

# 基础物理实验

复旦大学物理教学实验中心

<http://phylab.fudan.edu.cn>

<http://10.107.0.71/>

# 教材



以“数字示波器的使用”实验为例

# 上课地点

2



物理楼2楼西侧

# 你将学习以下内容：

- 1、课程总览
- 2、物理实验的重要性
- 3、基础物理实验课的要求
- 4、实验室安全教育
- 5、如何做物理实验

# 1、课程总览

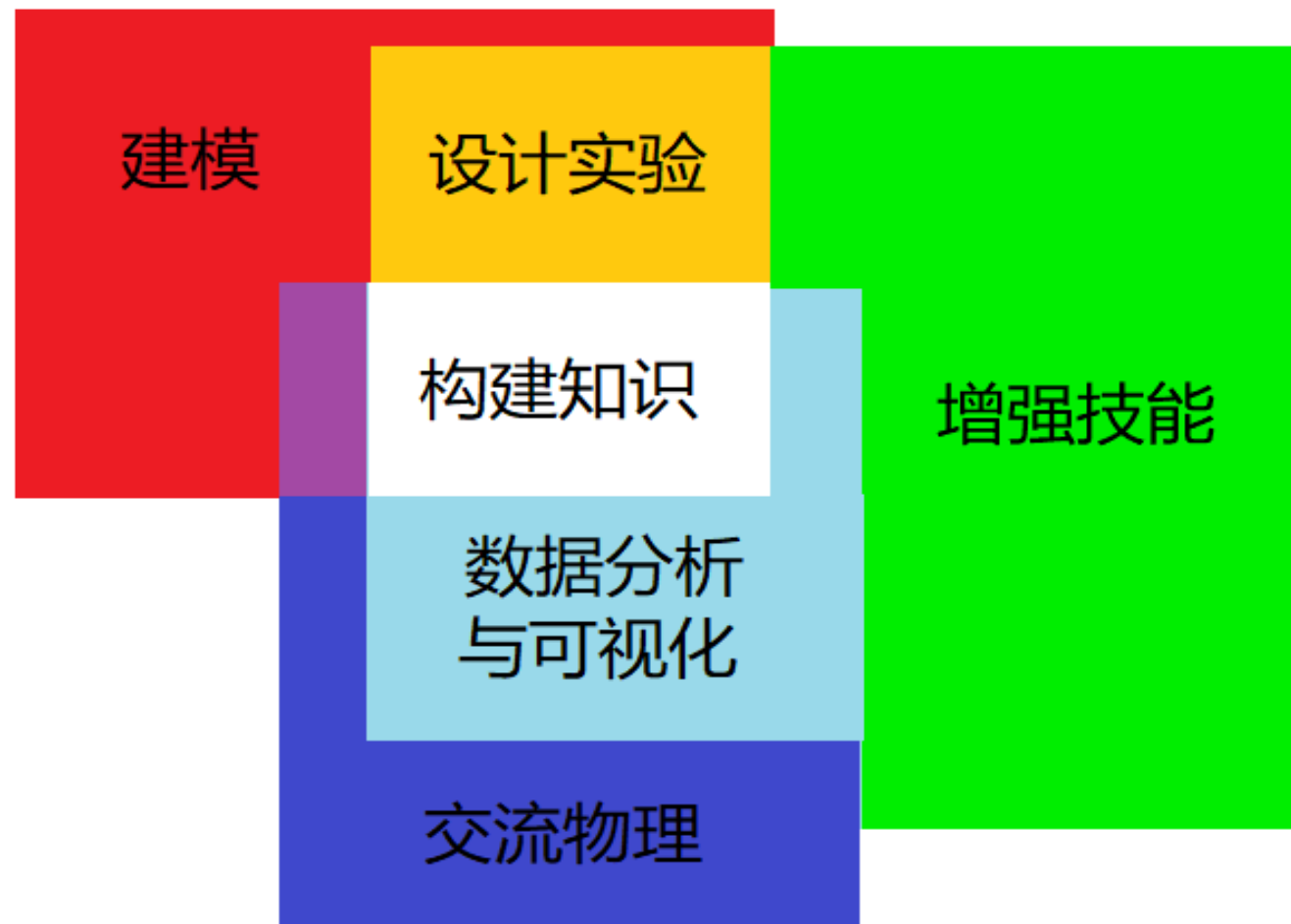
1.1 课程目标

1.2 什么是基础物理实验

1.3 基础物理实验的主要内容

1.4 评价方式

# 1.1 课程目标



# 1.1 课程目标

- 1) **构建知识**: 像物理学家一样思考
- 2) **建模**: 建立理论/实验模型, 理解物理建模的过程
- 3) **设计实验**: 理解实验设计思路
- 4) **增强技能**: 实验方法、基本仪器的使用、实验操作技巧
- 5) **数据分析与可视化**: 有效数字、不确定度评定、作图最小二乘法数据拟合
- 6) **交流物理**: 会做实验记录、书写实验报告、会用线性图及表格展示数据、会用科学术语提问回答问题、积极参与讨论

## 1.2 什么是基础物理实验

- 最**基本**的物理实验，包括力、热、电、光及近代物理实验。
- 理科、工科、医科各专业都**普遍要做**的物理实验。

# 1.3 基础物理实验的主要内容

- 1、**力学**：单摆测重力加速度、扭摆法测量物体的转动惯量
- 2、**热学**：液氮比汽化热的测量
- 3、**光学**：分光计、牛顿环
- 4、**电磁学**：圆线圈和亥姆霍兹线圈、谐振电路、直流电桥
- 5、**近代前沿**：量子论实验、X光实验
- 6、**现代测量技术**：数字示波器的使用、计算机实测
- 7、**实验报告**的书写、数据处理方法
- 8、**劳动教育**：实验课结束后10分钟



# 2020年春季实验教学的一个案例

9

**请你设计并自行搭建一个单摆测量当地的重力加速度**

# 建立测量模型

根据牛顿第二定律，  
沿切线方向：

$$mL \frac{d^2\theta}{dt^2} = -mg \sin\theta$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{L} \sin\theta$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{L} \theta$$

$$x(t) = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

## 前提条件：

悬点固定，

轻质不可伸长的细绳，

可看作质点的重物（半径  $\ll$  摆长），

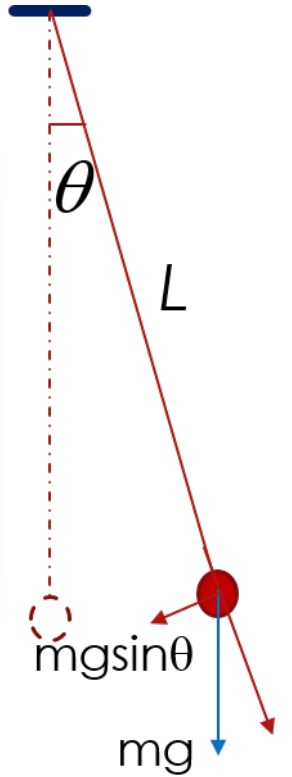
摆角小于5度

重物在平面内运动

$$\omega_0^2 = \frac{g}{L} \quad \Rightarrow \quad T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

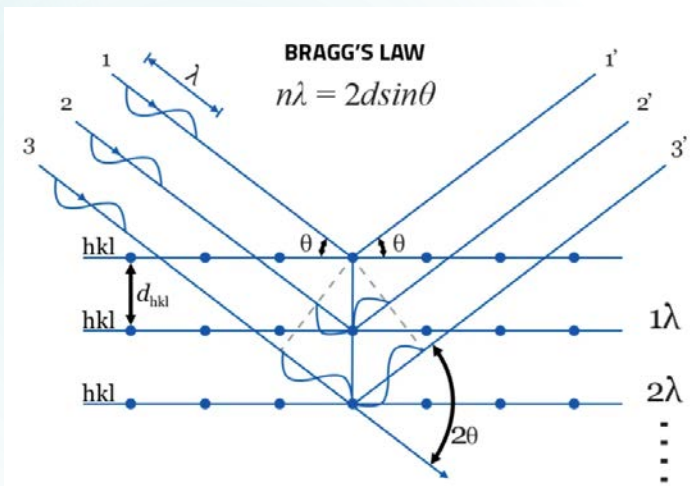
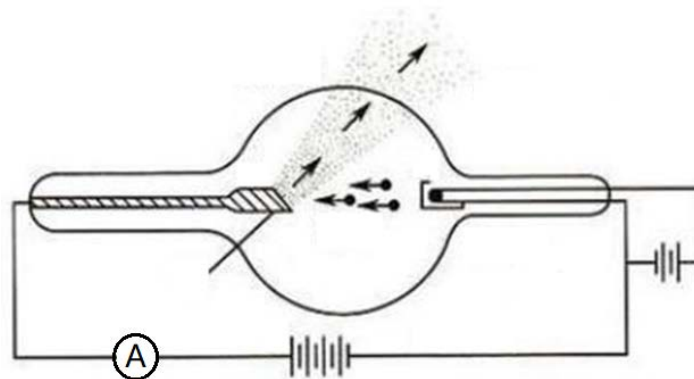
$$\Rightarrow g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2}$$

10

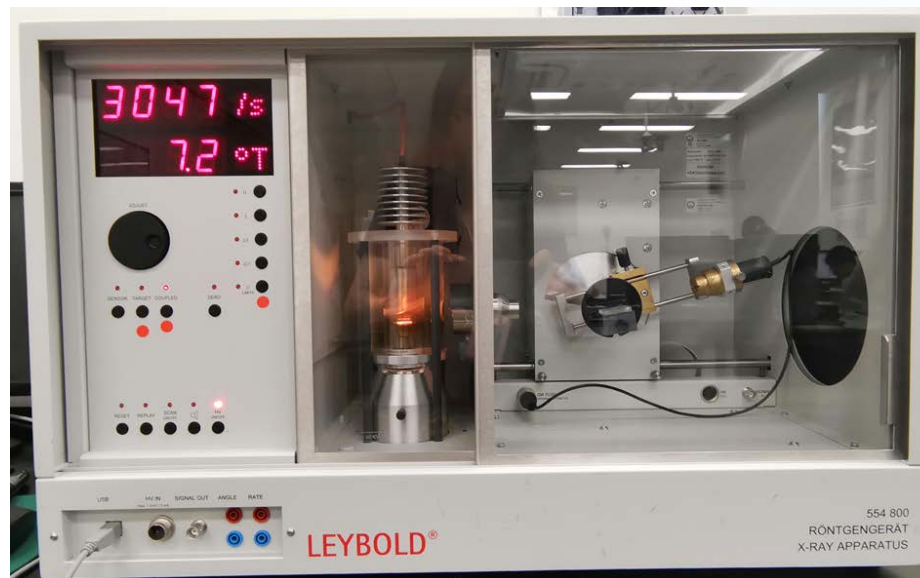


# 我国第一个医用X光管

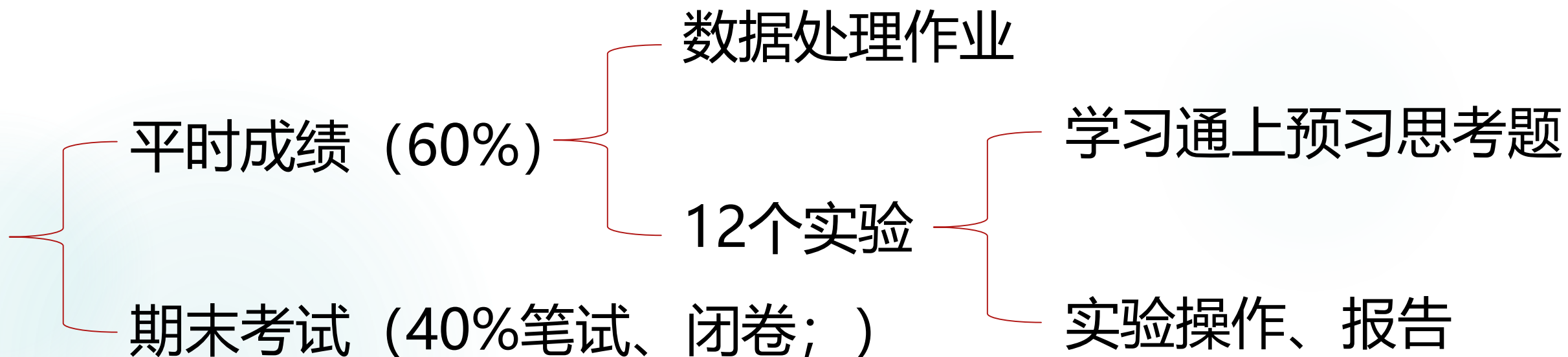
11



布拉格的实验原理



# 1.4 评价方式



## 2. 物理实验的重要性

2.1 物理实验在物理学**研究与发展**中的作用

2.2 物理实验对物理学在**其他学科**中应用的意义

2.3 改变**轻视实践**的传统观念

# 2.1 物理实验在物理学研究与发展中的作用<sup>14</sup>

从物理学史看物理实验的重要性

- **经典物理学的建立：**

- 力学（伽里略）

- 电磁学（库仑、法拉第、麦克斯韦）

- 光学（杨氏、菲涅耳）

- **近代物理学的建立：**

- 三大发现（X光、放射性、电子）

- 从宏观到微观

- 两朵乌云（黑体辐射、迈克耳逊 - 莫雷实验）

# 物理学家看物理实验的重要性

牛顿：“探求事物属性的准确方法是从实验中把他们推导出来。……考察我的理论的方法就在于考虑我所提出的实验是否确实证明了这个理论；或者提出新的实验去验证这个理论。”

# 物理学家看物理实验的重要性

16

**杨振宁**：“象我这样有了一点名气的人也有不好的影响。在国内有许多青年人都希望搞我这一行（指搞理论），但是，象我这样的人，中国目前不是急需。要增加中国的社会生产力需要的是很多会动手的人。”

**叶企孙**：“对于象李政道这样优秀的学生，理论课可以免上，只参加考试；但实验不能免，每个必做。”



# 物理学家看物理实验的重要性

**结论：**物理学是一门实验科学。在物理学的发展过程中，实验是**决定性的**因素。发现新的物理现象，寻找物理规律，验证物理定律等等，都**只能依靠**实验。离开了实验，物理理论就会成为“无源之水，无本之木”，不可能得到发展。

## 2.2 物理实验对物理学在其他学科中应用的意义

- **材料**：物性测试、新材料的发现、制备
- **化学**：光谱分析、放射性测量、激光分离同位素
- **生物**：各类显微镜（光学显微镜、电子显微镜、X光显微镜、原子力显微镜），DNA操纵、切割、重组以及双螺旋结构的分析
- **医学**：诊断-X光、CT、核磁共振、超声波  
治疗-放射性、激光、微波、 $\gamma$ 刀

**结论：物理实验是物理学在其他学科中应用的桥梁**

## 2.3 改变轻视实践的传统观念

### 李约瑟之迷

为什么资本主义和现代科学起源于西欧而不是中国或其他文明？

# 解答李约瑟之迷

“儒家相信宇宙的道德秩序(‘天’)”，

“他们使用‘道’一词，主要的——如果不是唯一的——是指人类社会里的理想道路或秩序。这在他们对待精神世界和知识的态度上表现得很明显。他们固然没有把个人与社会人分开，也没有把社会人与整个自然界分开，可是他们向来主张，研究人类的唯一适当对象就是人本身。因此，**在整个中国历史上，儒家反对对自然进行科学的探索，并反对对技术做科学的解释和推广。**”

## 爱因斯坦在致斯威泽 (J.E.Switzer) 的信中谈到科学的起源：

“西方科学的发展是以两个伟大的成就为基础的：希腊哲学家（在欧几里得几何学中）发明了形式逻辑体系，以及（在文艺复兴时期）发现通过系统的实验有可能找出因果关系。在我看来，人们不必对中国圣贤没能做出这些进步感到惊讶。这些发现竟然被做出来了才是令人惊讶的。”



Samuel C.C. Ting  
The Nobel Prize in Physics 1976

## Banquet Speech

Samuel C.C. Ting's speech at the Nobel Banquet, December 10, 1976

国王,皇后陛下,皇族们,各位朋友:

得到诺贝尔奖,是一个科学家最大的荣誉,我是在中国长大的,因此想借这个机会向在发展中国家青年的强调实验工作的重要性。

中国有一句古语:“劳心者治人,劳力者治于人。”这种落后的思想,对在发展国家的青年们有很大的害处。由于这种思想,很多在发展国家的学生们都倾向于理论的研究,而避免实验工作。

事实上,自然科学理论不能离开实验的基础,特别,物理学是从实验产生的。

我希望由于我这次得奖,能够唤起在发展中国家学生的兴趣,而注意实验工作的重要性。

国王，王后陛下，皇族们，各位朋友：

得到诺贝尔奖，是科学家最大的荣誉。我是在旧中国长大的，因此，想借这个机会向发展中国家的青年们强调实验工作的重要性。

中国有句话‘劳心者治人，劳力者治于人’，这种落后的思想对发展中国家的青年们有很大的害处。由于这种思想，很多发展中国家的学生都倾向于理论的研究，而避免实验工作。

事实上，**自然科学理论不能离开实验的基础，特别是物理学更是从实验中产生的。**

我希望由于我这次得奖，能够唤起发展中国家学生们的兴趣，而**注意实验工作的重要性。**

# 3、基础物理实验课的要求

3.1 基本要求

3.2 友情提示

3.3 常见的一些问题

3.4 以往不及格的情况

3.5 课程安排



## 3.1 基本要求

1) 学生在实验前应认真预习实验内容：**观看学习通该实验章节的讲义、课件、视频，完成预习思考题，打印好该实验的空白报告。**

**没有预习不允许做实验！**

2) 按时到实验室，**不得迟到和无故缺席。**

迟到30分钟以上不允许做实验，该次实验成绩为0分；病假、事假以盖有该学生所在院系图章的请假条为准。事先请假的，补做实验的分数照常；未请假补做实验的分数按80%计入成绩。请假但未补做的，该实验0分。无故缺席，以旷课论处，该实验0分。

## 3.1 基本要求

3) 实验数据的记录**不准用铅笔**。数据测错或写错后可以划去重写，并注明原因；但**不可用涂改液或硬橡皮等方法把原数据抹去**。实验中改过的数据应由老师认可；其余实验数据**不准任意修改**。

若发现在实验中或实验考核中有篡改、抄袭、伪造数据等**舞弊行为**，由任课老师或监考教师提供证据并由有关领导确认后，视情节轻重，分别处以本实验成绩**0分**、本循环实验（2次实验的总分）**0分**、本学期实验课**0分**，并参照有关规定给予**行政处分**。

# 3.1 基本要求



- 4) 实验时应**积极思考**，**如实记录**各种实验数据和现象。**实验过程中不得携带他人报告**，否则实验成绩计**0分**。
- 5) 实验中应注意安全并爱护仪器设备。
- 6) 实验结束，要由指导教师签字认可后，把仪器、工具、元件等整理好，方可离开实验室。

## 3.1 基本要求



实验后

28

7) 按要求**独立书写**实验报告，并**当堂提交**。

迟交报告分数按80%计入成绩，超过2周不交报告，则该实验报告为0分。

## 3.2 友情提示

- 本课程是**必修**课程；
- **本课程没有补考**；
- 若不及格必须在修业时限（6年）内**全部重修**（不允许部分重修）；
- 本课程**重修不允许免听**。

## 3.3 实验中遇到问题怎么办？

- ▶ 没有及时选课—平行班绪论课旁听，有问题找教师答疑
  - ▶ 因故无法按时上课
  - ▶ 如何补实验？
  - ▶ 没有收到报告
  - ▶ 对老师批改的报告有疑问—
  - ▶ 如何联系到任课教师—
  - ▶ 因故无法参加考试—
- 请及时联系任课教师**
- 可以联系任课教师或者课程负责人**
- 提前去院系办理缓考**

◦ ◦ ◦ ◦ ◦ ◦

## 3.4 以往不及格的情况

- 数据处理作业、报告**不交**或**超期**交；
- **旷课**；
- 不参加期末**考试**；
- **报告**太差：如报告内容不完整，或主要内容错误率超过2/5；
- 相当比例的内容是**抄袭**或**下载**的。

# 4. 实验室安全教育

复旦大学资产与实验室安全管理处

<https://zcglc.fudan.edu.cn/>

登录“安全考试系统”板块

参加“物理学系教学实验安全考试（本科教学）”考试

考试名称：物理学系教学实验安全考试（本科教学）

开始时间：2020-05-06 / 15:07

结束时间：2031-01-01 / 00:00

考试通知：参加物理教学实验的所有本科生

进入考场

注意：满分100分，**90分**及以上的考试成绩视为**合格**，系统每天凌晨1:00将自动重置，成绩不合格可再次参加考试。

考试合格后请截图保存合格证书。



# 4.1 实验室安全通道

33



恒隆物理楼  
一楼大厅 前后门



一楼西侧  
楼梯-前后门

# 4.1 实验室安全通道

二楼大厅



二楼西侧楼梯通道



## 4.2 实验室安全个人须知

- 严格遵守实验室各项规章制度和仪器设备操作规程。
- 了解实验室安全防护设施，熟悉紧急情况下的疏散路线。
- 实验过程中保持桌面和地板的清洁和整齐，**与实验无关的物品不要放在实验台上，实验结束后应及时清理。**
- 禁止穿拖鞋，**禁止在实验室内饮食和吸烟。**
- 不在实验室从事与实验无关的活动。
- 离开实验室时，应确认实验室水、电、仪器等物品的安全处置。未经允许不得将实验室内仪器物品带出实验室。

## 4.3 消防安全

- 电器或者线路着火，首先切断电源，再用干粉或气体灭火器灭火；**严禁用水灭火**，以防触电或电器爆炸。
- 首先一定要冷静下来，如果火势不大，可尽快采取措施扑救。如果火势凶猛，要在第一时间报警，并迅速撤离。
- 应尽量往楼层下面走，若通道已被烟火封阻，则应背向烟火方向离开；
- 为了防止火场浓烟呛入，可采用湿毛巾或口罩蒙鼻，扶墙或扶手匍匐撤离。
- 禁止通过普通电梯逃生，切忌轻易跳楼。

## 4.4 仪器设备使用安全须知

- 在任课教师的指导下才可使用仪器设备做指定的实验。
- 在使用仪器前应阅读相关的使用说明书，了解仪器设备的使用条件（例如电源电压、额定输出功率等参数）、调节方法和参数范围、连接方法等。
- 仪器放置应避免其他物体遮挡散热口；避免仪器叠放在一起；避免仪器放置在桌子边缘。
- 首次使用在仪器连接好后，最好检查确认连接正确后再开机运行。
- 未经任课教师批准不得擅自拆卸和改装仪器设备。
- 在实验完成后（报告经过签字认可）或离开实验室时，应及时关闭仪器电源。

# 5、如何做物理实验

## 5.1 实验前—预习

### 如何预习？

## 5.2 实验中—操作与记录

### 如何做实验记录

## 5.3 实验后—数据处理

### 如何写实验报告？

X 光透视与 NaCl 晶体衍射曲线的测量

#### 实验报告

姓名：\_\_\_\_\_ 温度：\_\_\_\_\_ 湿度：\_\_\_\_\_

实验日期：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日、星期\_\_\_\_\_第\_\_\_\_\_节 座位号：\_\_\_\_\_

实验记录：

实验一：观察透射像：拆下光缝，放入待测样品，关上 X 光机的门，设置  $U=35.0kV$ ， $I=1.00mA$ ，按下“HV”键。

（提示：用控制变量的方法改变实验条件，观察样品透射像；记录不同实验条件下，透射像的变化）。

改变高压与改变管流对透射像的影响是否相同？不同的话，为什么不同？

# 5.1 实验前—预习

没有预习不允许做实验!!!

观看学习通该实验视频，**在学习通上完成该实验预习思考题**

# 5.1 实验前—预习

## 例：测量一个圆柱体样品的密度

- 如何求密度？

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{4M}{\pi D^2 h}$$

- 明确测量量，直接测量量，间接测量量。先测哪个？后测哪个？多次测量还是单次测量？哪些需要列在表格里？测量顺序？
- 物理量名称、单位



如何做  
数据表格？



# 例：测量一个圆柱体样品的密度

测量次数 $n$	直径 $D/\text{cm}$	长度左端 $h_1/\text{cm}$	长度右端 $h_2/\text{cm}$	长度 $h=h_2-h_1/\text{cm}$
1				
2				
3				
4				
5				
平均值				

样品的质量  $M =$  \_\_\_\_\_ g。

$$\text{样品的密度 } \rho = \frac{4M}{\pi D^2 h} =$$

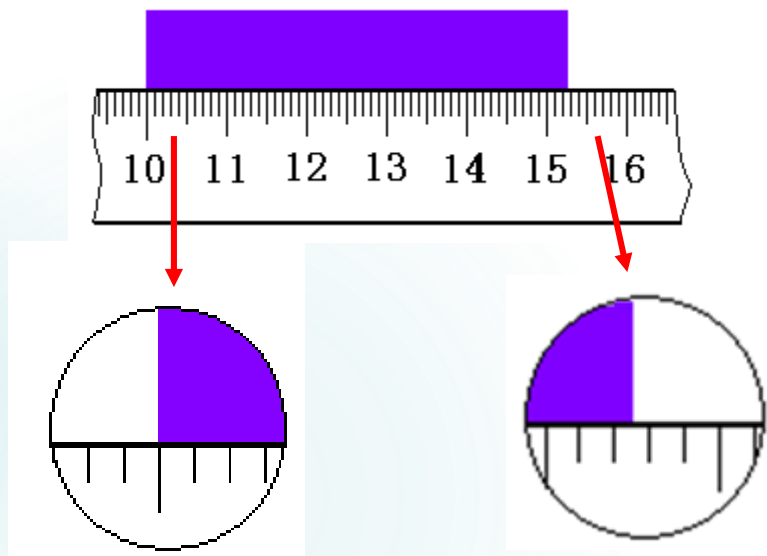
# 5.2 实验中—操作与记录

## 实验记录

- 1、记录实验仪器、器材（规格、型号）
- 2、实验条件，如温度、湿度、仪器量程等
- 3、观察到的实验现象
- 4、实验数据记录  
(在预习时打印出各实验的空白报告)
- 5、实验中遇到的问题、看到的异常现象和自己想法。。。。

## 5.2 实验中—操作与记录

### ► 如何使用仪器仪表?



左端读数为：10.00cm

右端读数为：15.25cm

估读、有效数字、单位

### 数字电流表测量 某一电路中的电流



对于数字仪表该如何读数?

## 5.2 实验中——讨论很重要

学问？

**主动学习**不够，**思考**不够

无视实验中或实验报告中的问题

没有自己的问题

**努力培养思考、讨论问题的能力**

将讨论贯穿到实验全过程

# 5.3 实验后—实验报告完成和提交

## 实验现象分析和数据处理

1、对实验现象做简要分析与解释

2、数据处理

\* 实验结果的计算，有过程，注意有效数字、单位等

**3、当堂提交实验报告**

# 5.3 实验后—实验报告完成和提交

## 如何做数据处理？（第2周详细介绍）

- (1) 有效数字
- (2) 不确定度评定
- (3) 作图
- (4) 最小二乘法

谢谢!