

I 课程须知

I-1 课程安排

- (1) 物理实验 B(2)共有 5 次实验课，具体实验题目及所在实验房间见表 I-1。
- (2) 实验上课周为第 4~14 周（第 10 周放假无课），每次实验 4 学时，下午 1:30—4:50，晚上 6:30—9:50。
- (3) 实验分组请查询网络学堂，谨记自己的循环组号，按排定的时间上课。各循环组的实验题目顺序安排见表 I-2。若因放假等原因需临时整体调课，请关注网络学堂通知公告。
- (4) 课程有关的教学资料将于第 3 周周末前上传至网络学堂，请同学们自行下载打印。

表 I-1 实验题目和房间列表

简 称	实验名称	房间(六教)
霍尔	霍尔效应及磁电阻测量	6A501
波传输	超声波在固体中的传输	6A503
逸出功	逸出功的测量	6A509
光栅	光栅衍射实验	6B604(内)
超导	测定高温超导材料的转变温度	6B703

表 I-2 物理实验 B(2)各分组实验循环顺序

循环号	4/5 周	6/7 周	8/9 周	11/12 周	13/14 周
J	霍尔	逸出功	波传输	超导	光栅
K	逸出功	波传输	超导	光栅	霍尔
L	波传输	超导	光栅	霍尔	逸出功
M	超导	光栅	霍尔	逸出功	波传输
N	光栅	霍尔	逸出功	波传输	超导
说明：第 11/12 周的实验要求写完整报告，其余实验写简要报告。					

I-2 上课环节及要求

本学期实验课上课环节及要求与2023秋季学期略有不同，请同学们仔细阅读并悉知。

(1) 课前预习

预习的目的在于对将要进行的实验有一个较为全面的大概认识和了解。课前需要通过认真阅读实验讲义，查阅有关的教材、文献或观看多媒体视频资料等途径方式，学习了解实验的基本原理和方法，了解实验所用仪器的基本功能及其操作方法、注意事项等，明确实验任务、关键要点以及操作步骤，并根据实验内容要求设计原始数据记录表格、画出电路图或光路图等（本学期不再统一提供实验记录表格）。另外，提前从

网络学堂课程文件夹中下载打印预习思考题并做书面解答。

(2)课上操作

①遵守学生实验守则，按时上课。进入实验室后先在成绩登记表上**签名**，并提交书面预习思考题作业，然后按照登记表上的顺序号找到对应的实验桌就坐。可结合预习情况先熟悉仪器，但请勿通电。

②在老师统一讲解后，按照实验内容、步骤及要求老师的指导下独立开展实验。实验既要重视结果，更要注重实验过程。首先在实验桌（台）面上合理布置、摆放好实验仪器、器材。实验过程中规范操作仪器，仔细观察实验现象，认真、如实记录实验现象和测量数据（不要用铅笔记录数据），认真探讨、钻研实验中存在或出现的问题。注意培养良好的实验研究习惯作风。鼓励与老师或同学开展交流、讨论，但需注意保持实验环境安静。若仪器出现异常情况，应及时关闭电源并向老师报告，在老师的指导下学习排查仪器故障的方法技巧。要严肃认真对待实验测量数据。如果确实是读错、记错的，应保留原数据，不要涂抹或删除，做好标记后在旁边空白处重新记录正确数据，使正、误数据都能够清晰可辨，以供分析实验结果时做参考。在设计表格时可提前预留出修改的余地。不要把数据先随便记在草稿纸上再誊写到数据表格里，这样容易出错，况且也非“原始数据”。如果数据错误过多，则需重新进行观测记录。实验中可能用到高压电、激光、高温装置或低温液体等，请注意规范操作，确保人身安全及仪器使用安全。

③完成实验任务后，不要急于整理仪器。先关闭电源、光源等，然后请老师检查原始数据记录，以防漏测数据或者存在严重错误、失误。经老师检查并在原始数据记录上**签字**后，再还原仪器、整理桌面，最后带好**所有个人物品**离开实验室。

(3)课后处理数据、总结报告

实验报告的撰写是对所学知识进行系统化吸收和升华的过程，因此课后要及时整理实验记录、处理数据、撰写实验报告。实验报告的重点在于数据的分析处理、实验现象和结果的说明、分析和总结等。数据处理过程应按实验内容分步骤进行。原始测量数据应重新整理，并列入报告中相应位置（数据较多时可附在报告的末尾）。数据处理包括数据计算、物理量之间的函数关系拟合、关系曲线作图以及误差估算等，一般应按照实验内容的前后顺序分项进行。数据计算过程要有必要的文字说明，在明确写出计算公式、数据代入式后，直接给出计算结果，无需罗列每一步演算过程。对于采用相同方法、过程的多次重复计算，只需列举其中的一例说明计算思路方法，最后用列表格的方式给出所有的计算结果即可。做图、列表要合理、规范、美观。报告中有多个图、表时，应分别按出现的前后顺序进行编号并给出相应的名称（及说明）。最后对实验进行综合分析、总结，包括对实验中遇到的问题的合理分析解释说明、实验测量误差分析，实验现象、规律、结果、结论等。实验报告可用 Word 等文档编辑工具撰写（也可以手写），要求书面工整、条理清晰、内容简洁明了。一份合格的实验报告的最低要求是可以让具有同等知识水平的人能够从中看明白实验者依据什么原理、采用什么方法和仪器、在什么条件下进行了什么实验研究，通过怎样的逻辑分析推理、得出什么结果或者结论等。

完整的物理实验报告应包括实验名称、实验者姓名及实验日期等信息、实验目的、实验仪器、实验原理、实验内容步骤、实验数据处理、分析总结以及原始数据记录等项目内容（参见图I-1 所示实验报告格式模版）。其中，实验目的、仪器、原理、内容步骤几项的总字数要求不超过 1000 字（不含图）。实验原理部分要自己

概括提炼总结，不要照抄讲义。简要实验报告不要求写实验原理、内容步骤，重点在于数据处理和分析总结。实验报告撰写完成后要求转换成 PDF 格式的电子版文档（手写报告可扫描或拍照后整理成一个 PDF 格式的文档），在实验结束之后的一周之内提交到网络学堂上相应实验作业箱里。提醒：请勿提交 word 文档或者多个文件的压缩包！

本学期第 11/12 周的实验要求写完整报告，其余周的实验写简要报告。

_____ (实验名称) 实验报告
姓名：_____ 学号：_____ 实验日期：_____ 实验台号：_____
【实验目的】
【实验仪器】 （列出所用主要仪器名称、型号、规格等）
【实验原理】 （简要说明实验原理、方法，概括提炼总结，不抄讲义）
【实验内容及步骤】 （列出主要、关键事项，简单明了）
【数据处理】 （按照实验内容整理数据，进行计算、做图、拟合、误差分析）
【实验总结】 （问题分析解释说明，实验现象、规律、结果、结论等）
【原始数据记录】 （附原始数据记录，要有老师签字）

图I-1 物理实验完整报告格式

I-3 其它事项说明

(1)普通物理实验教学值班室在六教 6B501。关于课程的任何问题可以在工作日上午到值班室咨询，或者在网络学堂上留言、找主管教师答疑。

(2)如果需要课前熟悉仪器、课后补做（仅限课堂未完成内容）或者进行深入探究，可在工作日白天上午相应实验房间没有安排课的时间段（是否有课请查看值班室门口白板上张贴的总课表），到值班室登记后进行。结束后整理好仪器，拉闸、关窗、关门，并告知值班老师。补做实验内容的数据记录请值班老师签字确认。注意：实验室周末及工作日晚上不对个人开放！

(3)实验课上课不得无故迟到、旷课。迟到超过半小时及以上者不允许上该堂实验课。若因病、事假或教

学安排变动等原因而缺课的，凭医院出具的假条或校内有关部门出具的情况说明（需盖部门章并有负责老师签字）等证明材料可申请**正常补课（或提前调课）**。无故旷课或因迟到被拒绝上课造成缺课的，可申请**非正常补课**（该次实验满分按 8 分计）。申请补课或调课前请在网络学堂查询实验课表，选定两周内的多个可补课时段（安排有所需补的实验课），发送邮件至邮箱：liangcl@tsinghua.edu.cn，联系排补课。邮件标题请注明：物理实验 B(2)补课/调课，需提供信息：姓名、学号、拟补（调）课实验题目、原实验循环组号、多个可补课时段、假条或证明材料（拍照）。**特别提醒：**第 14 周周末课程结束后不再安排补课！

(4)课上禁止携带他人的实验报告或数据（不论纸质或电子版），严禁抄袭、编造实验数据。

(5)关于课程的重要信息、通知会发布在**网络学堂课程公告栏**中，请及时关注。

I-4 课程成绩评定说明

1.课程成绩

课程成绩原则上取 5 次实验成绩的平均，再以百分制形式按表 I-3 中的对应规则转换为等级制后上报注册中心。**特别说明：**结课时缺实验课 2 次及以上者，**课程成绩评定为 F**。

表 I-3 百分制成绩转换为等级制对应规则表

分值区间	等级	分值区间	等级	分值区间	等级	分值区间	等级
[90, 100]	A	[80, 83)	B	[70, 73)	C	[60, 63)	D
[87, 90)	A-	[77, 80)	B-	[67, 70)	C-	[0, 60)	F
[83, 87)	B+	[73, 77)	C+	[63, 67)	D+		

2.单次实验成绩

单次实验的满分为 10 分，由预习、课堂操作、报告三部分成绩构成。要求写简要报告的实验对应分值比例为 1:6:3，要求写完整报告的实验对应分值比例为 1:5:4。评分基本规则如下：

(1)**预习评分**——根据预习书面作业完成情况评分，存在明显错误或抄袭的，扣 0.5~1 分。

(2)**操作评分**——按实验操作情况及实验内容完成情况评分：

①上课迟到（半小时以内），成绩降一档（注：**一档 0.3~0.4 分**，下同）；

②不按仪器操作规程操作，成绩降一档；

④课上发生严重操作错误，经教师反复提醒指导仍然坚持错误操作，造成人身或仪器安全隐患甚至损坏仪器的，扣 1-2 分；

⑤实验记录不规范、混乱潦草，成绩降一档；

⑥课上携带他人报告或数据，无论是否参考，扣 0.5 分；

⑦课内未能完成所要求基本实验内容且课后未补做的，成绩降一档；

⑧实验结束后，未按要求整理桌面、还原实验仪器的，成绩降一档。

(3)**报告评分**——按报告撰写质量评分：

①规范写作，0.5 分：书面整洁、版面格式基本规范、内容简明扼要（完整报告应符合字数限制）、条理清晰，其中任何一项不符可全扣；

②数据处理及分析总结，2.5~3.5 分：内容步骤明确，计算有公式、数据代入式，运算正确，列表、作图规范，结果表达规范完整（有效位数、单位、不确定度等），分析过程合乎逻辑，实验结果、结论合理；

③对实验中的问题深入思考分析、提出独到见解或合理化建议、正确回答思考题等，酌情适当加分（抵消其他扣分）；

④未按时提交报告的，每迟交一周报告减 1 分，超过三周后提交的报告不予批改，按未提交报告处理；

⑤只做实验而未提交报告的，实验成绩最高记 5 分。

(4)特殊说明——出现以下任何一种情况，该次实验成绩记 0 分

* 缺课且在课程结束前未补课

* 编造数据、结果、结论

* 抄袭他人数据、报告，或数据、报告互相雷同

I-5 不确定度估算（默认置信概率 $P=0.95$ ）所用公式与 t 因子表

1. 直接测量量总不确定度估算所用公式

①单次测量时可以简化取： $\Delta=\Delta_B=\Delta_{\text{仪}}$

②多次(n 次)等精度测量时：

$$\text{测量列的标准偏差} \quad S_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1)$$

$$\text{平均值的标准偏差} \quad S_{\bar{x}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (2)$$

$$\text{总不确定度} \quad \Delta = \sqrt{\Delta_A^2 + \Delta_B^2} \quad (3)$$

其中 $\Delta_A = t_P(\nu) S_{\bar{x}} = \frac{t_P(\nu)}{\sqrt{n}} S_x$ ， $P=0.95$ 的部分 $t_P(\nu)$ （自由度 $\nu=n-1$ ）可以从表 I-4 中查出； $\Delta_B=\Delta_{\text{仪}}$ 。即：

$$\Delta = \sqrt{\Delta_A^2 + \Delta_{\text{仪}}^2} = \sqrt{\left(\frac{t_P(\nu)}{\sqrt{n}} S_x\right)^2 + \Delta_{\text{仪}}^2} \quad (4)$$

表 I-4 $P=0.95$ 时的 $t_P(\nu)$ 值

自由度 ν		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_P(\nu)$	$P=0.95$	12.71	4.30	3.18	2.78	2.57	2.45	2.36	2.31	2.26	2.23
自由度 ν		12	15	20	30	40	50	60	70	100	∞
$t_P(\nu)$	$P=0.95$	2.18	2.13	2.09	2.04	2.02	2.01	2.00	1.99	1.98	1.96

2. 间接测量量不确定度合成公式：

设 $\varphi = F(x, y, z, \dots)$ ，其中 x, y, z 相互独立，则

$$\Delta_{\varphi} = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 (\Delta_x)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2 (\Delta_y)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial z}\right)^2 (\Delta_z)^2 + \dots} \quad (5)$$

$$E_{\varphi} = \frac{\Delta_{\varphi}}{\varphi} = \sqrt{\left(\frac{\partial \ln F}{\partial x}\right)^2 (\Delta_x)^2 + \left(\frac{\partial \ln F}{\partial y}\right)^2 (\Delta_y)^2 + \left(\frac{\partial \ln F}{\partial z}\right)^2 (\Delta_z)^2 + \dots} \quad (6)$$

3. 最小二乘法直线拟合计算公式 (a 、 b 、 r 可以利用计算工具直接得出, 无需要手工计算)

由一系列测量数据(x_i, y_i) (其中 x_i 的测量误差相对较小, 可以忽略不计, $i=1, 2, 3, \dots, n$) 通过最小二乘法拟合最佳直线 $y=a+bx$ 时:

$$\text{斜率} \quad b = \frac{\bar{x} \cdot \bar{y} - \overline{xy}}{\bar{x}^2 - \overline{x^2}} \quad (7)$$

$$\text{截距} \quad a = \frac{\overline{xy} \cdot \bar{x} - \bar{x}^2 \cdot \bar{y}}{\bar{x}^2 - \overline{x^2}} = \bar{y} - b\bar{x} \quad (8)$$

其中定义:

$$\left. \begin{aligned} \bar{x} &= \frac{1}{n} \sum x_i \\ \bar{y} &= \frac{1}{n} \sum y_i \\ \overline{x^2} &= \frac{1}{n} \sum x_i^2 \\ \overline{xy} &= \frac{1}{n} \sum x_i y_i \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

拟合结果还应给出相关系数 r

$$r = \frac{\sum (\Delta x_i \cdot \Delta y_i)}{\sqrt{\sum (\Delta x_i)^2 \cdot \sum (\Delta y_i)^2}} \quad (10)$$

其中 $\Delta x_i = x_i - \bar{x}$, $\Delta y_i = y_i - \bar{y}$.

另外:

$$a、b \text{ 的标准偏差} \quad \frac{S_b}{b} = \sqrt{\frac{r^{-2}-1}{n-2}}, \quad S_a = S_b \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n}}$$

$a、b$ 的不确定度 $\Delta_b = t_P(\nu) S_b$, $\Delta_a = t_P(\nu) S_a$, 其中 $t_P(\nu)$ 中的 $\nu = n-2$.

若截距 a 取固定值 (如 $a=0$) 时

$$\frac{S_b}{b} = \sqrt{\frac{r^{-2}-1}{n-1}}, \quad t_P(\nu) \text{ 中的自由度 } \nu = n-1.$$