

# 基于虚拟仿真实验的 学生能力培养

乐永康

复旦大学物理教学实验中心

2020.7.22

# 目 录

- 疫情期间的实验教学
- 为什么需要虚拟仿真实验？
- 是否可能不被卡脖子？
- 几个虚拟仿真实验教学案例
- 我的梦想

# 疫情期间的实验教学

几种常见的授课形式：

- 基于实验教学视频
- 虚拟仿真实验
- 居家课题

# 3月22日的小调查

第4题： 若为了抵充一定的实验课时，要从虚拟仿真实验与学生自选项目两者之间做选择，您的倾向是：

| 选项             | 小计 | 比例                            |
|----------------|----|-------------------------------|
| 倾向于让同学做虚拟仿真实验； | 27 | <div><div></div></div> 36.99% |
| 倾向于让同学做自主实验；   | 46 | <div><div></div></div> 63.01% |
| 本题有效填写人次       | 73 |                               |



表格



饼状图



圆环图



柱状图

本题有效填写人次

73

虚拟仿真实验，教学效果还没有令大家信服！

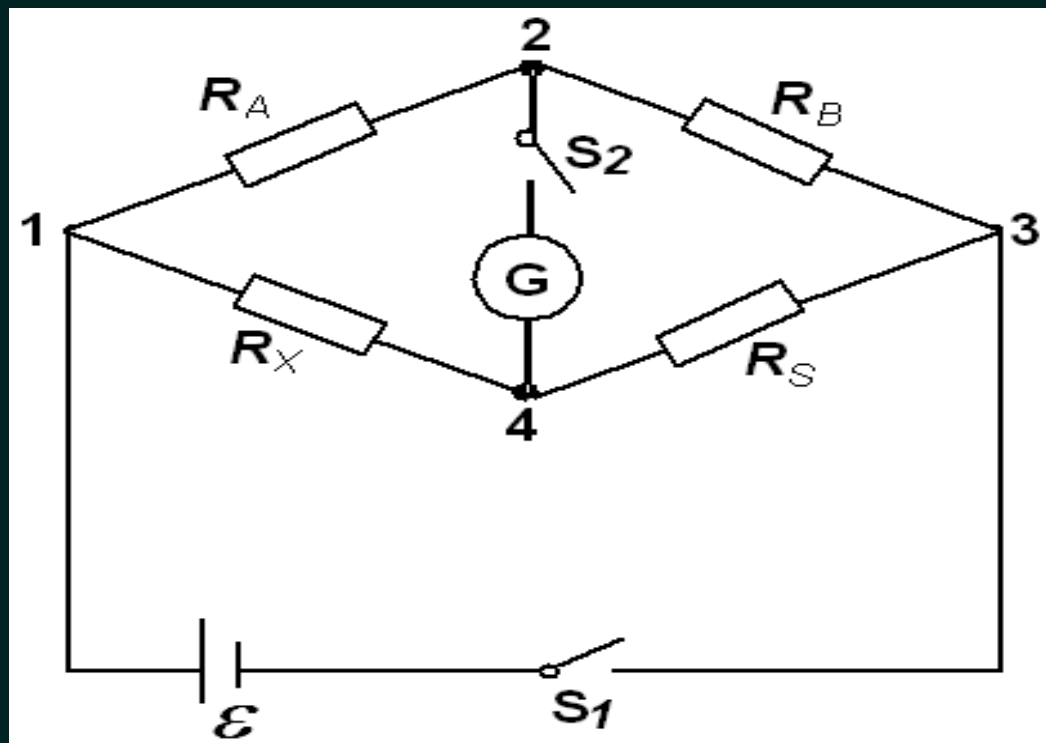
# 我们为什么需要虚拟仿真实验

- 替代原来的实验教学？
- 原来没有实验训练，或者较少？
- 拓展、补充、提升
  - 在哪个方面起作用呢？

# 物理实验教学达到预期目标了吗？

- 实践能力、创新意识
  - 平均的实验教学水平：很不充分
- 虚拟仿真实验是否可以弥补这个“不充分”
  - 辐射防护
  - NaI(Tl)单晶伽玛能谱仪的分辨率和哪些因素有关
    - 闪烁体荧光光子收集效率
  - 实验过程中查错、仪器维修

# 惠斯通电桥实验



1. 与伏安法相比，电桥法的优点是什么？
2. 电桥灵敏度和哪些因素有关？

$$M \approx S_G \varepsilon \frac{R_A / R_B}{R_G (1 + R_A / R_B)^2}$$

# 一堆启发性问题

- 在调节电桥平衡的时候，我们判断的依据是什么？
- 这个“依据”和哪些因素有关？
- 假如调节电阻在阻值为 $R_S$ 时，电桥达到平衡，当该电阻的阻值有一个小量 $\delta$ 变化时，检流计两端的电势差如何计算？
- 上述电势差在什么情况下最小？
- 电阻的精度如何影响电桥测量的不确定度？
- $R_S$ 阻值的读数和哪些因素有关？该读几位有效数字？
- 检流计的量程是多大？内阻多大？可以用什么方法来测量？
- 能判断检流计读数有变化的最小电流改变是多大？对应的两端电势差的变化是多大？
- 检流计的保护电阻是串联好还是并联好？各有什么优缺点？对所用的保护电阻有什么要求？
- 用我们实验中使用的检流计组装一个量程为 $\pm 2.00\text{mA}$ 的双向直流电流表，其内阻应是多大？



# 惠斯通电桥实验中的查错

- 有意引入几个故障：
  - 待测电阻接线脱落；
  - 三根导线断路；
  - 一个电阻箱的1个档位短路；
- 让学生查错！

**学生反馈：**  
**我今天没做出来，下次什么时候可以再  
来？我已沉迷其中！**



# Work Sheet

## 4/19 讨论班 Worksheet

### Part I 接线

1. 能否在纸上画出你的接线的顺序？请问你这么接线的思路是什么？
2. 电阻箱是不是都处于可以闭合电键的条件了？会不会电流过大烧坏电阻箱？
3. 闭合电键之后怎么去调节电桥平衡的？看到了什么现象，你又是怎么处理的，处理之后的结果是怎么样的？

### Part II 故障分析

1. 你觉得电路出现了故障？判断依据是什么？
2. 这种故障出现可能是因为什么引起的，如果你去排除故障，你的思路是什么？
3. 用什么办法去找到损坏的导线 / 损坏的电阻箱？这两者有何不同？

1. 画出线路图，标注接线顺序。
2. 闭合电键之前要注意什么？
3. 如何判断电桥接线是否正确？
4. 为什么说你的电路有故障？
5. 找故障的思路？
6. 导线损坏和电阻箱故障表现会有何不同？

# 小发现

1. 学生很快就找到了接线脱落点;
2. 学生不善于简化电路;
3. 学生找错的效率比较低:
  - 导线是否工作: 一根一根地量!
  - 判断电阻箱是否正常: 用万用表量电阻与指示是否一致!

## 助教反馈:

- 来了一位绩点3.85/4的学生, 一小时内找到了所有的故障!
- 我们得设计一些新故障!
- 我们要破坏很多仪器, 元器件?
- 如何进一步扩大规模/容量?

基于虚拟仿真的查错实验!

# 工业上的实际

- 电子线路、集成电路设计：EDA软件
- 照相机镜头设计：ZEMAX
- 医用X光管 $\leftrightarrow$ 小焦斑X光管等
- 高端的分析仪器
- 光刻机

# 是否可能不被卡脖子

- 华为进入“实体名单”：
  - Zemax软件
- 哈工大不能再使用Matlab
- “后进”注定挨打？
- 两弹一星
- GPS $\leftrightarrow$ 北斗
- 重大仪器专项：质谱仪

思路决定出路！

教学应更有作为！

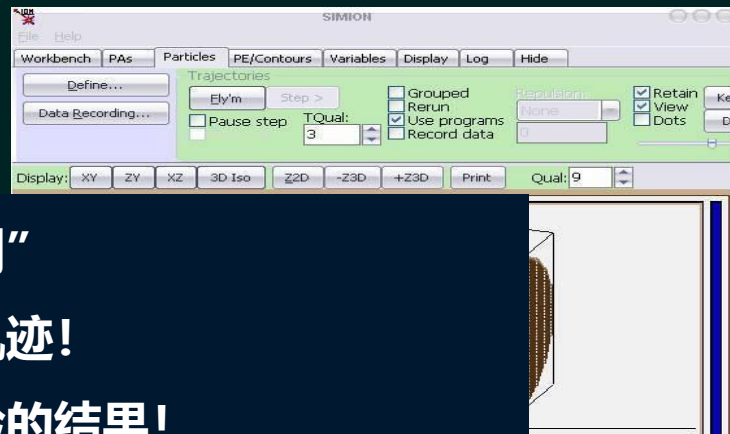
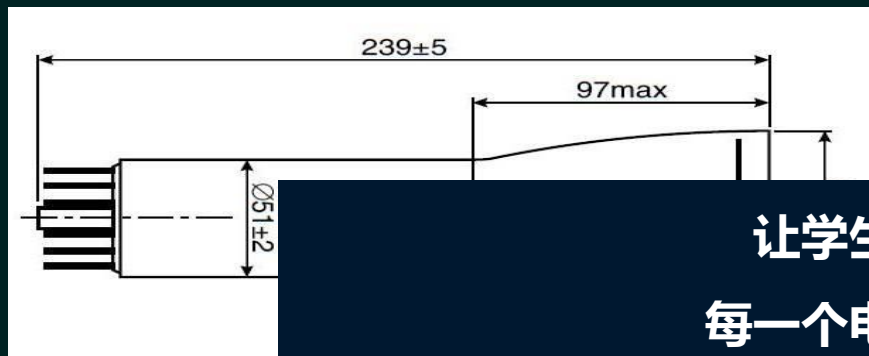
# 几个虚拟仿真实验案例

- 电子光学：从显像管到电子显微镜
- 工程光学：虚实结合
- HTML5：教学课件开发

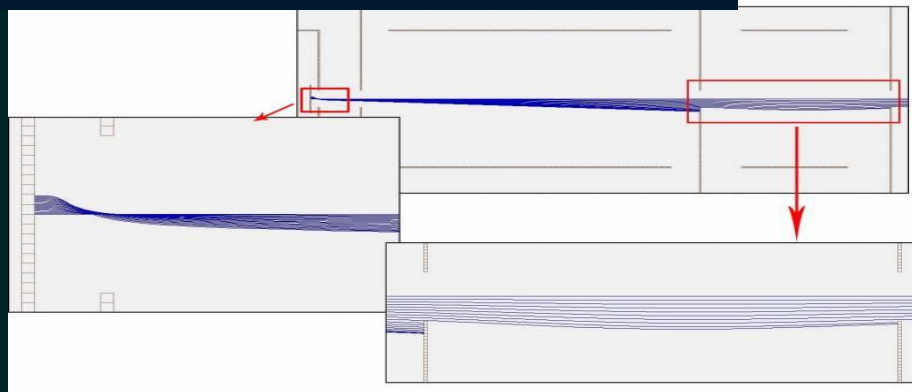
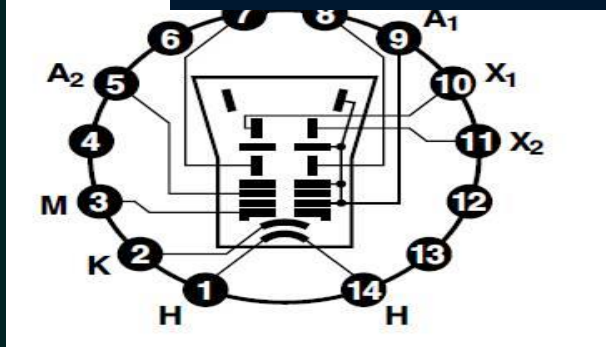
# 电子光学

- 带电粒子的聚焦、偏转等：借鉴几何光学
  - 显像管
  - 电子显微镜
- 以带电粒子为源或者分析对象的分析检测设备
- 仿真工具：SimIon, CP0, Comsol

# 电子束聚焦

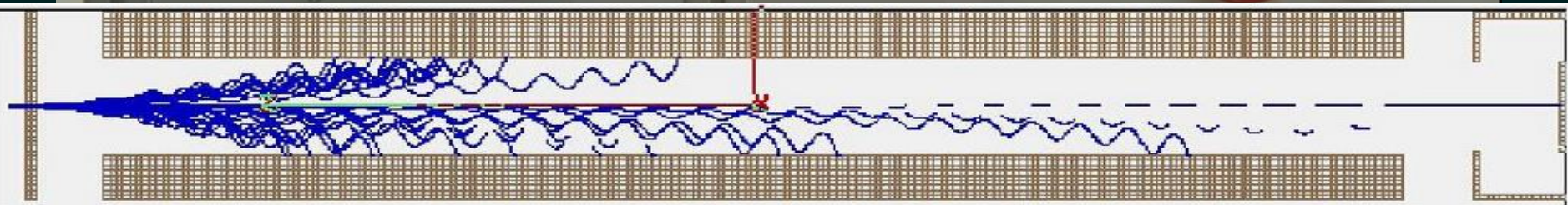
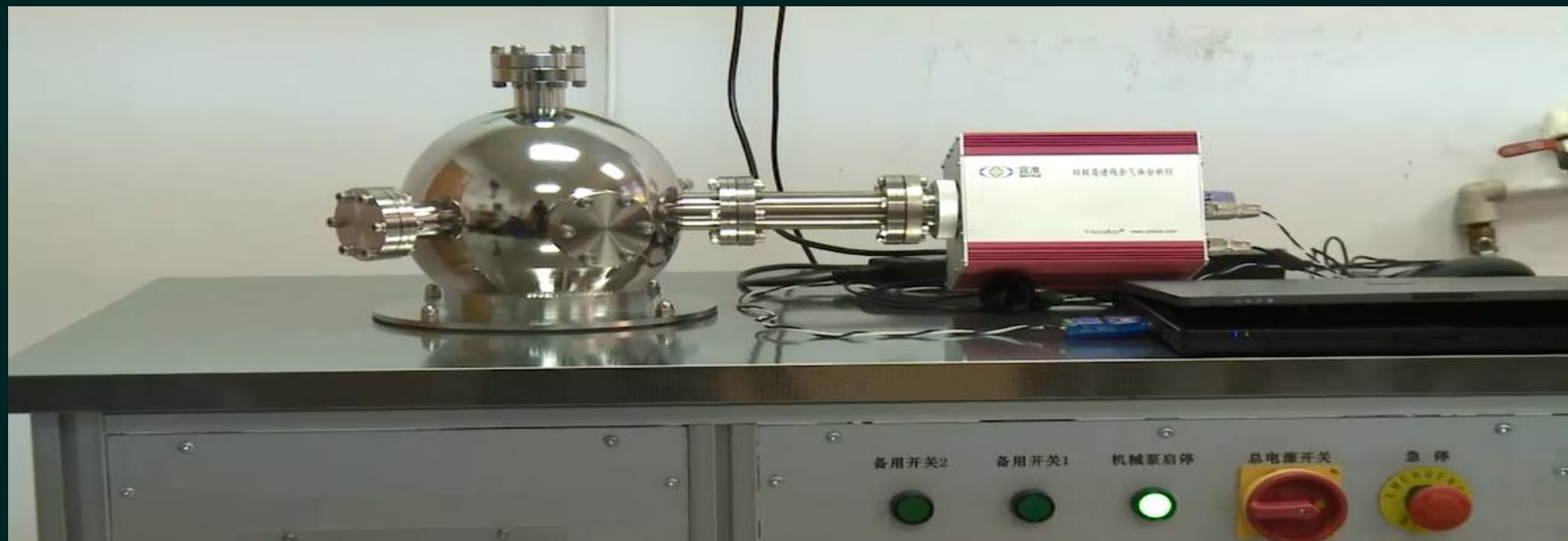


让学生“看到”  
每一个电子的轨迹！  
理解显像管聚焦实验的结果！

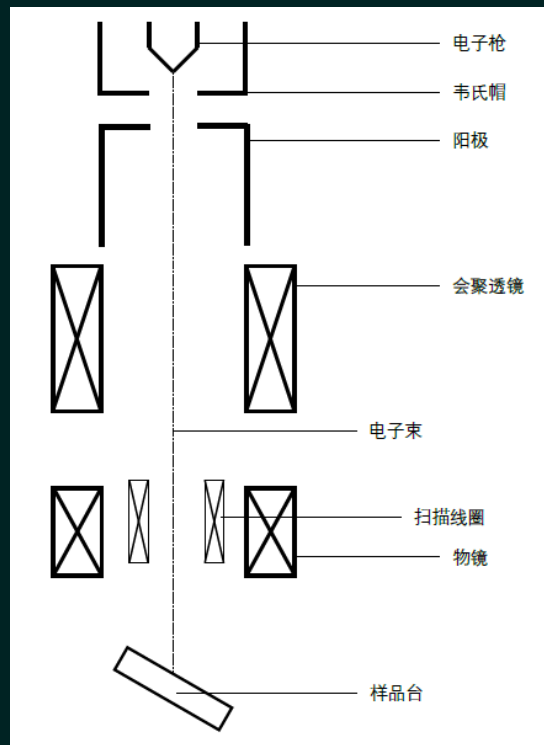




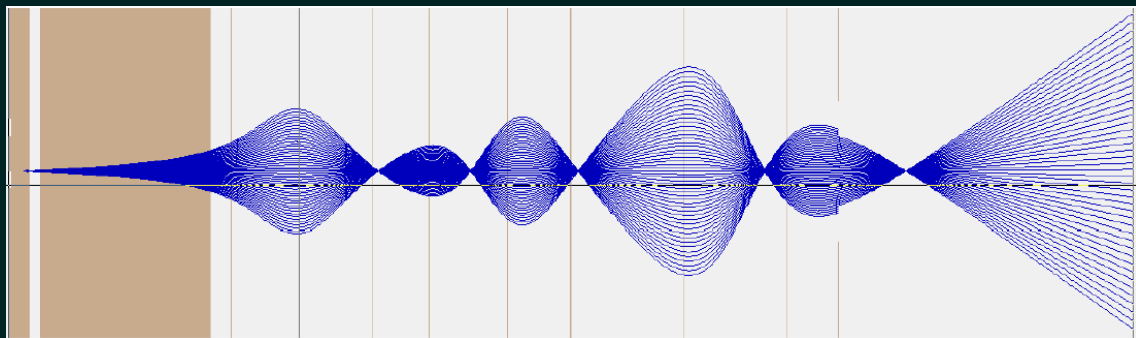
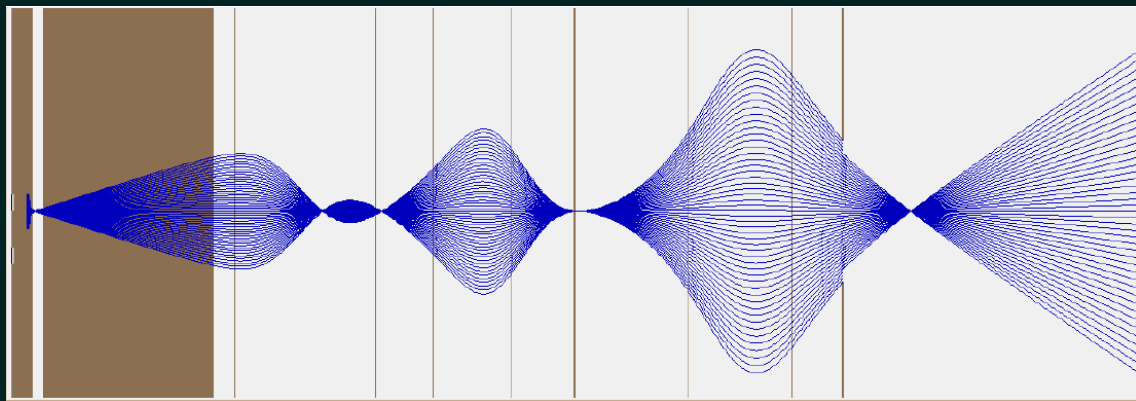
# 四极杆质谱



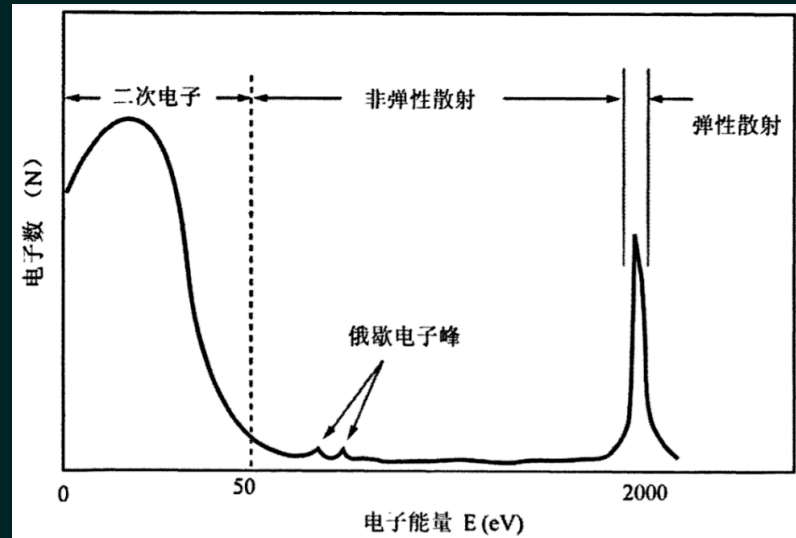
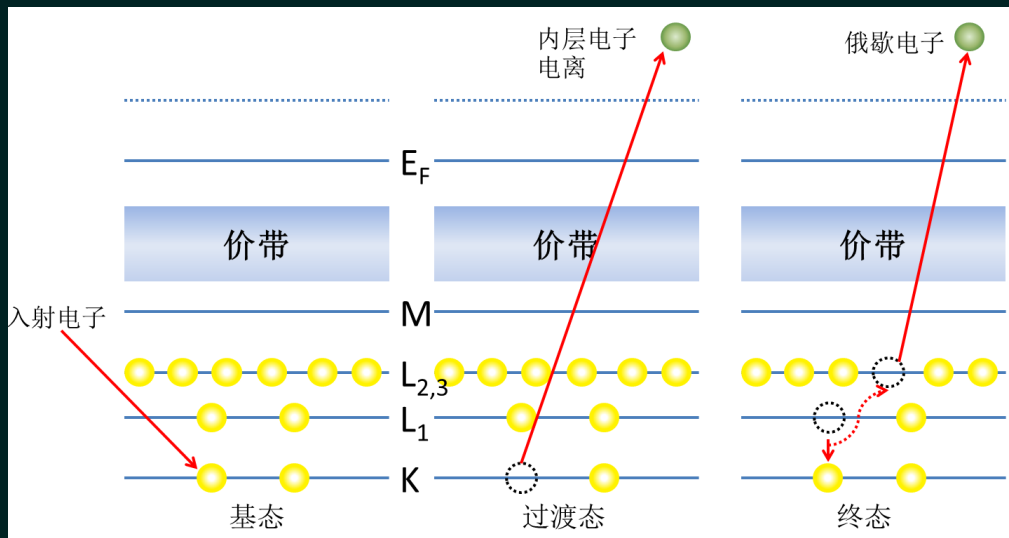
# 电子显微镜的电子光学系统



# Simion仿真

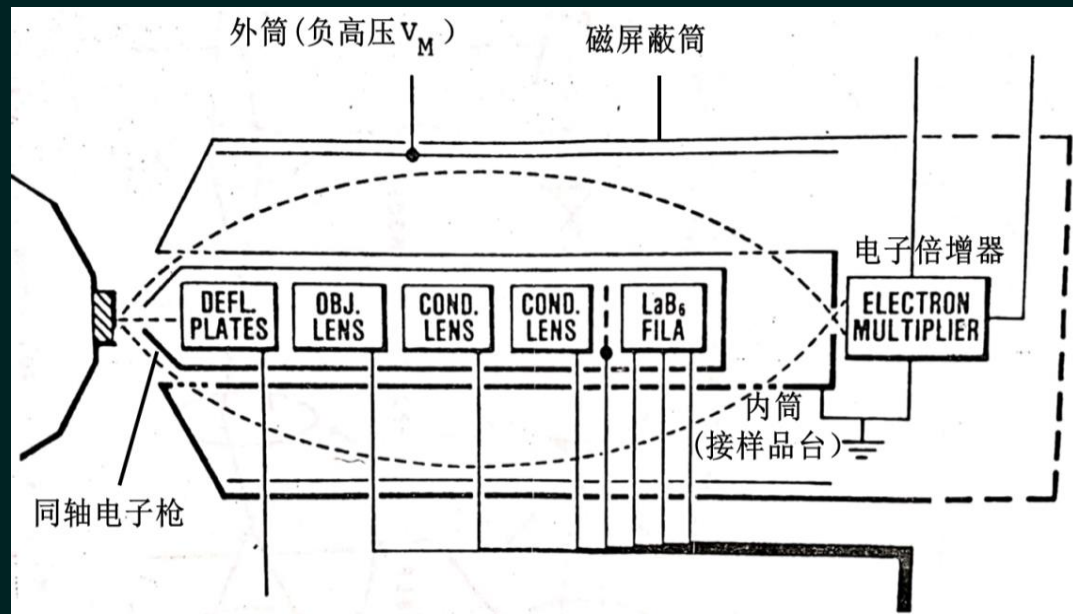


# AES电子能谱



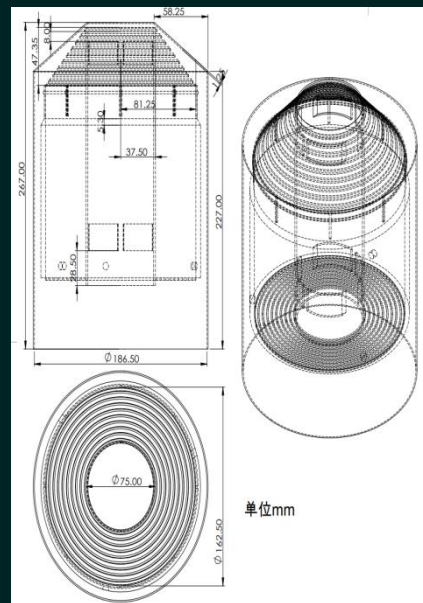
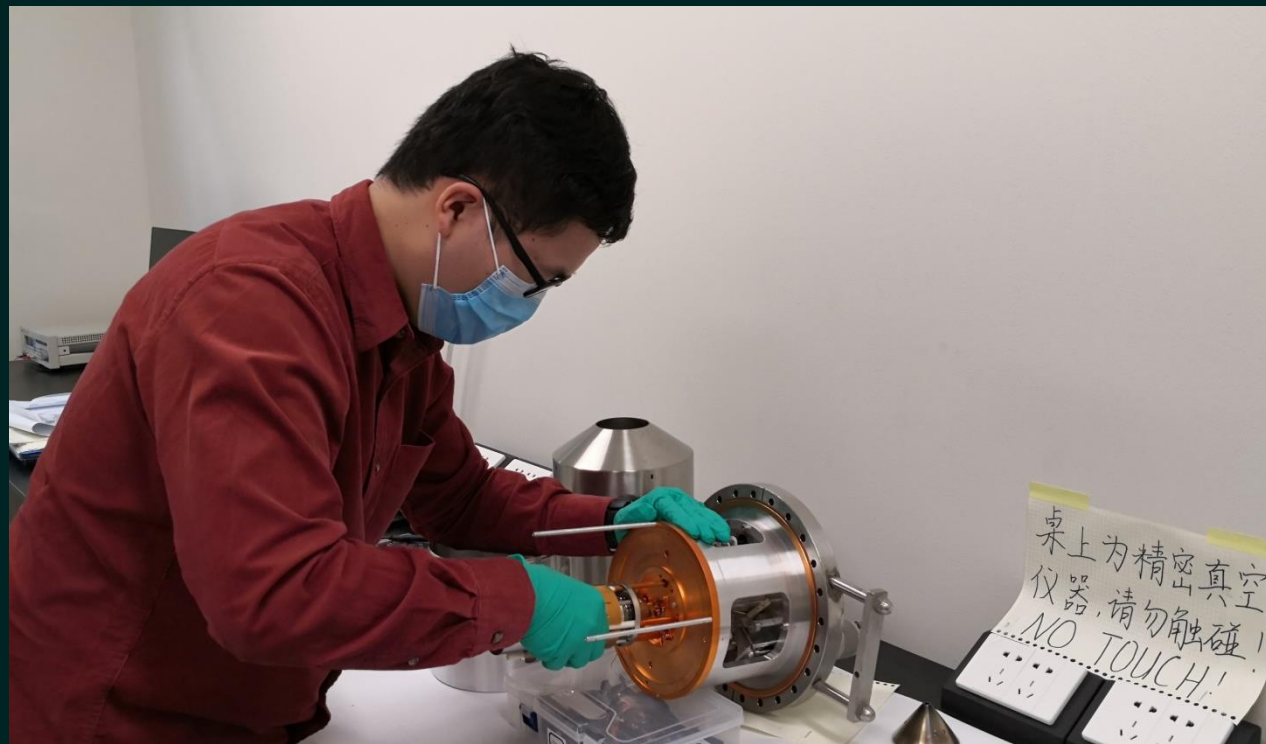
图片引自：徐富春. 微纳尺度表征的俄歇电子能谱新技术 [D]. 厦门大学, 2009

# 厂家资料



- 分辨率跟哪些因素有关?
- 透过率?
- 电子收集效率?
- 如何实现能量分辨率在更宽的能谱范围里尽量一致?

# 实物解剖



- 在旧仪器变为废铁之前留住它!



# 原理仿真

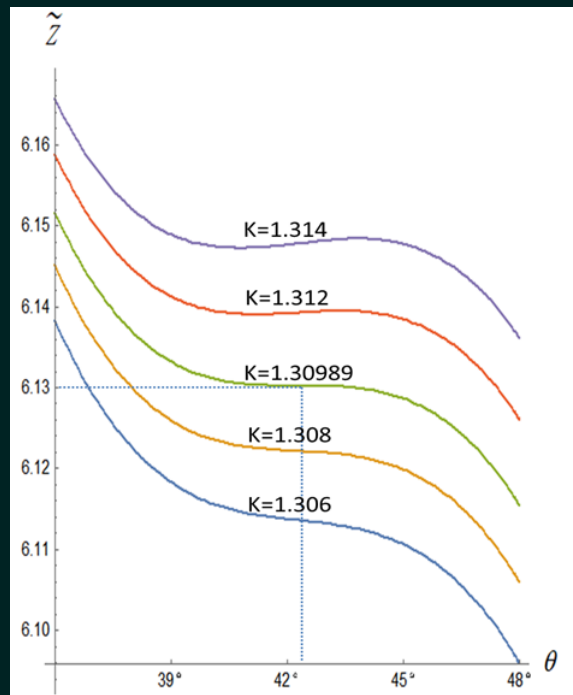
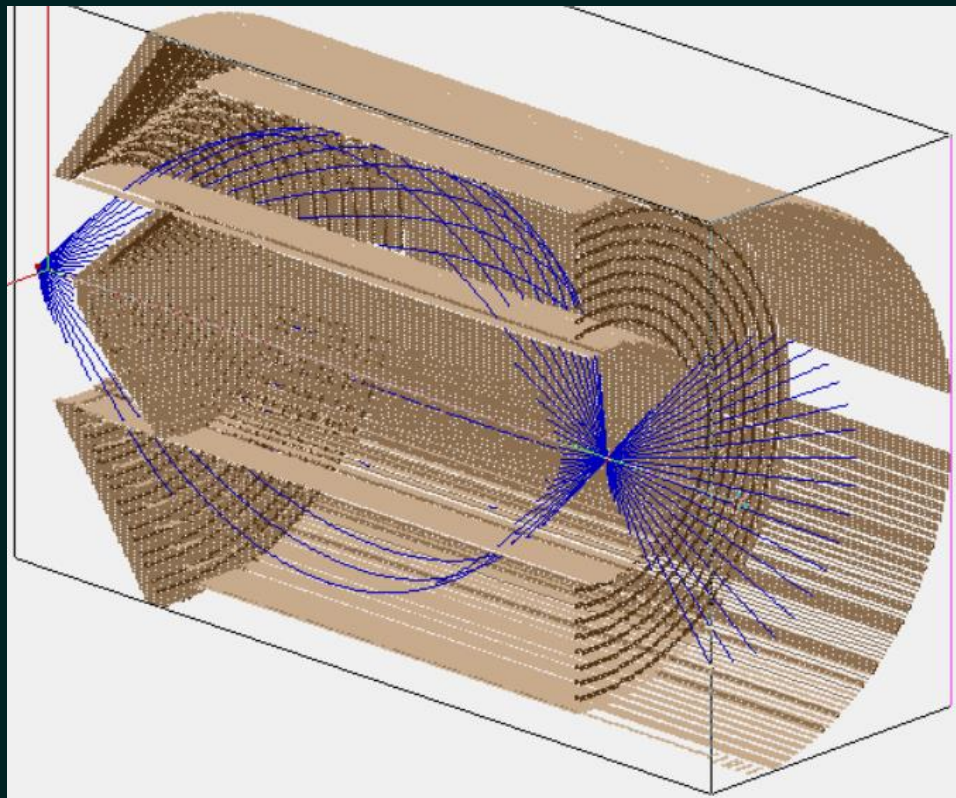
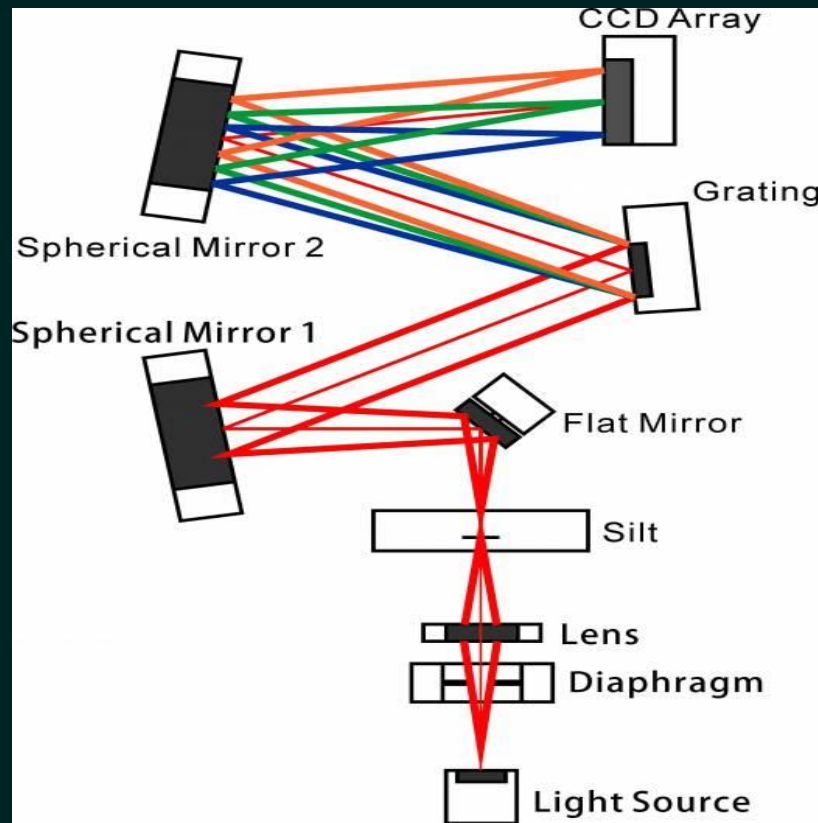


图 2-10 CMA 中电子聚焦位置  $\tilde{z}$  与入射角  $\theta$  的关系  
( $K$  为参量)

# 积木式光栅光谱仪

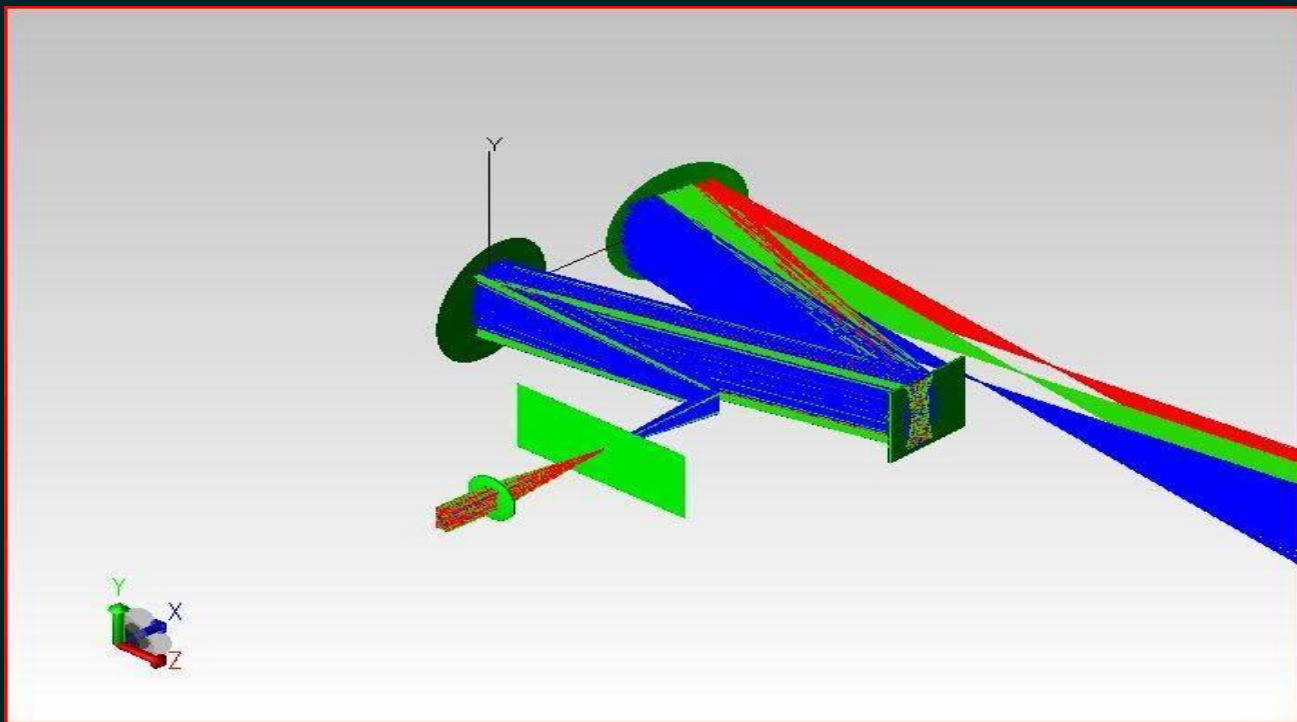




# 积木式光栅光谱仪

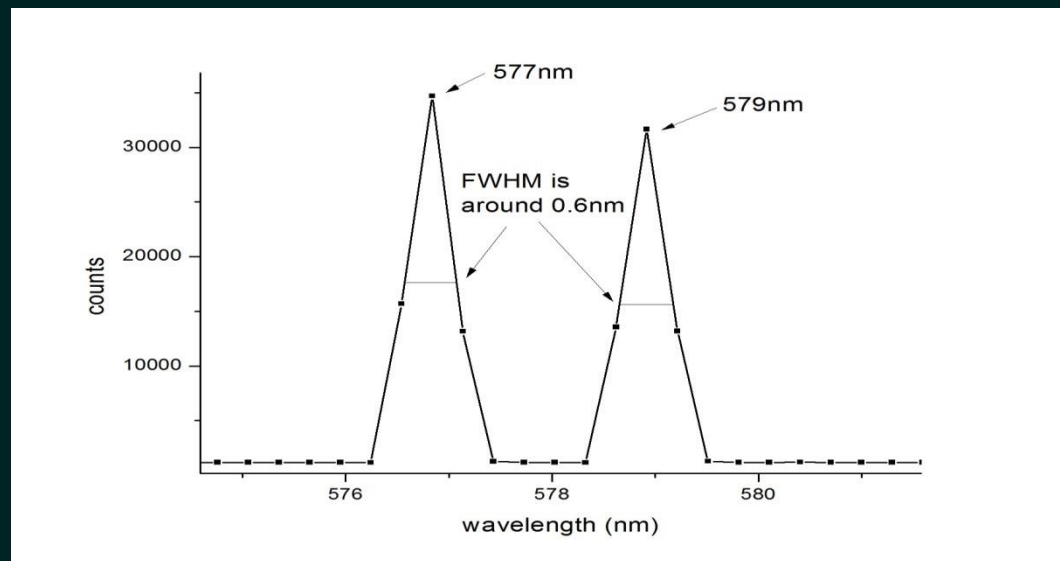
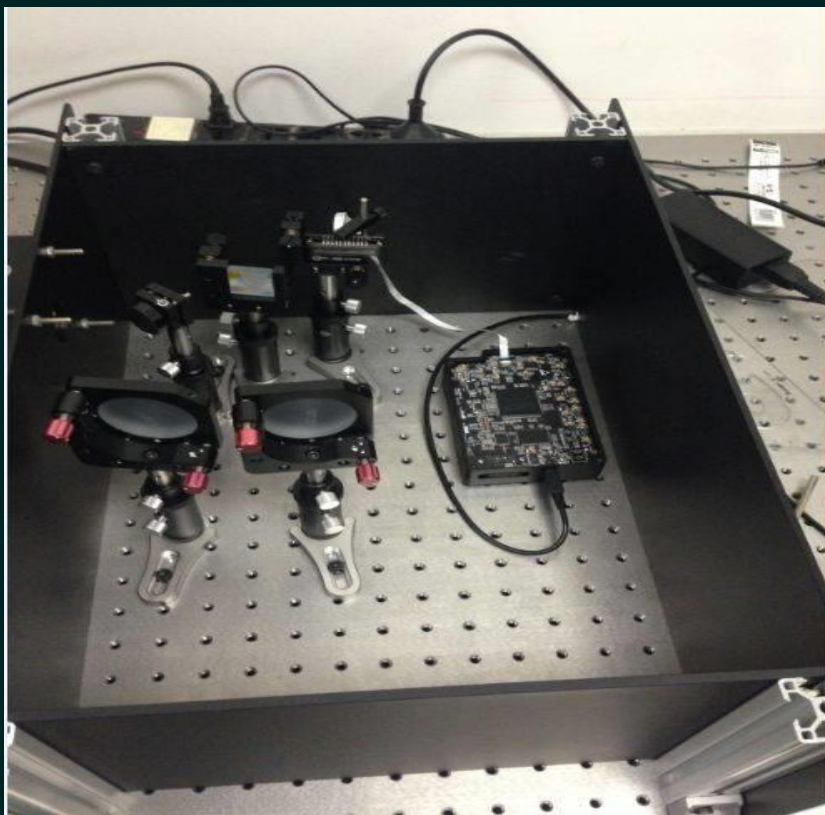
- 分辨率和什么有关？
- 光学元件如何调节？
- 像差如何消除？
- 如何拓展光谱仪的应用？

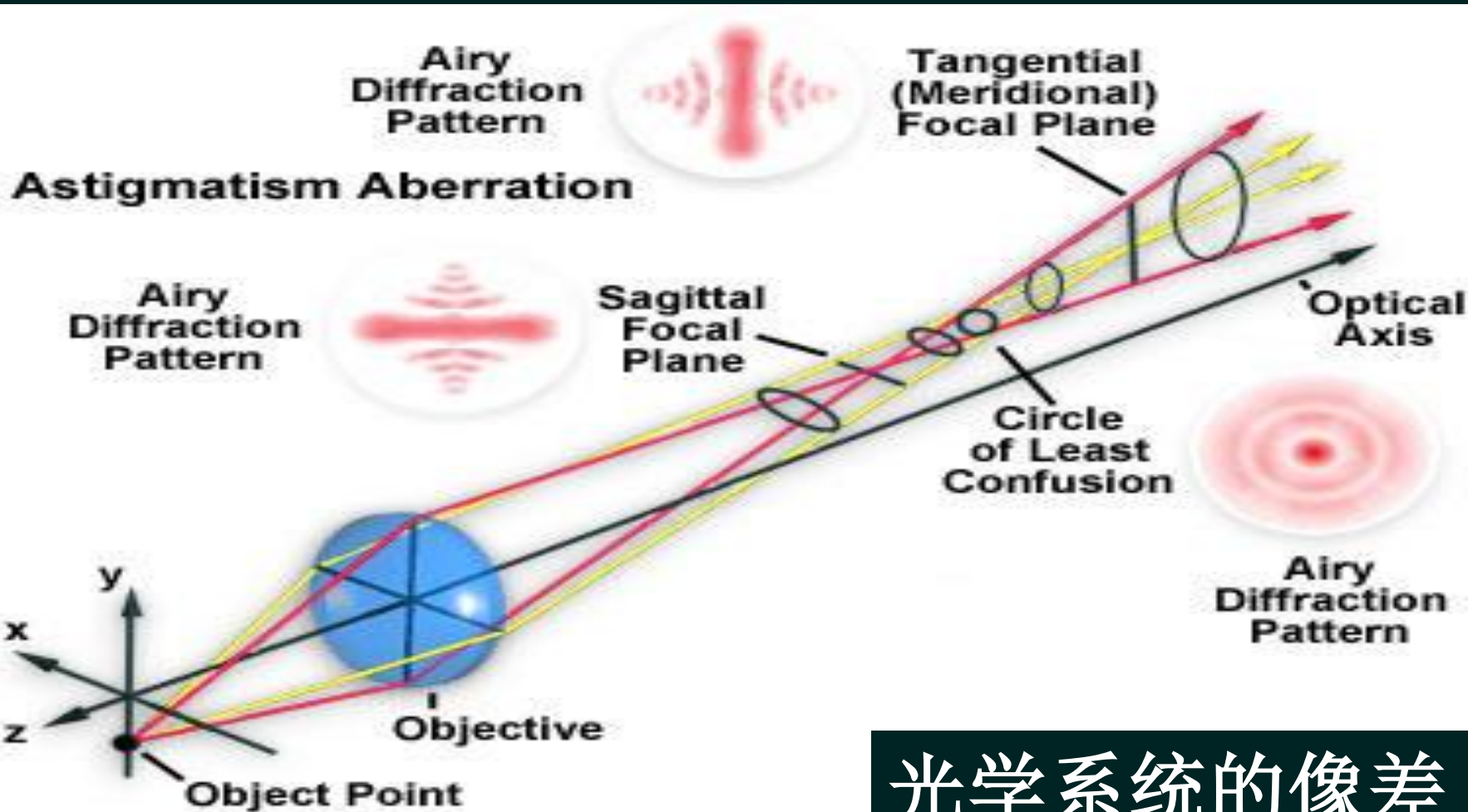
# 积木式光栅光谱仪



工具：Zemax, Vode5, Comsol, **SeeLight**

# 积木式光栅光谱仪





光学系统的像差

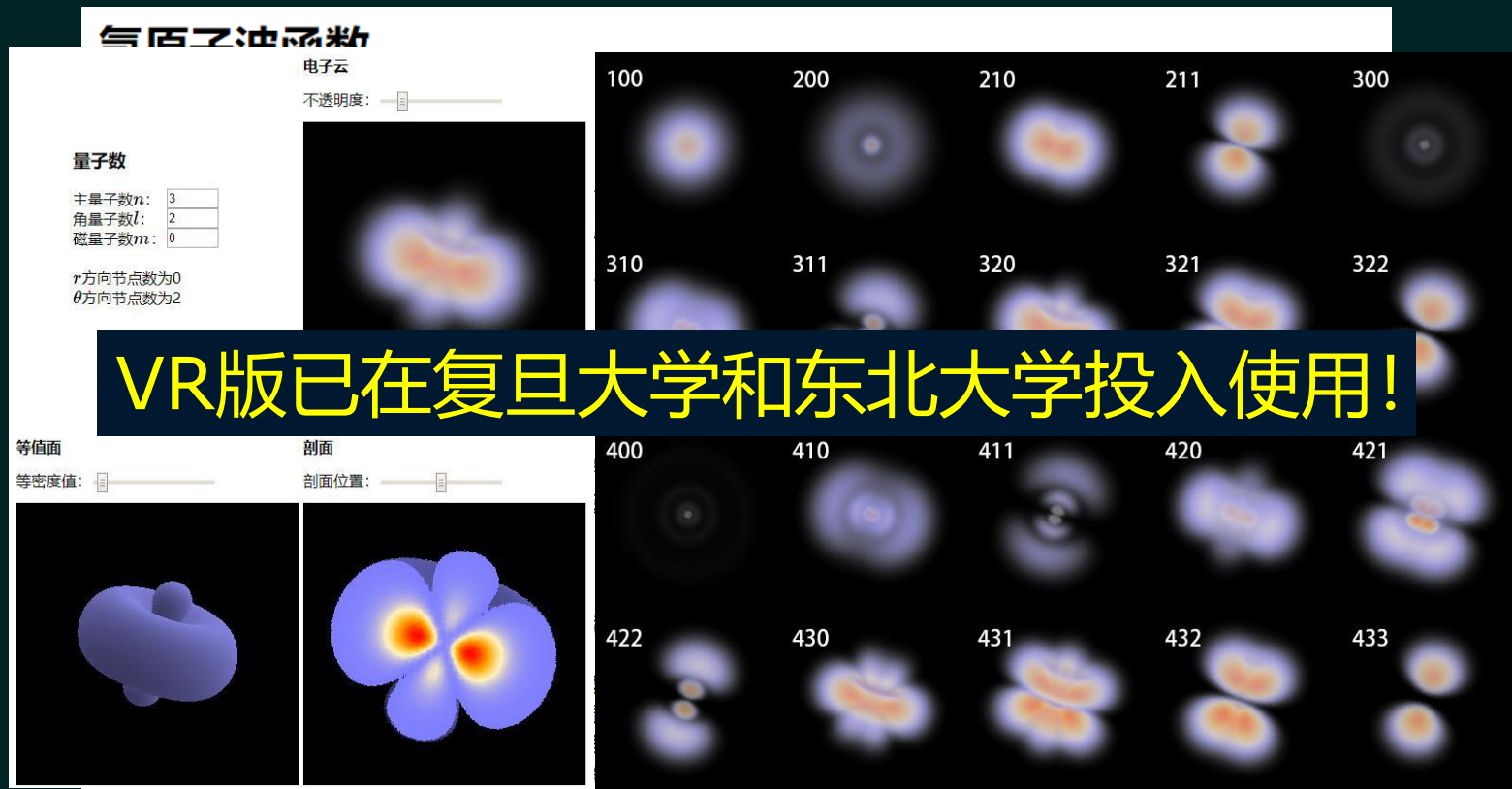
# HTML5-近物实验课上的收获

## 2020春季网课链接内容

- 绪论课 乐永康 *New!* 往年绪论课: -张远波教授 强烈推荐 李世燕教授 张新夷教授 课程简介 俞熹
- 从零开始学习arduino 俞熹 *New!*
-  手机传感器应用APP-Phyphox PPTX版本、 手机传感器应用APP-Phyphox PDF版本 *New!*
-  HTML5的课件制作入门感谢任宁同学的贡献! 大家下载文件后, 解压, 打开用Chrome等浏览器main文件即可学习!
- 自选课题登记 *New!*

<http://phylab.fudan.edu.cn/doku.php?id=course:modern>

# 氢原子波函数的可视化



# 基于HTML5的课件开发

## 已完成课题

- Ising模型
- 混沌
- 碰撞-打靶
- 振动、波
- 波函数
- .....

复旦大学电子邮件

HTML5入门

文件 | C:/Users/lenovo/Desktop/HTML5入门/main.html

# HTML5入门

1. 简介

2. [HTML](#)

3. [CSS](#)

4. [JavaScript](#)

5. [Canvas元素](#)

6. [参考资料](#)



---

## 1 简介

### 1.1 HTML5简介

#### 什么是HTML5?

HTML5是HTML最新的修订版本，是下一代HTML标准。从广义上讲是一种网页开发技术。

#### 为什么选择HTML5?

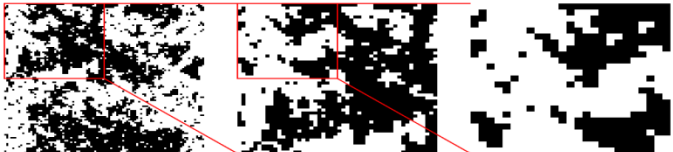
- iOS系统不支持Flash，且Flash技术落后，对设备的资源占用率较高。
- 现代的浏览器都支持HTML5，可以进行跨平台开发。
- HTML5相较于上一代HTML标准，增加了一些新特性，例如用于绘画的Canvas元素、用于媒介回放的Video和Audio元素等，使移动设备可以支持多媒体。

### 1.2 本教程简介

网页通常使用HTML、CSS、JavaScript三种语言共同开发。三者的关系如下：

- HTML定义网页的内容
- CSS描述网页的布局
- JavaScript控制网页的行为

T=2.35



In presence of a long range order,  $C(\mathbf{r}) \rightarrow \langle m \rangle^2$  as  $r \rightarrow \infty$ . We thus define a 'renormalized' correlation function that always decay

$$C(\mathbf{r}) = \frac{\langle S(0)S(\mathbf{r}) \rangle - \langle m \rangle^2}{\langle m^2 \rangle - \langle m \rangle^2}$$

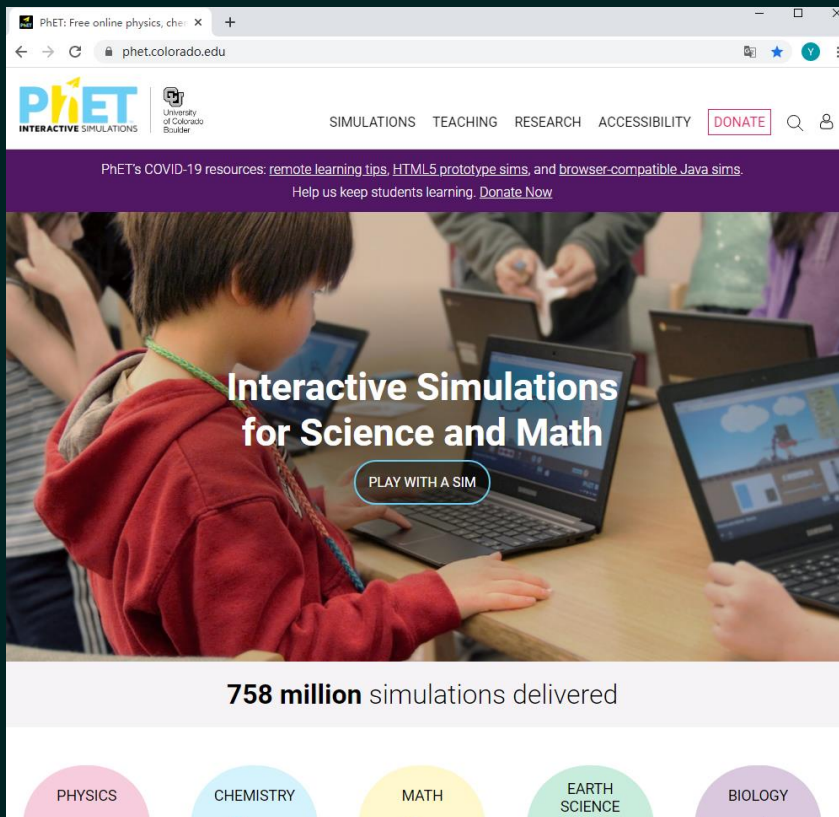
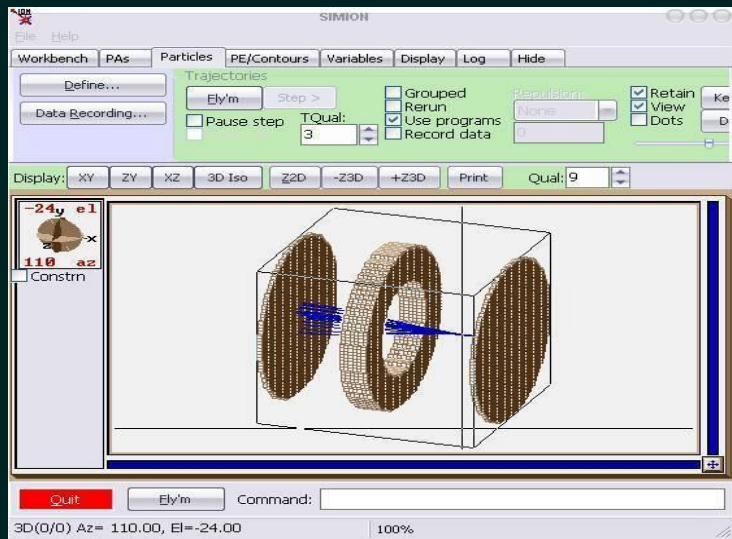
Normally, this correlation function takes the form of an exponential function

$$C(r) \sim \exp(-r/\xi)$$



# 我的梦想

- 我们也能有自己的PhET
- 我们也会有自己的Simion





# 小结

- 虚拟仿真实验教学、项目建设大有可为
- 基于虚拟仿真实验的学生能力培养，是可行的
- 教师转变理念、创新实践，责无旁贷

**欢迎**

**批评指正！**

**提问讨论！**