

实验八 测定金属的杨氏模量

重点学习：

- 一、用静态拉伸法测金属材料的杨氏模量（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）；
- 二、根据误差分析的思想，选择合适的测量方法和测量仪器并合理安排测量；
- 三、对测量结果的处理以及估计其不确定度。

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：

1. 开始加第一、二个砝码时 r 的变化量大于正常的变化量；
2. 开始加第一、二个砝码时 r 的变化量小于正常的变化量。

三、收获与感想（*可选）

实验二十六 真空镀膜 [课上完成实验报告]

重点学习：

- 一、真空的基本知识；
- 二、热蒸发法制备薄膜。

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应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考虑哪些基本要求？

实验报告要求 [课上完成]

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

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. 总结热蒸发法制备薄膜的经验；
5. 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？

三、收获与感想（*可选）

实验十二 测定介质中的声速

重点学习：

- 一、极值法（共振干涉法、驻波法）测空气中的声速；
- 二、相位法（李萨如图形、行波法）测空气中的声速；
- 三、利用气体参量测定空气中的声速；
- 四、测定水中的声速（极值法、相位法、声光效应法）。声光效应法的补充讲义请在 www.tcep.pku.edu.cn 下载。

注意：教材中多普勒法不用预习。

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. 声光效应中实验配置参数如何满足 Raman-Nath 衍射条件？Raman-Nath 衍射和 Bragg 衍射有什么区别？声束宽度（声光作用范围）如何确定？

实验报告要求

一、数据及处理

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；用逐差法处理数据，给出声速测量结果、要求评价不确定度；
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；用最小二乘法处理数据，给出声速测量结果、要求评价不确定度；
4. 气体参量法，给出温度、压强、相对湿度和饱和蒸气压的测量结果；利用气体参量测定空气中声速，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；
5. 水中声速的测量数据；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。

二、分析与讨论（*可选）

1. 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；
2. 以下问题任选其一，做简要文献调研。
 - （1）声光效应在激光器锁模、材料性质非破坏性测量（无损测量）等方面的应用？超声光栅的相关研究进展？
 - （2）换能器通过压电材料实现声波和电信号转换，目前手机中广泛使用的射频滤波器是否有利用声波工作？
 - （3）其他相关应用调研。

三、收获与感想（*可选）

实验十九 分光计的调节和掠入射法测量折射率 [课上完成实验报告]

重点学习：

- 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。

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 σ_n 的表达式。

实验报告要求 [课上完成]

列表处理数据，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。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 σ_A 和 σ_n 。

实验二十 光衍射的定量研究

重点学习：

- 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. 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；
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）

实验二十二 迈克尔逊干涉仪 [课上完成实验报告]

重点学习：

- 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 [课上完成]

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。

二、空气折射率的测量

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}

实验十七 RLC 电路的谐振现象

重点学习：

- 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？

实验报告要求

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 电路的暂态行为的相关结果进行处理。
5. （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。
6. （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. 比较不同方法测得的 Q 值，分析结果；
3. （选做）分析电路暂态行为与稳态行为之间的关联；
4. 其他

四、收获与感想（*可选）

实验十四 直流电桥测量电阻 [课上完成实验报告]

重点学习：

- 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。

实验报告要求 [课上完成]

一、数据处理（记录原始数据，并做数据处理）

1. 将平衡电桥测电阻的结果列表，计算阻值和电桥灵敏度 S 。
2. 计算交换桥臂测量法测得的电阻 R_x 值及其不确定度。
3. （选做）计算各次测得的电阻值的不确定度。
4. （选做）将不同参数下测量的灵敏度结果列表。

实验十五 非平衡电桥测量铂电阻的温度系数 [课上完成实验报告]

重点学习：

- 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？

实验报告要求 [课上完成]

一、数据处理（记录原始数据，并做数据处理）

1. 将非平衡电桥测量结果列表。拟合非平衡电桥输出-输入关系。
2. 计算铂电阻的温度系数 A_1 。
3. （选做）估计 A_1 不确定度。
4. （选做）将比例臂电阻同时改小一个量级，再测一遍。比较不同比例臂情况下求得铂电阻温度系数与教材上参考值的偏差，解释其来源。
5. （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。

实验三十 用示波器观测动态磁滞回线

重点学习：

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 μ_m ？什么是起始磁导率 μ_i ？ μ_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 $I_m=0.2\text{ A}$ ，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 $H_m=400\text{ A/m}$ 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)

实验报告要求

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 μ_m ，并作 μ_m-H_m 曲线图，说明曲线的变化规律。给出起始磁导率 μ_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 $H_m=400\text{ A/m}$ 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)

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；

四、收获与感想 (*可选)