

# 普物（基础）实验重点预习内容和实验报告要求（v1.4.0）

## 实验七 测量误差和数据处理

注意：如果本学期误差课形式为线上学习，

1. 不写预习报告和实验报告；
2. 只做教学视频中布置的数据处理和习题。

### 重点预习：

- 一、测量误差的基本知识和对结果不确定度进行估计的基本方法；
- 二、了解处理数据的基本方法：列表、作图和直线拟合。

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 什么是测量误差？
2. 如何判断实验结果是验证了还是推翻了理论假设？
3. 什么是系统误差？如何处理系统误差对测量结果的影响？
4. 什么是随机误差？如何处理随机误差对测量结果的影响？
5. 什么是不确定度？不确定度和误差有什么区别？
6. 如何估计结果的不确定度？
7. 测量结果和不确定度的有效数字如何保留？

### 实验报告：

#### 一、数据处理

1. 按照表 7-7 列出测量钢杯含钢体积的数据表，并计算出相应的测量结果和不确定度。
2. 按照表 7-8 列出测量小钢球体积的数据表，并计算出相应的测量结果和不确定度。

#### 二、习题

- 1, 2, 3(b)(c), 4, 5, 7, 10, 11。

#### 三、分析与讨论（\*可选）

讨论的内容可参考（但不限制于）以下：

1. 结合实测数据分析系统误差和随机误差对于钢杯体积不确定度的贡献；
2. 结合实测数据分析系统误差和随机误差对于小钢球体积不确定度的贡献；
3. 其他

#### 四、收获与感想（\*可选）

# 普物（基础）力热实验重点预习内容和实验报告要求（20210915）

## 实验一 测定冰的熔化热

### 重点预习内容和预习报告要求

#### 一、重点预习：

1. 热学实验中对量热和计温这两个基本问题的考虑；
2. 测定冰的熔化热的方法和具体安排；
3. 怎样测好“冰的熔化热”这个物理量。

#### 二、阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 测冰的熔化热采用什么方法，该方法要求的条件？
2. 实验测量的孤立系统中包括哪几个部分？从实验的各环节上怎样保证实验系统为孤立系统？
3. 实验需要测量哪些物理量？特别是测温度需要在什么条件下进行？这条件在操作中又如何去做到？
4. 测量水的初温采用了什么实验方法？它对实验有什么作用？
5. 从原理公式看主要影响实验结果的物理量是哪一个？应该怎样测好它？
6. 列举实验中需要用的主要仪器，并分别简述其在使用中需要注意的问题。

### 课堂记录和数据处理要求

#### 一、数据及处理

1. 测量系统各部分的质量及系统温度随时间的变化关系（包括投冰之前和投冰之后两部分）。
2. 利用教材中公式（1.2）计算冰的熔化热。
3. 计算水初温及平衡温度各自与室温之差的比值，分析系统与环境热量交换对测量结果的影响、设计粗略修正散热方案。
4. 再次实验。
5. 选择一组实验数据作系统温度随时间变化关系图，总结从图中得到的信息。（此部分选做，推荐实验室提供坐标纸、自带电脑软件绘制也可）

#### 二、分析与讨论

1. 从实测数据看，如果实验全过程中散热、吸热没有达到补偿，冰的熔化热结果不一定偏离“合理”的数据范围，这说明散热或吸热并不是该系统的主要实验误差来源。那么，本实验的主要误差来源是什么？
2. 在本实验室提供的条件下，熔化热实测的结果通常小于文献值  $3.34 \times 10^5 \text{ J/kg}$ ，你能分析是什么原因吗？
3. 通过实验去体会粗略修正散热的方法（补偿法）在本实验中的应用对学习做实验的意义。

## 实验四 模拟示波器的使用

### 重点预习内容和预习报告要求

#### 一、重点预习：

1. 模拟示波器的工作原理
2. SS7802 型读出示波器和主要功能。

#### 二、阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 简述示波管的结构及其各部分与波形显示的关系？
2. 触发扫描同步对获得稳定波形的重要作用？
3. 什么是内触发，为什么一般情况下优先推荐使用此种触发方式？
4. 为了获得清晰稳定的波形显示，为什么要选择合适的触发电平？
5. 如何根据偏转因数/每格扫描时间、利用屏幕上的标尺进行输入的信号幅度/周期测量？（以 1 个误差位为例，标尺最小分度与测量结果有效数字之间的关系）。
6. 利用李萨如图形可以得到哪些信息？

### 课堂记录和数据处理要求

#### 一、实验数据和现象

1. 在两个通道同时输入同一周期信号的情况下，调出清晰稳定波形的要点。
2. 信号源输出 100Hz、一定幅值的正弦波。分别利用屏幕上的标尺和读出测量功能，测量输入信号的周期、频率、电压峰峰值、电压有效值。
3. 三种频率比的李萨如图形示意图及各通道输入信号频率数据。

#### 二、实验数据和现象的分析、处理和结论

1. 通过实验体会了解工作原理对熟练使用仪器的重要意义。
2. 总结测量结果的有效数字与测量仪器标尺最小分度的关系（以 1 个误差位为例、只考虑标尺最小分度对测量误差的影响）；
3. 分析归纳三组李萨如实验记录，总结水平线及竖直线与李萨如图形交点数之比与两个通道输入信号频率比的关系，验证实验结论与理论预测是否一致。例举 X-Y 模式的应用。

## 实验八 测定金属的杨氏模量

### 重点预习内容和预习报告要求

#### 一、重点预习：

1. 用静态拉伸法测金属材料的杨氏模量（包括教材中一、二、三部分，重点是第一部分，在二、三部分中任选其一）；
2. 对实验装置调节的要领；
3. 根据误差分析的思想，选择合适的测量方法和合理安排测量；
4. 正确选择和使用各种长度测量的仪器和量具；
5. 对测量结果的处理以及估计其不确定度。

#### 二、阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 以教材中的一、（CCD 成像系统测定杨氏模量）为例，为减小系统误差的影响，应该按怎样的步骤去调节实验装置（装置由三个独立部分组成），装置的各部分应该调节到什么程度方可以进行测量，对此又采用什么方法进行判断？
2. 以教材中的一、（CCD 成像系统测定杨氏模量）为例，测量不同长度的物理量，选择不同量具的依据是什么？
3. 在用 CCD 成像系统测定杨氏模量中，根据实验室提供的显微镜分划板标尺的规格，读数的有效数字位数应取到哪一位？

### 实验报告要求

#### 一、数据及处理

对用不同的测量方法测得的数据分别作以下记录：

1. 对测量某物理量的多个数据和测量多次的数据列表：参考教材中表 8-1 和 8-2；
2. 对一次测量的物理量结果及其不确定度做记录；
3. 用逐差法和最小二乘法分别对 1. 中的  $\bar{r} - m$  关系进行处理，（对于测量  $r$  和  $r'$  时，如果对应的数据相差较多，即重复性不好，但是它们各自的变化规律是正确的，可以将  $r$  和  $r'$  两组数据分别进行处理，再求平均。）
4. 计算杨氏模量及其不确定度（只对 CCD 测杨氏模量内容计算不确定度）。

#### 二、分析与讨论（\*可选）

在用 CCD 法和光杠杆法测定金属丝杨氏模量实验中，对出现的下列两种情况分别分析可能的原因：一是，开始加第一、二个砝码时  $r$  的变化量大于正常的变化量；二是在上述情况下  $r$  的变化量小于正常的变化量。

#### 三、收获与感想（\*可选）

## 实验九 刚体转动实验

### 重点预习内容和预习报告要求

#### 一、重点预习：

1. 测量刚体转动惯量的方法，重点做好用转动法测刚体绕固定轴转动的转动惯量  $I$ ；
2. 用实验的方法去寻求物理量之间的关系和物理规律的做法；
3. 对实验原理中的物理量做变量替换，用好测的物理量替换不好测的物理量的实验设计；
4. 用实验方法检验平行轴定理。
5. 正确利用数据处理方法（作图法、最小二乘法线性拟合）处理实验数据。

#### 二、阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 根据实验室提供的装置如教材 P. 139 中图 9-1 的刚体系，用公式 (9.6) 测该刚体绕固定轴转动的转动惯量。从公式 (9.1) 推导到测量公式 (9.6)，做了哪些假设？
2. 对上述假设从实验设计上又是怎样去满足的？
3. 按照教材图 (9-1) 安装实验装置时，应该注意几个什么问题？
4. 考虑在教材的【实验内容】(2) 和 (3) 中怎样巧妙地分别选取  $m$  和  $r$  的数值，以及在测量中怎样利用实测的原始数据（不做数据拟合）及时判断测量的数据是否合理和正确？

### 实验报告要求

#### 一、数据及处理

##### 1、测量数据列表：

表一，教材 P. 143，实验内容 (2)，表格中包括原始数据及相关处理的数据；

表二，教材 P. 143，实验内容 (3)，表格中包括原始数据及相关处理的数据；

表三，教材 P. 143，实验内容 (4)，表格中包括原始数据及相关处理的数据；

##### 2、数据处理：

① 用作图法对表一、表二和表三中的数据作直线图，考察物理量之间的线性关系（不用计算）；

② 用最小二乘法对表一和表二中的数据作线性拟合，并通过直线的斜率求出转动惯量的数值。（请考虑在对所

测数据的线性关系  $m - \frac{1}{t^2}$  和  $r - \frac{1}{rt^2}$  分别做直线拟合时，当其中  $m, r$  的测量误差分别小于  $t$  的测量误差时，应该怎样正确选择自变量和因变量？）

#### 二、分析与讨论（\*可选）

1、总结从调节实验装置和操作两个方面，怎样做才能减小在实验中产生的系统误差和随机误差。

\*2、回答思考题 (5)，并对照自己的实验结果，进行系统误差分析。

#### 三、收获与感想（\*可选）

## 实验十 气轨上弹簧振子的简谐振动

### 重点预习内容和预习报告要求

#### 一、重点预习：

1. 测量弹簧振子的振动周期并考察振动周期和振幅的关系；
2. 研究振动周期和振子质量之间的关系；
3. 研究振动系统的机械能是否守恒。

#### 二、阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 弹簧振子做简谐振动的条件是什么？实验中应从仪器装置选择到操作如何保证？
2. 如何研究和评价实验条件的满足程度？
3. 研究振动周期和振子质量之间的关系时，振幅大小如何选取？振子质量如何选取？
4. 测量振动周期时，在什么位置进行计时？为什么？
5. 研究振动系统的机械能是否守恒时，如何安排和进行速度测量？

### 实验报告要求

#### 一、实验数据

1. 弹簧振子的振动周期和振幅关系的数据表；
2. 弹簧振子的振动周期和振子质量关系的数据表；
3. 振动系统的机械能和位移关系的数据表。

#### 二、实验数据的分析、处理和结论

（撰写形式可选择与“实验数据”合成一部分）

1. 分析和讨论弹簧振子的振动周期和振幅的关系，给出结论；
2. 作图并用最小二乘法作直线拟合，研究弹簧振子的振动周期和振子质量的关系，给出弹簧劲度系数和有效质量的测量结果、要求评价不确定度；
3. 分析和讨论振动系统的机械能和位移的关系，给出结论。

#### 三、实验收获

对预习问题的进一步理解或与实验结果相关的其它问题讨论。

## 实验十一 复摆实验

### 重点预习内容和预习报告要求

#### 一、重点预习：

1. 测定复摆重心的位置并安装、调整复摆；
2. 测量复摆的振动周期与悬点（支点）位置的关系；
3. 处理数据，研究复摆的物理特性（转动惯量和回转半径）并测定重力加速度。

#### 二、阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 在推导复摆周期公式过程中，引入相对重心转动惯量和回转半径的意义？
2. 什么是复摆的共轭性？本实验如何利用这一性质设计重力加速度测量？
3. 利用支撑法安装复摆有什么优点？
4. 如何设计复摆重心到悬点（支点）距离的测量？
5. 复摆振动周期的测量会有哪些可能的误差来源？

### 实验报告要求

#### 一、实验数据

1. 复摆重心位置的测量结果；
2. 复摆质量的测量结果；
3. 复摆振动周期与悬点（支点）位置关系的测量数据。

#### 二、实验数据的分析、处理和结论

（撰写形式可选择与“实验数据”合成一部分）

1. 作图并用最小二乘法作直线拟合，研究复摆振动周期与悬点（支点）位置的关系，给出重力加速度、复摆对其重心转动惯量和回转半径的测量结果；
2. 根据复摆的共轭性质，在振动周期与悬点（支点）位置关系数据中选取 3 组近似共轭点，给出重力加速度的测量结果；
3. 根据复摆的共轭性质，利用作图法，在振动周期与悬点（支点）位置关系图上选取 3 组共轭点，给出重力加速度的测量结果。
4. 测定复摆的质量是否要计入刀口的质量？为什么？
5. 处理振动周期与悬点（支点）位置关系数据获得重力加速度的三种方法（直线拟合、近似共轭点、共轭点）各自有什么优缺点？

#### 三、实验收获

对预习问题的进一步理解或与实验结果相关的其它问题讨论。

## 实验十二 测定介质中的声速

### 重点预习内容和预习报告要求

#### 一、重点预习：

1. 极值法（共振干涉法、驻波法）测空气中的声速；
2. 相位法（李萨如图形、行波法）测空气中的声速；
3. 利用气体参量测定空气中的声速；
4. 测定水中的声速（极值法、相位法、声光效应法）。

注：声光效应法的补充讲义请在网站课程主页下载。

#### 二、阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 极值法（共振干涉法、驻波法）和相位法（李萨如图形、行波法）测定空气中的声速分别是什么原理？
2. 由信号源直接输入示波器的信号在极值法和相位法中分别有什么作用？
3. 如何将换能器调节到工作在共振频率？
4. 极值法和相位法测量过程中如何避免声速测定仪回程差（如螺距差）的影响？
5. 了解温度计、湿度计和水银气压计的工作原理，分别简述其在测量过程中需要注意的问题。
6. 从介质角度出发，水中声速的测定与空气中相比要有哪些特殊考虑？

### 实验报告要求

#### 一、实验数据

1. 共振频率的测量结果；
2. 极值法，分别增大和减小两换能器的间距，记录 10 组正弦波振幅出现极大值的位置及相应的峰-峰值电压；
3. 相位法，分别增大和减小两换能器的间距，记录 10 组李萨如图形呈现相同斜率直线状态的位置；
4. 温度、压强、相对湿度和饱和蒸气压的测量结果；
5. 水中声速的测量数据。（选做）

#### 二、实验数据的分析、处理和结论

（撰写形式可选择与“实验数据”合成一部分）

1. 用最小二乘法处理极值法空气中声速测量的数据，给出声速测量结果、要求评价不确定度；
2. 用最小二乘法处理相位法空气中声速测量的数据，给出声速测量结果、要求评价不确定度；
3. 给出利用气体参量测定空气中声速的测量结果，根据有效数字运算传递规则确定测量结果的有效数字位数；
4. 作峰-峰值电压随距离衰减图，分析总结声波能量随传播距离衰减规律；（选做）
5. 处理水中声速测量数据，方法自选，注意测量结果的有效数字位数。（选做）

#### 三、实验收获

对预习问题的进一步理解或与实验结果相关的其它问题讨论。

## 实验十三 弦上驻波实验

### 重点预习内容和预习报告要求

#### 一、重点预习：

1. 两端固定弦线达到共振和形成稳定驻波的条件；
2. 用实验方法确定共振频率与波长、弦线张力、弦线有效长度及弦线线密度之间的关系。

#### 二、阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 两端固定弦线达到共振和形成稳定驻波的条件是什么？
2. 实验中应如何快速调节弦线共振和形成稳定驻波？
3. 为什么探测线圈接收到的信号通常不是正弦波形？
4. 如何安排弦线线密度的测量？
5. 如何测量驻波波腹的个数？
6. 如何保证弦线张力线性变化？

### 实验报告要求

#### 一、实验数据和现象

1. 测量弦线线密度的实验数据；
2. 对同一弦线、固定有效长度和张力，研究共振频率与驻波波腹个数的关系，记录弦线从起振到共振的实验现象；
3. 对同一弦线、固定有效长度，研究共振频率（基频）与弦线张力关系的测量数据；
4. 对同一弦线、固定张力，研究共振频率（基频）与弦线有效长度关系的测量数据；
5. 更换弦线、固定有效长度和张力，研究共振频率（基频）与弦线线密度关系的测量数据。（选作）

#### 二、实验数据和现象的分析、处理和结论

（撰写形式可选择与“实验数据和现象”合成一部分）

1. 分析总结如何确定判断弦线共振的判据；
2. 利用共振频率与驻波波腹个数关系的测量数据，给出弦线上横波传播速度的测量结果；
3. 作图并用最小二乘法作直线拟合，研究共振频率与弦线张力及有效长度的指数关系，给出结论；
4. 用作图法研究共振频率与弦线线密度的指数关系。（选作）
5. 分析总结本实验的主要误差来源，重点思考系统误差的影响。

#### 三、实验收获

对预习问题的进一步理解或与实验结果相关的其它问题讨论。

## 实验二十三 高温超导材料特性测试和低温温度计

### 重点预习内容和预习报告要求

#### 一、重点预习：

1. 液氮使用的注意事项；
2. 测量电路的工作原理；
3. 控制降温速率，测量超导转变曲线，并完成低温温度计的比对。

#### 二、阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 什么是零电阻效应？零电阻常规导体遵从欧姆定律，它的磁性有什么特点？超导体的磁性又有什么特点？它是否是独立于零电阻性质的超导体的基本特性？
2. 实验中用到三种低温温度计，分别是什么工作原理？
3. 测量电路的工作原理是什么？在四引线测量法中，电流引线和电压引线能否互换？为什么？
4. 如何判断低温恒温器的下档板或紫铜圆筒底部碰到了液氮面？
5. 确定超导样品的零电阻时，测量电流为何必须反向？这种方法所判定的“零电阻”与实验仪器的灵敏度和精度有何关系？

### 实验报告要求

#### 一、实验数据

1. 室温检测实验数据；
2. 低温温度计比对实验数据；
3. 超导转变曲线实验数据；
4. 液氮沸点检测实验数据。

#### 二、实验数据的分析、处理和结论

（撰写形式可选择与“实验数据”合成一部分）

1. 处理室温检测实验数据，给出三部分测量电路的电流、室温、室温下超导样品的电阻的测量结果；
2. 处理低温温度计比对实验数据，作图给出比对结果，总结三种温度计的特点；
3. 作图和最小二乘法处理超导样品测量数据，给出转变温度的测量结果；
4. 处理液氮沸点检测数据，给出液氮沸点、液氮温度下超导样品的电阻、三部分测量电路的电流的测量结果，与室温下的数据对比，评价测量系统的精确度和稳定性。

#### 三、实验收获

对预习问题的进一步理解或与实验结果相关的其它问题讨论。

## 实验二十四 闪光法测定不良导体的热导率

### 重点预习内容和预习报告要求

#### 一、重点预习：

1. 测定材料热导率的方法。
2. 了解热导率的物理含义及测量中的基本问题。
3. 了解本实验方法（闪光法）的原理，所用实验仪器、装置的原理和使用注意事项，以及此方法的优点。认识本实验设计的放大电路。了解仪器及原件参数。
4. 从实测的  $T-t$  曲线上，正确提取所需数据 ( $T_0, T_M$ )，以及确定  $t_0$  的方法。
5. 对氙灯位置的调节先看“模拟聚焦”视频。

#### 二、阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 简述本实验的测量原理，并从原理上思考在实验中需要保证的热学条件有哪些。
2. 列举本实验是如何从实验系统设计、样品、实验操作等方面保证这些热学条件的。
3. 从安全的角度上，思考本实验需要注意的实验事项。
4. 本实验所测量的热量和温度变化非常小，思考在实验中是如何实现这些精密测量的。
5. 本实验可否用来测量热的良导体，为什么？

### 实验报告要求

#### 一、数据及处理

1. 对所测量的两个样品（胶布板，大理石或瓷砖）的实验曲线（进行散热修正后）分别进行以下处理：

- (1) 在每个样品所测的两条曲线上分别取  $T_0$ ， $T_M$  以及  $t_{1/2}$ ，将两组数据列表，并取  $\bar{t}_{1/2}$ ；
- (2) 对三种待测材料另外提供的样品进行密度测量，列出原始数据表以及处理结果  $\rho$ ；
- (3) 利用实测密度和给定的比热容数据以及从散热修正后的曲线定出的  $\bar{t}_{1/2}$ ，计算样品材料的热导率。

2. 任取一条实测曲线与做了散热修正后的曲线，分别取  $t_{1/2}$ ，进行比较，并给出结果和说明做散热修正的必要性。

3. 任取一条实测曲线，在曲线上最大温升后的线性下降部分取几个点（数据）用最小二乘法进行线性拟合，求出散热常数并与计算机程序给出的计算结果进行比较，你对比较的结果有什么想法？

#### 二、分析与讨论（\*可选）

\* 从实测曲线，分析测  $t_{1/2}$  的主要误差来源。

#### 三、收获与感想（\*可选）

## 实验二十五 动态法测定良导体的热导率

### 重点预习内容和预习报告要求

#### 一、重点预习：

1. 测定材料热导率的方法（见实验二十四）。
2. 了解热导率的物理含义（见实验二十四）。
3. 了解本实验方法（热波法）的原理、特点（把热量测量转化 → 温度测量 → 时间测量 → 长度测量）。热量一维传播的实验条件及如何保证。
4. 实验中通过实测的  $T-t$  曲线测量热波波速的方法。通过调节热源的冷水流量，获得金属棒轴线上各点的稳定的温度（随时间变化）曲线。依据测量得到的金属棒轴线上各点的稳定的温度曲线，读取曲线上各峰值和谷值对应的时间  $t$ 。
5. 实验操作中的注意事项。

#### 二、阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 简述本实验的测量原理，并从原理上思考在实验中需要保证的热学条件有哪些。
2. 列举本实验是如何从实验系统设计、样品、实验操作等方面保证这些热学条件的。
3. 列举理想实验曲线应该满足的特征，在实验中如何判断曲线满足这些要求？不符合要求的曲线会给实验结果带来什么影响？
4. 本实验可否用来测量热的不良导体，为什么？

#### [参考数据]

1.  $l_0 = 2.00\text{m}$

$$C_{Cu} = 0.385 \times 10^3 \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}, \quad \rho_{Cu} = 8.92 \times 10^3 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$C_{Al} = 0.89 \times 10^3 \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}, \quad \rho_{Al} = 2.70 \times 10^3 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

#### 2. 273 K 时：

$$\lambda_{Cu} = 4.0 \times 10^2 \text{W} / \text{m} \cdot \text{K}, \quad \lambda_{Al} = 2.38 \times 10^2 \text{W} / \text{m} \cdot \text{K}$$

由于边界条件和环境的不同，计算出的热导率与标准值将有较大差别。

### 实验报告要求

#### 一、数据及处理

1. 打印所取的稳定的 5 “组” 实验曲线（对“组”的定义，详见 P. 300 中第一个自然段）。
2. 从实测的  $T-t$  曲线上任取“3 组”，其中 1 “组” 取 8 个峰值和其对应的时间  $t$ ；另 2 “组” 各取 8 个谷值和其对应的时间  $t$ ，将上述数据列表。
3. 对数据表中数据进行处理的要求详见实验教材《新编基础物理实验（第二版）》P. 299-300. 中（1），\*（2），（3），并根据公式（25.8）计算热波的波速（\*号选作）。

#### 二、分析与讨论

对上述几种数据处理方法进行比较，试得出结论。

#### 三、收获与感想（选作）

## 实验二十六 真空镀膜

### 重点预习内容和预习报告要求

#### 一、重点预习：

1. 真空的基本知识；
2. 热蒸法制备薄膜。

#### 二、阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 简要概述真空的定义及特点。
2. 例举一项真空技术的重要应用。
3. 例举一项薄膜技术的重要应用。
4. 选择真空获得和测量设备时要考虑哪些基本性能指标？
5. 制备电阻加热器时，在形状和材料方面应有哪些基本要求？
6. 真空室放气后短时间内重复实验，获得同样真空度的时间一般会明显缩短，为什么？

### 实验报告要求

#### 一、实验数据和现象

1. 利用教材上公式 (26.1)，估计本实验条件下蒸镀薄膜所需真空度的下限（压强上限）；
2. 分子泵开始工作后系统压强随时间变化关系的数据表；
3. 真空度达到蒸镀薄膜所需下限时，加预蒸发电流（例如 5A），记录电流的变化情况；
4. 维持预蒸发电流大小不变，记录压强的变化情况；
5. 预蒸发后真空度再次达到蒸镀薄膜所需下限时，加蒸发电流（不大于 40A），记录成膜过程和系统最大压强值（精确到 10Pa 即可）。

#### 二、实验数据和现象的分析、处理和结论

（撰写形式可选择与“实验数据和现象”合写）

1. 分析总结估计真空度下限时，确定各物理量大小的依据；
2. 作图并总结系统压强随时间的变化关系；
3. 分析预蒸发时观察到的实验现象，分析总结并给出合理解释；
4. 总结热蒸发方法制备薄膜的经验。

#### 三、实验收获

对预习问题的进一步理解或实验过程中的其它问题讨论。

# 普物（基础）电学实验重点预习内容和实验报告要求

## 实验二 电学实验基本知识

### 重点预习：

- 一、电学实验基本仪器的性能和使用方法；
- 二、电学实验操作基本规程和安全知识。

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 指针式电表的准确度等级代表什么具体含义？
2. 用 ZX21 型电阻箱时，如果设置阻值为 200 欧，应该用哪两个接线柱？如果设置为 9 欧，最好用哪两个接线柱？为什么？
3. 做电学实验或与电相关的实验时，如何保证人身安全和仪器安全？
4. 为什么接通和关闭电源之前宜将电源输出电压或电流手动调小？

### 实验三 测量非线性元件的伏安特性

#### 重点预习：

- 一、如何测量电阻和稳压二极管的伏安特性曲线；
- 二、稳压二极管的基本特性。

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 伏安特性是什么？如何测量二端元件的伏安特性？电表内阻对伏安特性测量有什么影响？从减小测量误差的角度考虑，电流表内接法和电流表外接法分别适用于什么情况？
2. 线性元件和非线性元件伏安特性各有什么特点？如何选取测量点能较好地刻画线性或非线性的特性曲线特征？
3. 静态电阻、动态电阻如何定义？它们的大小反映了元件的什么特性？
4. 分别画出测量电阻和稳压二极管伏安特性的电路图。

#### 课堂记录和数据处理：

1. 测量电阻（约  $50\ \Omega$ ， $0.25\ \text{W}$ ）伏安特性并计算电阻值。给出数字表测电阻的结果。估计测量范围，记录实验条件，将指针表测量电阻伏安特性的结果列表，按作图规范在坐标纸（课上提供）上画伏安特性曲线图，并用作图法或最小二乘法计算斜率，获得电阻值。从结果中修正电表内阻引入的系统误差。
2. 测量稳压二极管反向伏安特性（ $0\sim -20\ \text{mA}$ ），测量正向  $0.8\ \text{V}$ 、反向  $-4.0\ \text{V}$  的静态电阻和反向稳压区内  $-10\ \text{mA}$  的动态电阻。记录实验条件，将数字表测量稳压二极管反向伏安特性的结果列表，并在坐标纸上作图。计算前述三个静态、动态电阻值。
3. （选做）将交换指针表内外接法或者采用数字多用表电压、电流挡测量电阻伏安特性的结果列表，并处理数据，获得电阻值。从结果中修正电表内阻引入的系统误差。
4. （选做）用数字多用表测量稳压二极管和  $1000\ \Omega$  电阻并联电路的反向伏安特性曲线，电流范围  $0\sim 20\ \text{mA}$ 。

## 实验十四 直流电桥测量电阻

### 重点预习：

- 一、如何用直流电桥测量电阻；
- 二、影响电桥灵敏度的因素；
- 三、平衡电桥测电阻的误差计算。

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 平衡电桥测电阻的基本原理是什么？画出测量电路图。
2. 什么是直流电桥的灵敏度？与哪些参数有关？简单说明如何研究各个参数对电桥灵敏度的影响。
3. 平衡电桥测电阻的误差有哪些来源？如何定量计算结果的不确定度？试推导被测电阻值相对不确定度的表达式。

### 实验报告：

#### 一、数据处理

1. 将平衡电桥测电阻的结果列表，计算灵敏度  $S$ 。计算交换桥臂测量法测得的电阻  $R_x$  值及其不确定度。
2. （选做）计算测得的各个电阻值的不确定度。
3. 将不同参数下测量的灵敏度结果列表。

#### 二、思考题

思考题（1）。

#### 三、分析与讨论（\*可选）

讨论的内容可参考（但不限制于）以下：

1. 分析比较电阻不确定度中各主要成分的贡献，了解各桥臂精度和电桥灵敏度对不确定度的影响；讨论如何提高电桥法测电阻的精度；
2. 比较灵敏度测量值与理论计算值；分析灵敏度与各个参数间的依赖关系；
3. 其他

#### 四、收获与感想（\*可选）

## 实验十五 非平衡电桥测量铂电阻的温度系数

### 重点预习：

- 一、铂电阻温度传感器的温度特性；
- 二、如何用非平衡电桥测量温度；
- 三、电阻的三线接法。

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 非平衡电桥与平衡电桥有什么不同？试列举一下各自的应用场合。
2. 画出铂电阻测温电路的电路图。欲使非平衡电压与传感器阻值近似呈线性，电路参数应满足哪些条件？若要使非平衡电压与温度近似呈线性，又应满足哪些条件？若这些条件不满足，对测量铂电阻的温度系数有何影响？
3. 什么情况下非平衡桥中的电阻型传感器要采用三线接法？画出三线接法的非平衡桥电路图。具体考虑，当导线电阻（即  $R_3, R_4, R_5$ ）不可忽略且随温度变化，但各条导线材质、几何尺寸接近（即  $R_3, R_4, R_5$  相近）时，三线接法与二线接法（图 15-2 中，将右侧干路导线接到 C' 点，同时让 C 点空置）相比，非平衡电压与传感器阻值的关系有何差异？应用三线式接法时，对支路电流  $I_1$  和  $I_2$  有何要求？
4. 如何保证温度计的探头和待测的铂电阻传感器温度一致？

### 实验报告：

#### 一、数据处理

1. 将非平衡电桥测量结果列表，并作图。
2. 计算铂电阻的温度系数  $A_1$  及其不确定度。
3. （选做）将平衡桥测量铂电阻温度系数  $A_1$  的结果列表，计算  $A_1$  及其不确定度。

#### 二、思考题

思考题（1）（2）。

#### 三、分析与讨论（\*可选）

讨论的内容可参考（但不限制于）以下：

1. 比较铂电阻温度系数的测量结果与理论值，并分析；
2. 其他

#### 四、收获与感想（\*可选）

## 实验十六 霍尔效应测量磁场

### 重点预习：

- 一、如何利用霍尔效应测量磁场；
- 二、如何消除副效应的影响。

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 霍尔效应的主要现象是什么？霍尔电压与哪些物理量有关？如何研究霍尔电压与这些量的关系？
2. 霍尔元件的灵敏度如何定义？与哪些参数有关？如何提高霍尔元件的灵敏度？
3. 如何利用霍尔效应测量磁场？如何用霍尔效应确定材料中的载流子浓度？
4. 霍尔效应实验中伴随哪些副效应？这些副效应分别依赖于哪些因素？是系统误差还是随机误差？如何消除？
5. 画出实验的测量电路。

### 实验报告：

#### 一、数据处理

1. 计算霍尔电压  $U_H$ ，验证  $U_H - I_H$  线性关系，并作图。
2. 计算霍尔电压  $U_H$ ，验证  $U_H - B$  线性关系。计算霍尔元件的灵敏度  $K_H$  及其不确定度。
3. 根据 2 中计算的  $U_H$  和  $K_H$ ，计算  $B$ ，作出磁化曲线图。
4. 根据测得的  $U_H - x$  关系和  $K_H$ ，计算  $B - x$  关系，并作图。
5. （选做）根据测得的  $U_H - y$  关系和  $K_H$ ，计算  $B - y$  关系，并作图。
6. （选做）计算出各种副效应的值，并考察副效应对霍尔电流和外磁场的依赖关系。

#### 二、思考题

思考题 (3)。

#### 三、分析与讨论 (\*可选)

讨论的内容可参考（但不限制于）以下：

1. 比较实验内容 1 中 a、b 接法的结果，并解释；
2. 说明实验内容 3 中为什么用计算的  $B$  作磁化曲线比用直接测量的  $B$  更好；
3. 实验中测得的各种曲线有什么主要特征？如何理解？
4. 其他

#### 四、收获与感想 (\*可选)

## 实验十七 RLC 电路的谐振现象

### 重点预习：

- 一、RLC 串联电路的频率特性；
- 二、如何测量 RLC 串联电路的谐振频率、相频/幅频特性曲线和 Q 值。

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

- 1、画出测量 RLC 串联电路相频特性的电路图，标出示波器两通道的连接位置，标出信号源、示波器的共地点。画出测量未知二端元件 X 的相频特性的电路图（用标有 X 的方块表示该未知元件），标出示波器两通道的连接位置和共地点（提示：使用 1:1 变压器将信号源与示波器所在回路隔离，则示波器所在回路对地悬浮，其接地点可独立设置）。
- 2、什么是电路的谐振？RLC 串联电路的谐振频率取决于哪些因素？实验上如何测定谐振频率？
- 3、RLC 串联电路的相频特性曲线是怎样的？实验上如何测定相位差？
- 4、RLC 串联电路的幅频特性曲线是怎样的？实验上如何测定？不用电流表如何测定电流？
- 5、品质因子 Q 值的三种物理意义是什么？RLC 串联电路的 Q 值与哪些因素有关？

### 实验报告：

#### 一、数据处理

1. 给出谐振状态下的测量结果。计算第一和第二种 Q 值。
2. 将相频特性的测量结果列表，并作相频特性曲线图。
3. 将幅频特性的测量结果列表，并作幅频特性曲线图。计算第三种 Q 值。
4. （选做）将测量 RLC 并联谐振的相关结果做与串联谐振类似的处理。
5. （选做）将黑盒子元件（由 R、L、C 中的两种元件串联组成）的相频、幅频特性测量结果列表、作图，判断出黑盒子中的元件类型，给出元件参数值的测量结果。

#### 二、思考题

选做思考题（2）。

#### 三、分析与讨论（\*可选）

讨论的内容可参考（但不限制于）以下：

1. 实验中测得的各种曲线有什么主要特征？如何理解？
2. 比较三种方法测得的 Q 值；
3. 其他

#### 四、收获与感想（\*可选）

## 实验十八 弗兰克-赫兹实验

### 重点预习：

- 一、弗兰克-赫兹实验为什么能验证原子能级模型；
- 二、如何测量微弱电流。

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

预习：

1. 弗兰克-赫兹实验的主要现象是什么？该现象说明了什么物理问题？
2. 画出四栅式弗兰克-赫兹管的基本结构。各个电极起到什么作用？
3. 实验中如何做到只观察汞的第一激发态？电路和参数设置上有什么考虑？如要观察高激发态，电路和参数设置上要做什么调整？
4. 请画出微电流放大器的原理图。为什么它可以同时获得高放大倍数和小输入阻抗？

### 实验报告：

#### 一、数据处理

1. 分别将 Hg 管和 Ar 管的测量结果列表，并标明测量条件。用软件作图。
2. 找出各个峰值对应的扫描电压，列表。计算 Hg 管和 Ar 管的第一激发电位及其不确定度。
3. （选做）将不同反向电压  $U_{g2p}$  下的测量结果列表，并作图。

#### 二、思考题

思考题（1）（做了实验的，请结合实验数据分析、解释；如未做实验，请理论分析。）

#### 三、分析与讨论（\*可选）

讨论的内容可参考（但不限制于）以下：

1. 实验中测得的各种曲线有什么主要特征？如何理解？
2. 分析测量第一激发电位时误差的主要来源；
3. 其他

#### 四、收获与感想（\*可选）

## 实验二十七 交流电桥

### 重点预习：

- 一、如何用交流电桥测量电容和电感的值及其损耗电阻；
- 二、如何调节交流电桥达到平衡。

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 交流电桥的平衡条件是什么？交流电桥和直流电桥有什么异同？为什么交流电桥电源必须用正弦信号？如果用三角波信号会带来什么问题？
2. 画出电容桥的电路，写出电容、损耗电阻和损耗的计算公式。推导电容值的相对不确定度表达式。
3. 画出麦克斯韦-维恩电桥的电路，写出电感、损耗电阻和 Q 值的计算公式。
4. 画出麦克斯韦电桥的电路，写出电感、损耗电阻和 Q 值的计算公式。
5. 分析麦克斯韦电桥在调节  $R_0$  和  $R_2$  情况下趋近平衡的过程，如果  $R_0$  和  $L_0$  连续可调，调平衡的过程是怎样的？试定义一个表征调节收敛性的量，比较两种调节方式的收敛性。

### 实验报告：

#### 一、数据处理

1. 分别写出电容桥测量纸质电容和电解电容的条件和结果，计算电容、损耗电阻和损耗，计算不确定度。
2. 分别写出麦克斯韦-维恩桥和麦克斯韦桥测量电感的条件和结果，计算电感、损耗电阻和 Q 值，计算不确定度。记录每次调某个参数达到的非平衡电压极小值，比较两种电桥的收敛性。
3. （选做）列出测量标准互感器的条件和结果，计算互感值及其不确定度。
4. （选做）列出用麦克斯韦-维恩电桥测量磁环的条件和结果，计算不同频率下的电感、损耗电阻、Q 值和磁导率，并作图。

#### 二、思考题

思考题（2）。

#### 三、分析与讨论（\*可选）

讨论的内容可参考（但不限制于）以下：

1. 实验中元件参数的选择对测量结果的精度有什么影响？
2. 你的实验中两种电桥测量电感的收敛性差别是否很大，与什么因素有关？
3. 磁环的损耗电阻和磁导率随频率怎样变化？为什么？
4. 其他

收获与感想（\*可选）

## 实验二十八 RLC 串联电路的暂态过程

### 重点预习：

- 一、RC、RL 串联电路的暂态过程；
- 二、RLC 串联电路的暂态过程；
- 三、数字存储示波器。

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 什么是电路的暂态过程？
2. RC 串联电路的暂态过程中电流和电压按什么规律变化？ $U_C$ 和 $U_R$ 能否跃变？为什么？
3. RC 串联电路的时间常量与元件参数有何关系？实验中如何从电压的变化曲线测量时间常量？
4. RL 串联电路的暂态过程中电流和电压按什么规律变化？ $U_L$ 和 $U_R$ 能否跃变？为什么？RL 串联电路的时间常量与元件参数有何关系？
5. RLC 串联电路的暂态过程中 $U_C$ 按什么规律变化？小阻尼情况下如何测量 $U_C$ 衰减振荡的周期和时间常量？如何根据 $U_C$ 曲线寻找临界阻尼状态？
6. 画出实验电路图，标出信号源和示波器两通道的接地位置。图 28-12 中，可否保持电路其他部分连接不变，直接让示波器 CH2 转去测量 X1 部分电路的电压波形？为什么？
7. 为什么数字存储示波器可以显示单脉冲信号？为什么普通的模拟示波器不能显示单脉冲信号？图 28-14 中通道 1 显示的脉冲信号脉冲部分的持续时间大概是多少？高低电平差值是多少？（注：屏幕下方左侧 CH1（或 CH2）之后的电压值和 M 之后的时间值分别标度屏幕上 1 大格（即 5 小格）对应的通道 1（或通道 2）电压和时间量值）图右下角的 750 mV 代表什么含义？

### 实验报告：

#### 一、数据处理

1. 给出 RC 串联电路时间常量的测量结果，并与理论计算值进行比较。将不同 R 值下的 $U_C(U_R)$ 波形显示在一个示波器屏幕内，拍照后打印出来，并标明 R 值，说明波形随 R 值的变化规律。
2. 给出 RL 串联电路时间常量的测量结果，并与理论计算值进行比较。将不同 R 值下的 $U_L(U_R)$ 波形显示在一个示波器屏幕内，拍照后打印出来，并标明 R 值，说明波形随 R 值的变化规律。
3. 求出 $R=0.0\ \Omega$ 时 RLC 串联电路暂态过程中 $U_C$ 衰减振荡的周期和时间常量，并与理论计算值进行比较。说明如何测量临界阻尼，给出结果，并与理论值比较。将不同 R 值（0、临界阻尼、2 k $\Omega$ ）下的 $U_C$ 波形显示在一个示波器屏幕内，拍照后打印出来，并标明 R 值，说明波形随 R 值的变化规律。
4. （选做）RC 微分、积分电路。

#### 二、思考题

思考题（1）。

#### 三、分析与讨论（\*可选）

讨论的内容可参考（但不限制于）以下：

1. 以 RL 串联为例，讨论时间常量的测量值和理论值的差别有哪些来源？实验中如何提高时间常量的测量精度？
2. 实验中测得的临界阻尼比理论值大还是小？为什么？
3. 其他

#### 四、收获与感想（\*可选）

## 实验二十九 虚拟仪器在物理实验中的应用

### 重点预习：

一、虚拟仪器的概念；

二、LabVIEW 图形化编程语言。

阅读该实验的教材内容（以实验中心网站上该实验电子版讲义为准），提交回答以下问题的预习报告：

1. 什么是虚拟仪器？如何用虚拟仪器进行测量和控制？
2. 画出虚拟仪器测量伏安特性的电路原理图，标出共地点。
3. 用 LabVIEW 编写的程序主要包括哪三个部分？前面板上的控件图标根据输入输出特性分为哪两类？图 29-3 中的图标各属于其中的哪一类？去掉所有错误连线的快捷键是什么？请画出前面板上操作开关所用到的工具选板上的工具形状。
4. 简单说明图 29-6 的程序框图中各个控件的作用。
5. 简单说明图 29-8 程序框图中的顺序结构（边框类似电影胶片）部分的四帧分别起到什么作用。就测量器件伏安曲线这个实验而言，用虚拟仪器测量和用传统仪器（独立的电源和电表）测量各有什么优点？

### 实验报告：

#### 一、数据处理

1. 课上每完成一个程序，当场请老师检查你的程序运行情况。
2. 将电阻伏安曲线的测量结果截图保存到实验室电脑指定文件夹中。
3. 给出测量得到的待测电阻值。
4. （选做）将稳压二极管伏安曲线的测量结果截图保存到实验室电脑指定文件夹中。计算电流为正、负 4 mA 附近的静态电阻值。

#### 二、思考题

思考题 (1) (2) (3) (4) (5)。

#### 三、分析与讨论 (\*可选)

#### 四、收获与感想 (\*可选)

## 实验三十 用示波器观测动态磁滞回线

### 重点预习：

- 一、铁磁材料的磁化特性；
- 二、动态磁滞回线的测量。

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 什么是饱和磁滞回线？什么是饱和磁感应强度？什么是剩余磁感应强度、矫顽力？
2. 什么是起始磁化曲线？什么是动态磁化曲线？测量前如何对样品进行退磁？为何这种方法能有效的退磁？
3. 什么是振幅磁导率  $\mu_m$ ？什么是起始磁导率  $\mu_i$ ？ $\mu_i$ 反映了材料的什么特性？实验中如何测量？
4. 画出用示波器测量动态磁滞回线的电路图。实验中如何测量磁场强度和磁感应强度？对 RC 积分电路的时间常量有什么要求？用感应线圈测量磁场有什么优势和局限？
5. 实验内容(1)的③中要求固定励磁电流幅度  $I_m=0.2$  A，实验中通过控制哪些可观测量并如何控制该可观测量来保证这一点？实验内容(3)中要求在给定的交变磁场幅度  $H_m=400$  A/m 下测量，实验中又如何保证这一点？（提示：示波器只能直接测量电压波形有关值）

### 实验报告：

#### 一、数据处理

1. 给出 100 Hz 下铁氧体饱和磁滞回线的测量结果，并作图。给出  $B_s$ ,  $B_r$ ,  $H_c$  的测量结果。
2. 说明不同频率下铁氧体饱和磁滞回线如何变化。给出 50/100/150 Hz 下  $B_r$ ,  $H_c$  的测量结果，估计由仪器误差和线宽导致的测量不确定度，并对不同频率的测量结果进行比较和解释。
3. 粗略画出 50 Hz 下不同积分常量下的李萨如图，说明积分常量为什么会影响李萨如图。积分常量是否影响真实的磁滞回线的形状？
4. 给出 100 Hz 下动态磁化曲线的测量结果，并作图，说明曲线的变化规律。根据测量数据计算出  $\mu_m$ ，并作  $\mu_m-H_m$  曲线图，说明曲线的变化规律。给出起始磁导率  $\mu_i$  的测量结果。
5. 说明不同频率下硅钢样品在给定交变磁场幅度  $H_m=400$  A/m 下的动态磁滞回线如何变化。给出 20/40/60 Hz 下  $B_m$ ,  $B_r$ ,  $H_c$  的测量结果，并对不同频率的测量结果进行比较和解释。
6. （选做）给出铁氧体样品在不同直流偏置磁场下可逆磁导率的测量结果，并作图。

#### 二、思考题

思考题 (1) (2) (3) (4)。

#### 三、分析与讨论 (\*可选)

讨论的内容可参考（但不限制于）以下：

1. 解释实验中测量的各个曲线的变化规律；
2. 其他

#### 四、收获与感想 (\*可选)

## 实验四十 核磁共振

### 重点预习：

- 一、核磁共振现象的基本原理；
- 二、实验上如何观测核磁共振现象。

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 什么是核磁矩？什么是 g 因子？
2. 外磁场下原子核的能级如何分裂？什么是核磁共振？核磁共振时射频场的频率是多少？
3. 实验上通过什么方法观察核磁共振现象？扫场方法观察到的吸收曲线是什么形状的？
4. 实验中如何测定核磁共振频率？如何估计测量结果的不确定度？

### 实验报告：

#### 一、数据处理

1. 定性的观察水探头在不同位置共振信号波形的变化，拍摄各种典型波形并记录相应位置  $x$ 。
2. 列表给出不同扫场电压（峰峰值  $U_{pp}$ ）下水探头在磁场最均匀位置（ $x_0$ ）的测量结果（ $\nu$ 、 $\nu'$ 、 $\nu''$ ），并计算出该位置的磁场  $B$  大小及其不确定度。
3. 列表给出水探头测量永磁铁磁场水平分布的结果，并作图。要求每隔 1cm 测量磁场  $B$  大小及其不确定度，由中心位置向左右各测量至少 3cm，每个位置处调节扫场电压幅度使  $B$  的测量不确定度最小。
4. 列表给出不同扫场电压下聚四氟乙烯探头在磁场最均匀位置（ $x_0$ ）的测量结果，并计算出氟核的  $g$  因子及其不确定度。定性的观察、记录聚四氟乙烯探头的共振信号波形。
5. （选做）给出其它样品的测量结果。
6. （选做）给出估测氟核弛豫时间的测量结果。

#### 二、思考题

思考题（1）（2）。

#### 三、分析与讨论（\*可选）

讨论的内容可参考（但不限制于）以下：

1. 比较水探头在不同位置的核磁共振信号波形，并解释变化原因；
2. 比较水探头在不同位置的磁场  $B$  和磁场不确定度测量结果并加以解释；
3. 比较聚四氟乙烯探头与水探头的共振信号波形差别并加以解释；
4. 其他

#### 四、收获与感想（\*可选）

-----

## 普物（基础）光学实验重点预习内容和实验报告要求（2021.9.15 修订）

### 实验五 测量薄透镜的焦距

#### 预习报告要求

重点预习：

- 一、用位移法和自准直法分别测定凸透镜的焦距；
- 二、用物像距法和自准直法分别测定凹透镜的焦距  
\* (自准直法测凹透镜焦距对非物理类学生是选做内容)

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 画出位移法测凸透镜焦距的光路，并说明两次成像与像面到物面之间距离的关系。
2. 画出自准直法测凸透镜焦距的光路，并说明平面镜与透镜之间的距离对透镜自准直成像是否有影响，有何影响？
3. 画出物像距法测凹透镜焦距的光路，并说明虚物成实像应满足的条件。
4. (\*非物理类学生选做) 画出自准直法测凹透镜焦距的光路，并说明其测量原理。
5. 结合上述成像光路，简述共轴调节的方法和意义。

#### 课堂记录和数据处理要求

1. 用位移法测定凸透镜的焦距数据要求列表处理，表格形式可参考教材附录表 5-1；
2. 自准直法测定凸透镜焦距数据可只测一次，要求记录下透镜和平面镜位置的原始数据，并算出透镜焦距；
3. 用物像距法测定凹透镜的焦距数据要求列表处理，表格形式可参考教材附录表 5-2；
4. (\*非物理类学生选做) 自准直法测定凹透镜的焦距数据可只测一次，要求记录下元件（或像）的位置的原始数据，并算出透镜焦距。

## 实验六 显微镜

### 预习报告要求

#### 重点预习：

一、将生物显微镜改装成测微显微镜，并用它测定一给定光栅的空间频率。

二、用读数显微镜测定另一给定光栅的空间频率。

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 画出显微镜成像的原理光路图，标出光学间隔并说明其对物镜放大倍数的影响。
2. 什么叫调焦？实际操作的基本规则是什么？
3. 要让显微镜清晰成像，除了调焦以外，还应调节什么？
4. 什么叫显微镜的视差？如何消除？
5. 物镜的放大倍数通常都会标在镜头上，实验中为什么还需要重新测量物镜的放大倍数？
6. 改装了测微目镜的生物显微镜和读数显微镜都具有测量微小长度的功能，二者的测量有何区别？读数显微镜的放大倍数对精确测量有何帮助？

### 课堂记录 and 数据处理要求

1. 显微镜物镜放大倍数的测定，数据要求列表处理，表格形式可参考教材附录表 6-1；
2. 利用改装测微目镜的生物显微镜测量一待测光栅的空间频率，数据要求列表处理，表格形式可参考教材附录表 6-2；
3. 利用读数显微镜测量一待测光栅的空间频率，数据要求列表处理，表格形式可参考教材附录表 6-3。

## 实验十九 分光计的调节和掠入射法测量折射率

### 预习报告要求

#### 重点预习：

- 一、调节分光计，用掠入射方法测定棱镜玻璃对钠黄光的折射率；
- 二、调节分光计，用最小偏向角方法测定棱镜玻璃对汞绿光的折射率。(非物理类学生选做)

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 简述分光计调节的操作步骤；
2. 如何调节望远镜光轴与分光计转轴垂直？
3. 画图说明等边三棱镜在分光计载物台上如何放置和相应的调节方法；
4. 如果三棱镜的顶角为直角，两个直角面为光学面，应把它在载物台上如何放置（画图说明）？
5. 分别推导两种方法测折射率  $n$  的不确定度  $\sigma_n$  的表达式。

### 实验报告要求

#### 一、数据处理

列表处理，表格形式自拟（要求记录原始数据），共 3 个表格，分别对应以下 3 个实验内容：

1. 测定玻璃三棱镜顶角；
2. 用掠入射法测定三棱镜折射率；
3. 用最小偏向角法测定三棱镜折射率。（\*非物理类学生选做）

分别算出三棱镜顶角  $A$  和两种方法测出的折射率  $n$ ，并计算相应的不确定度  $\sigma_A$  和  $\sigma_n$ 。

#### 二、分析与讨论（\*可选）

讨论的内容可参考（但不限制于）以下：

1. 实验中测量误差的来源分析；
2. 其他

#### 三、收获与感想（\*可选）

## 实验二十 光衍射的定量研究

### 预习报告要求

重点预习：

- 一、定量测定单缝及多缝衍射的光强分布，由此计算衍射缝的宽度和间距；
- 二、观察方孔和圆孔阵列衍射的光强分布，弄清楚单孔衍射和多孔干涉的关系。

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. (周二周五分组学生) 由基尔霍夫积分公式出发，说明远场接收夫琅禾费衍射 (图 20-1b) 的近似条件；  
(周三周四分组学生) 什么是夫琅禾费衍射，其接收光路有哪些，本实验中采用的是哪种接收光路？
2. 说明实验光路中的各个具体元件 (激光器、反射镜、单缝以及探测器) 的共轴调节要求和方法。
3. 硅光电二极管的感光单元前有一可调狭缝 (狭缝大小可调至远小于探测器感光单元的横向尺寸)，说明此狭缝对光强测量的影响；
4. 对于单缝衍射，缝宽  $a$  可由  $(\frac{a}{\lambda})\sin\theta = \pm 1.43, \pm 2.46, \dots$ ，或者  $(\frac{a}{\lambda})\sin\theta = \pm 1, \pm 2, \dots$ ，确定。请写出  $\frac{\sigma_a}{a}$  的表达式，并说明影响缝宽测量精度的主要因素是什么？
5. 多缝的缝宽和缝间距如何通过衍射实验来测量？给出相应的数学表达式和文字说明。

### 实验报告要求

#### 一、数据处理

1. 分别计算单缝的缝宽、多缝的缝宽和缝间距；
2. 画出其他衍射结构的衍射图样 (不少于 10 个)。

#### 二、分析与讨论 (\*可选)

讨论的内容可参考 (但不限制于) 以下：

1. 实验中测量误差的来源分析，缝宽和缝间距结果的不确定度的计算；
2. 夫朗和费衍射图样与衍射结构之间的关系；
3. 其他

#### 三、收获与感想 (\*可选)

## 实验二十一 观察光的偏振现象

### 预习报告要求

重点预习:

- 一、光的偏振状态;
- 二、反射起偏与检偏的原理;
- 三、双折射晶体与  $\lambda/4$ ,  $\lambda/2$ , 波晶片的应用。

阅读该实验的教材内容, 提交回答以下问题的预习报告:

1. 描述光的五种偏振态
2. 用布儒斯特定律描述玻璃反射和透射对光偏振态的影响;
3. 如何检测线偏振光的偏振方向? 如何改变线偏振光的偏振方向?
4. 如何将线偏振光变成椭圆偏振光? 如何利用  $\lambda/4$  片将椭圆偏振光变成线偏振光?
5. 如何区分椭圆偏振光和部分偏振光? 请给出你的设计方案。

### 实验报告要求

#### 一、实验现象描述与解释

记录观察到的实验现象, 并给出相应理论解释。所需记录的实验现象对应教材 P248-251 页中【实验内容】1-6 所有内容。(\*【实验内容】6 显色偏振对非物理类学生属于选做内容)

#### 二、分析与讨论 (\*可选)

#### 三、收获与感想 (\*可选)

## 实验二十二 迈克尔逊干涉仪

### 预习报告要求

重点预习：

- 一、迈克尔逊干涉仪的结构与调节；
- 二、用迈克尔逊干涉仪实现非定域干涉方法；
- 三、用迈克尔逊干涉仪实现定域干涉的方法。

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 分束板  $G_1$  的后表面镀有透反比为 1: 1 的介质膜，这是为什么？
2. 补偿板  $G_2$  起什么作用？
3. 设空间有两个相干的点光源，各自发出理想的球面波。请画图描述两者干涉所形成等光强面的空间分布。如何观察才能看到圆条纹、椭圆条纹、双曲条纹和直条纹？
4. 用迈克尔逊干涉仪实现非定域干涉，两个虚点光源是如何形成的？如何调节两者的空间方位？
5. 用迈克尔逊干涉仪实现定域干涉，为什么一定要使用扩展光源照明干涉仪？

### 实验报告要求

#### 一、实验现象描述与解释

1. 迈克尔逊干涉仪的调节步骤；
2. 非定域干涉圆条纹和椭圆条纹的调节步骤，圆条纹的变化规律及解释（对应教材 P258 页【实验内容】2-(2)-②部分）；
3. 非定域直条纹和双曲条纹的调节方法；
4. 定域干涉等倾条纹的调节方法，等倾条纹的变化规律及解释；
5. 定域干涉等厚条纹的调节方法，等厚条纹的变化规律及解释；
6. 白光等厚干涉条纹的调节方法及干涉条纹的现象描述。（\*非物理类学生选做）

#### 二、空气折射率的测量（以下二和三可任选一个做）

记录原始数据，利用公式算出空气折射率  $n$

#### 三、压电陶瓷的压电常量的测量

记录原始数据，利用线性拟合算出压电常量  $d_{21}$

#### 四、分析与讨论（\*可选）

#### 五、收获与感想（\*可选）

## 实验三十七 光栅光谱仪（氢原子光谱）

### 预习报告要求

重点预习：

- 一、利用光学多通道分析器（OMA）测量氢原子光谱，并拟合里德堡常数；
- 二、氢原子能级与氢原子光谱之间的关系；
- 三、利用光栅光谱仪测量物质的吸收谱。（\*选做）

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 画出光栅光谱仪光路图，简述其工作原理，并指出其重要性能参数有哪些。
2. 简述 CCD 的工作原理，并指出相对于其他光电接收器（如光电二极管、光电倍增管等）有何特点？
3. 光栅光谱仪的入射狭缝（图 37-1 中的  $S_1$ ）有什么作用，其大小应如何调节？
4. Hg 灯在可见光波段有多条谱线可作为标准谱线来定标，应如何选择？
5. 利用郎伯定律描述如何测量物质的吸收谱。（\*选做）

### 实验报告要求

一、数据处理

1. 记录所测量到的氢原子谱线波长（表格形式可参考教材 430 页表 37-1）；
2. 线性拟合里德堡常数  $R_H$ ；
3. 画出氢原子能级图，并标出氢原子谱线分别所对应的能级跃迁；
4. 利用 origin 软件绘出给定样品的光强、透过率、吸光度以及吸收系数曲线，并找出吸收谱线吸收峰的位置和对应的波长值和半值宽度。（\*选做）

二、分析与讨论（\*可选）

三、收获与感想（\*可选）

## 预习报告要求

重点预习：

- 一、利用模拟晶体测量微波的布拉格衍射；
- 二、利用单缝衍射和迈克耳孙干涉实验测量微波波长。

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 微波的定义以及常用的微波元器件有哪些？
2. 描述晶体结构的特征参数。
3. 描述布拉格衍射的原理及公式表达。
4. 模拟晶体的 [100] 面和 [110] 面分别能观察到几个衍射极大？
5. 布拉格衍射中随着入射角 $\beta$ 增大超过 80 度时，衍射强度会增大，原因是什么？

## 实验报告要求

一、数据处理

1. 记录所测量到的入射角与衍射光强的之间的原始数据（表格形式自拟），分别绘制模拟晶体 (100) 和 (110) 晶面的布拉格衍射曲线，得到衍射极大处的入射角位置，并和理论值比较。
2. 记录单缝衍射中入射角与衍射光强的之间的原始数据（表格形式自拟），绘制单缝衍射曲线。利用得到衍射强度极小处的入射角位置，计算微波波长，并和理论值比较。（\*选做，具体以课上老师要求为准）
3. 记录迈克尔逊干涉实验中光强出现极小值时丝杠的位置  $x_n$ （表格形式，可参考教材 P437 页表格），作图由斜率得到微波波长，并和理论值比较。

二、分析与讨论（\*可选）

三、收获与感想（\*可选）

## 预习报告要求

重点预习：

- 一、如何理解 X 射线管所发出的 X 射线波谱；
- 二、X 射线的晶体衍射在什么条件下发生。

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 什么是 X 射线？
2. X 光管是如何产生 X 射线的？
3. X 光管发出的 X 射线波谱中的连续背景是如何产生的？其最短波长由什么决定？X 射线波谱中的特征峰是如何产生的？其波长由什么决定？
4. X 射线的晶体衍射发生在什么方向上？
5. 了解 X 射线实验仪，实验中为什么要采用 coupled 模式进行扫描？

## 实验报告要求

实验报告：

一、数据处理

1. 打印出 NaCl 晶体的衍射曲线测量图，并指出各个峰对应的衍射。
2. 列表打印出 LiF 晶体的衍射曲线测量结果，并作图。计算 LiF 晶体的晶面间距。
3. （选做）比较不同阳极电压、发射电流下测得的衍射曲线，找出差异并解释原因，根据各谱的截止波长计算普朗克常数。

二、思考题

思考题 (1)。

三、分析与讨论 (\*可选)

讨论的内容可参考（但不限制于）以下：

1. 指出 NaCl 晶体的衍射曲线中各个峰的来源，并与理论计算峰位比较；
2. 指出 LiF 晶体的衍射曲线中各个峰的来源；
3. 其他

四、收获与感想 (\*可选)

## 实验三十六 光源的时间相干性

### 预习报告要求

#### 一、重点预习：

1. 迈克耳逊干涉仪的结构与调节方法；
2. 如何利用迈克耳逊干涉仪实现等厚干涉？
3. 如何利用迈克耳逊干涉仪实现等倾干涉？
4. 什么是光源的时间相干性？它与相干长度、相干时间关系如何？如何定量测定？

#### 二、阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 描述实现白光等厚干涉的实验调节方法和条纹特征；
2. 描述实现等倾干涉的实验调节方法和条纹特征；
3. 为什么不能用等倾干涉测量白光及相关的橙色和黄色光的时间相干性？
4. 为什么不能用等厚干涉测量准单色光的时间相干性？

### 实验报告要求

#### 四、数据处理

4. 测定几种光源（白光、白光分别经橙色玻璃和黄干涉滤光片滤光后的透射光、低压汞灯黄光）的相干长度，并求出相干时间；
5. 两种方法测定汞双黄线的波长差；

#### 五、分析与讨论（\*可选）

#### 六、收获与感想（\*可选）

## 实验三十四 全息照相

### 预习报告要求

重点预习：

- 一、全息记录和再现的基本原理；
- 二、设计实验光路图

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 画出全息记录和再现实验光路图
2. 全息记录过程对两束光的夹角和光程差有什么要求（底片的分辨率为 3000 线/毫米）
3. 记录时物光/参考光光强比对全息记录有什么影响
4. 为方便同时观察+1 和-1 级衍射像，记录时底片法线沿什么方向比较合理？
5. 全息记录时对环境振动有什么要求。（曝光时间 3-4 秒）。
6. 再现时如果减小球面再现光的曲率半径，像的横向放大率会变大还是变小？
7. 共轭再现实像时怎样产生共轭再现光
8. 简述全息照相和普通相机照相的差别

### 实验报告要求

一、请画出实验记录和再现光路，标出实现时参数（物光参考光夹角和光程差，曝光时间）

二、现象记录和分析

1. 原位观察虚像，（1）像的位置，大小，正立还是倒立，（2）从底片不同位置观察，像的变化？（3）旋转底片，改变入射角，观察像的变化，（4）改变底片与透镜距离，像大小改变？分析其原因
2. 另一个像（-1 级衍射像）有没有？位置？实像还是虚像？为什么？如果没有，请分析原因。
3. 底片翻转 180 度，用共轭光照射，观察实像，记录实像位置，大小，正倒
4. 用激光直接照射来再现，像有什么特点，请与共轭光再现做对比并分析其原因。

## 预习报告要求

### 一、重点预习：

1. 建立在夫琅和费衍射现象之上的光学傅里叶变换的原理；
2. 光学傅里叶变换的频谱面及其上光场分布与衍射物结构的关系；
3. 卷积运算及卷积定理的数学形式，卷积定理在光学傅里叶变换中的应用。

### 二、阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 画光路说明：如何利用倒置望远镜的原理将一束细的平行光转换成一束粗的平行光；
2. 分别画出平行光和点光源照明物体的光学傅里叶变换光路图，并简述各自的变换原理；
3. 描述一维周期性函数的傅里叶级数展开与一维光栅的光学傅里叶变换的对应关系；
4. 试由卷积定理说明一张叠在光栅上照片的光学傅里叶变换的频谱特征。

## 实验报告要求

### 一、数据处理

记录观察到的实验现象，进行相应的测量计算，并对实验结论给出相应理论解释。具体实验内容如下：

1. 测量一维光栅衍射的各空间频率并求光栅的基频；在频谱面上放上可调狭缝及其他附加光阑进行空间滤波，记录像面特点及条纹间距，并解释之。
2. 测量二维光栅衍射的像面网格间距，在频谱面上利用小孔及不同取向的狭缝光阑进行空间滤波，观察并记录像面变化，测量像面条纹间距，并解释之。
3. 将光栅和光字叠在一起进行高低通滤波实验，观察并记录其频谱面如何分布。利用 $\phi=1\text{mm}$ 和 $\phi=0.3\text{mm}$ 的圆孔光阑进行滤波，记录像面变化，并解释之。
4. 理论计算是网格（12条/mm）消失和字迹（笔画粗0.5mm）模糊滤波器应有的孔径，并解释之。
5. 将频谱面上光阑平移，使不在光轴上的一个衍射点通过光阑，观察并记录像面变化，并解释之。
6. 将衍射物换成十字板，在频谱面上放一圆屏光阑滤去频谱中心部分，观察并记录像面变化，并解释之。
7. 用激光束分别照射20条/mm和200条/mm的两个正交光栅，观察各自的频谱分布并记录之。将两光栅重叠，观察并记录频谱特点。先后转动两光栅之一，观察并记录频谱面上的变化，并解释之。

### 二、分析与讨论（\*可选）

### 三、收获与感想（\*可选）

## 预习报告要求

重点预习：

- 一、光栅的主要特性；
- 二、分光计的调节和使用；
- 三、利用光栅衍射测定光栅特性和光波波长。

阅读该实验的教材内容，提交回答以下问题的预习报告：

1. 什么是光栅的衍射光谱？光栅的衍射光谱有什么特点？
2. 角色散率和色分辨本领是用来描述衍射光栅的基本特性两个重要参数，给出二者各自的定义和计算公式，并指出二者的区别是什么。
3. 本实验利用分光计测量光栅衍射，在测量之前需要对光栅做哪些调节，如何调节？

## 实验报告要求

一、数据处理

1. 利用汞灯绿线（546.07nm）测量光栅周期及空间频率，并计算其不确定度。
2. 测定汞灯双黄线波长及角色散率，并计算他们的不确定度。
3. 测定刚好能分辨钠灯双黄线时光栅的色分辨本领。

二、分析与讨论

思考题 1-6

收获与感想（\*可选）