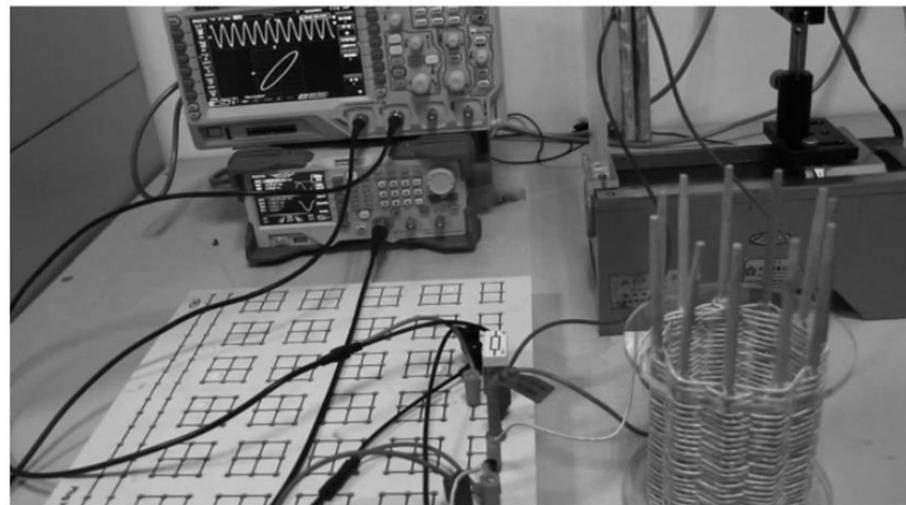
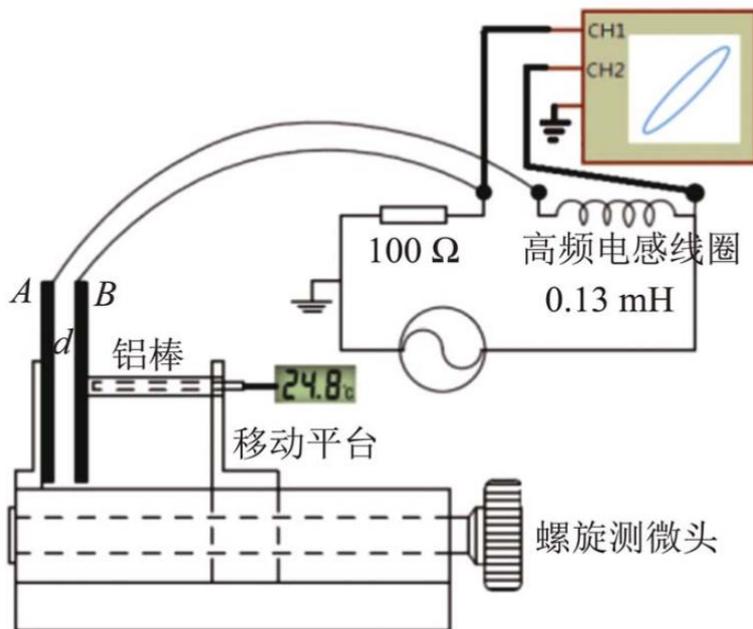


# 单分子磁镊

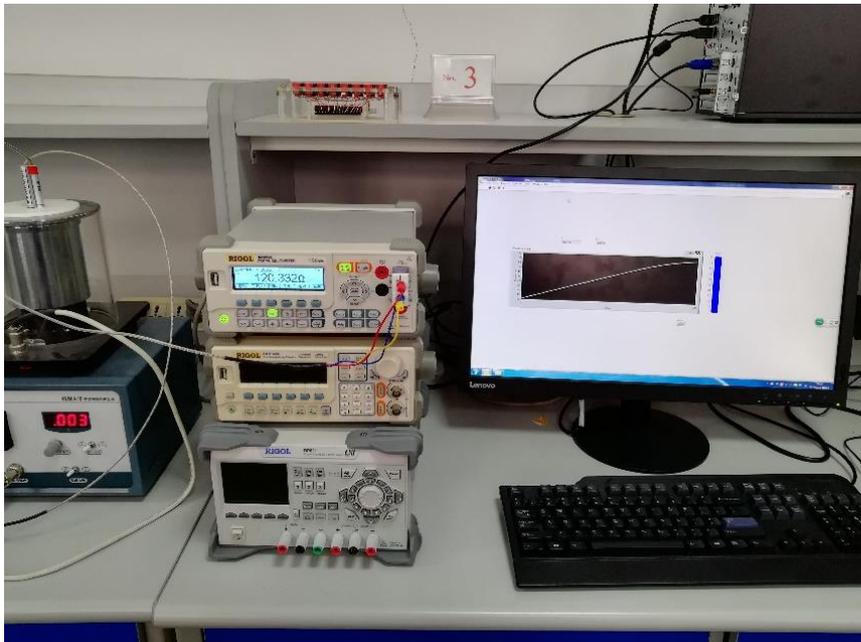


## 平行板电容器测量金属的热膨胀系数

- 谐振频率补偿法
- 电容器间距补偿法



# 虚拟仪器技术实验的建设

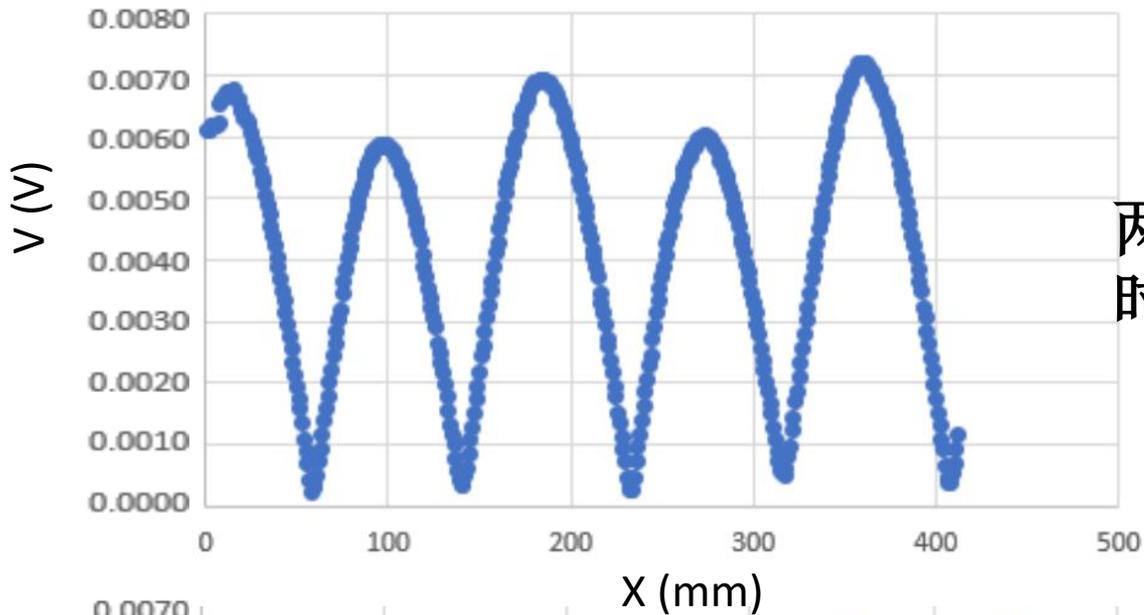


- LED的I-V特性
- 小灯泡I-V的非线性
- 温度计的定标
- 磁滞回线测量

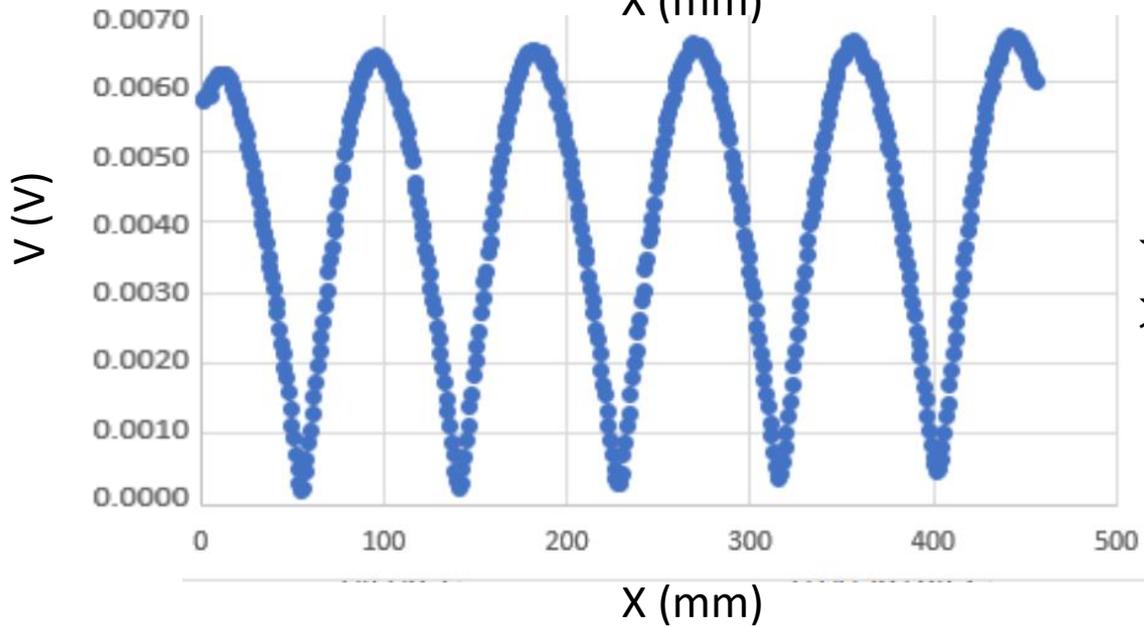
- LabVIEW程序编写，框图结构
- 采集卡和各种仪器的控制框图程序编写
- 搭建实验，用LabVIEW程序控制完成选定一个实验

# 声波谐振实验—LabVIEW虚拟仪器技术应用





两通道同时使用



单通道采集

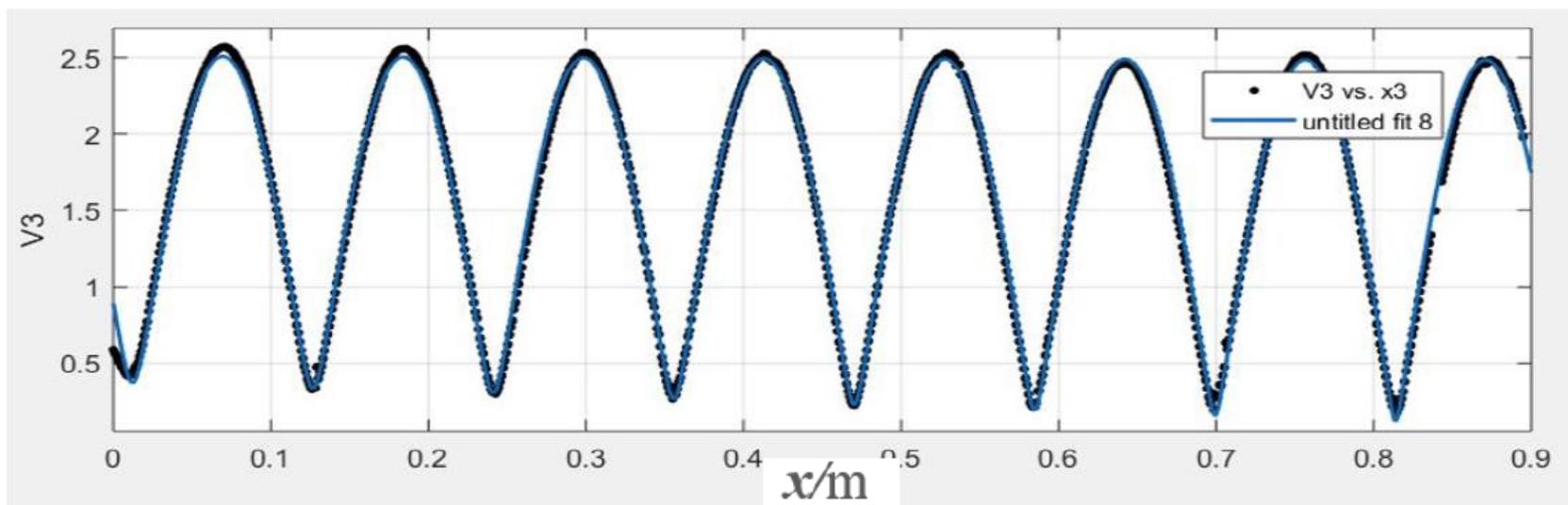
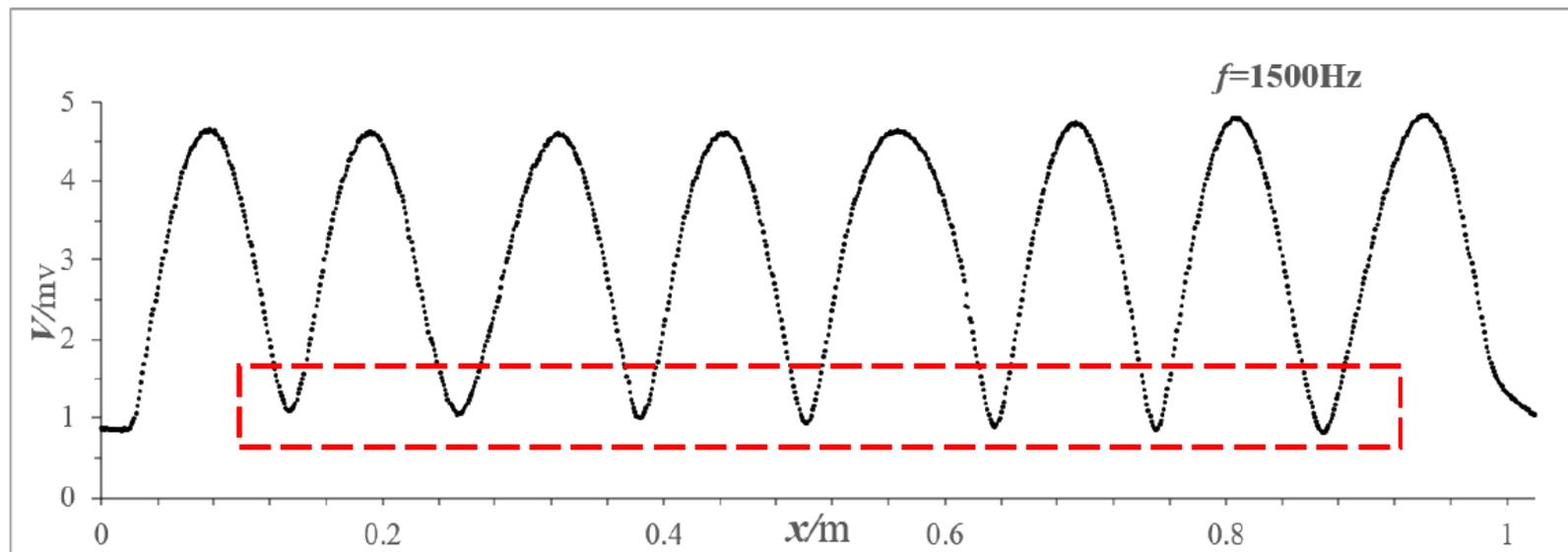
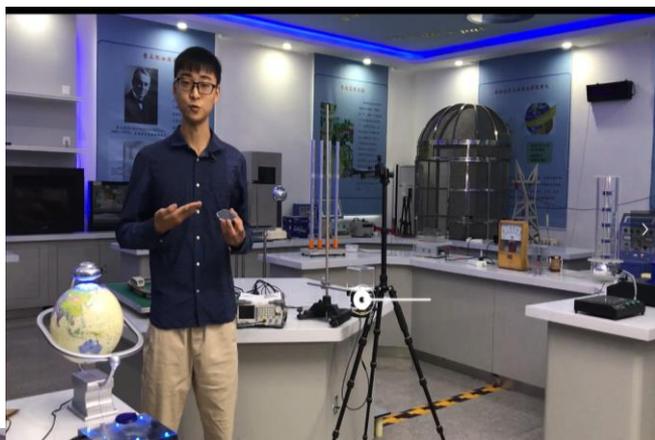


Figure 14 考虑衰减进行拟合



## ● 实践技能的训练

➤ 基础物理实验室和仪器全面开放， 学生需要预约使用



电工学实验室

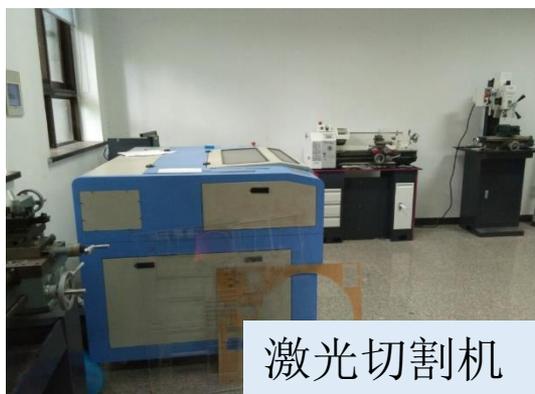
## 实践技术支撑平台—开放平台



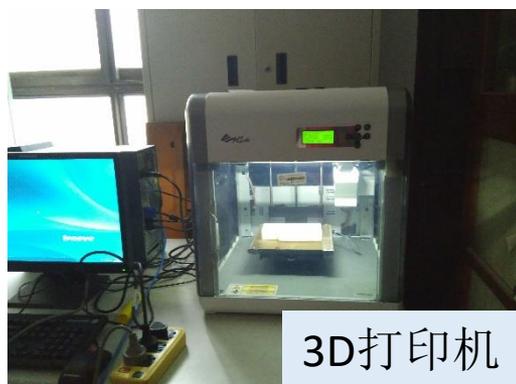
手动机床



数控机床机



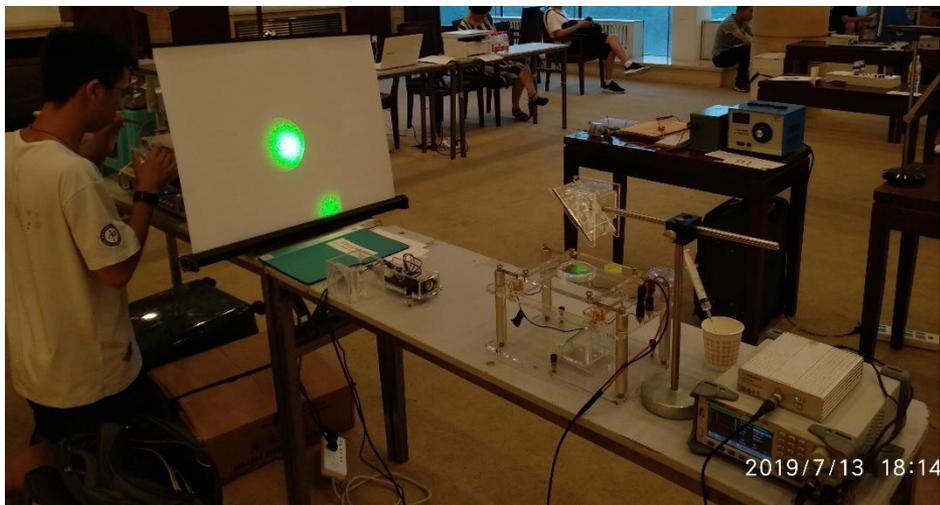
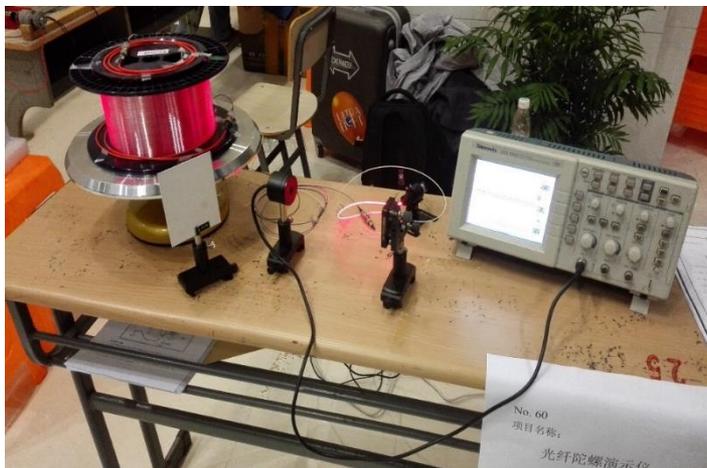
激光切割机



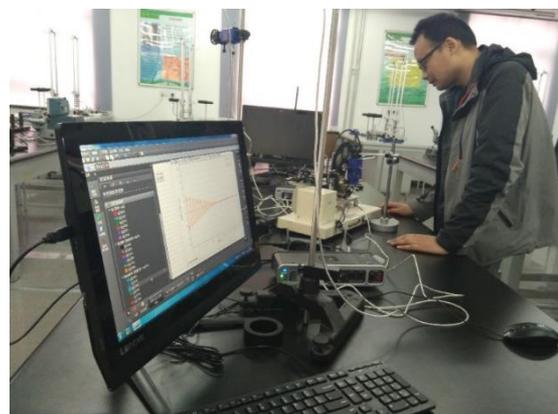
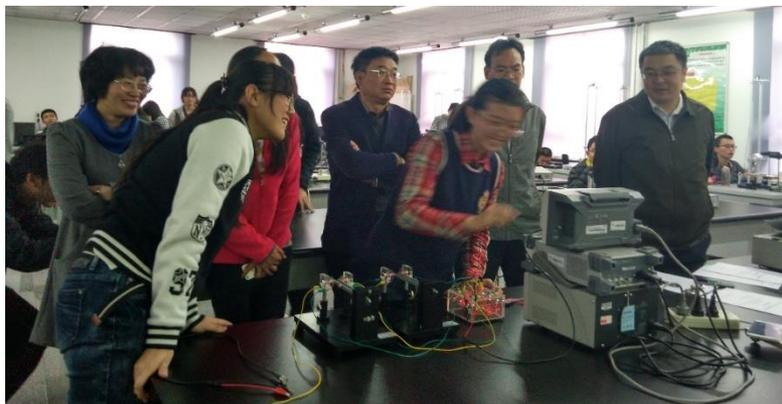
3D打印机



## ➤ 学生搭建实验购置费用教学经费支持，预先申报金额



以学生竞赛为契机，好的实验进一步建设成为常规设计性实验



## 与学生的实践课程结合，开设课程



## 教师自制/改建基础物理实验仪器15种144套（6年）

1. 细丝直径测量装置
2. 空气折射率测量装置
3. 光谱仪光源套装
4. 液晶电光效应实验仪
5. 光电效应实验仪
6. 偏振光实验装置
7. 声波谐振管
8. 振动法测钢丝的杨氏模量
9. 弯曲法测杨氏模量
10. 受迫振动实验仪
11. 物理摆
12. 转动惯量
13. 气垫导轨实验
14. 自制夫琅和费衍射实验
15. 一维驻波研究
16. 非线性实验模块(3种)

白在桥、平澄、陈学智，房爱芳(14)建设

谢谢!