

大学物理实验 思考题及解答

严映律 张 晓 编
康积涛

西南交通大学出版社

大学物理实验

思考题及解答

严映律 康积涛 张 晓 编



西南交通大学出版社

(川) 新登字 018 号

内 容 提 要

本书根据大学物理课程指导委员会制订的《高等工业学校物理课程教学基本要求》，以目前在全国工院校本科物理实验教学中开设较为普遍的二十三个实验为主线，汇编了共计四百七十四个实验题目，并给予了较详细的解答。题目内容包括实验原理、实验仪器、实验操作方法、实验现象的理解与分析等几个方面。

本书可作为高等工院校本科物理实验教学参考书。

大学物理实验思考题及解答

严映律康积涛张 晓 编

西南交通大学出版社出版发行

(成都 九里堤)

新华书店经销

西南交通大学出版社印刷厂印刷

开本：787×1092 1/32 印张：6.125

字数：105 千字 印数：3500 册

1993 年 12 月第 1 版 1993 年 12 月第 1 次印刷

ISBN7—81022—634—7/O·053

定价：4.60 元

前 言

本书是为工科院校本科学生编写的大学物理实验教学参考书。全书内容以1987年大学物理课程指导委员会制订的《高等工业学校物理课程教学基本要求》为依据。所选的二十三个实验均为目前全国大多数工科院校普遍开设的实验。

全书共计四百七十四个题目。内容包括实验原理、实验仪器、实验操作方法、实验现象的理解与分析。为配合教学，书中还编入了“误差及数据处理”、“设计性实验”两个方面的题目。本书题目中所涉及到的实验仪器和实验现象力求具有普遍性。每一实验中的题目基本上按由易到难的顺序编排，且难易程度相差较大。本书注重实验技能、实验方法的掌握与灵活运用。

长期以来，为了不断提高教学质量，我们实验物理教研室的全体任课教师和实验技术人员，深入研究和讨论了实验中的许多问题，积累了大量的提供给学生思考的题目。我们精选了其中部分具有普遍性且能较好地体现教学重点和教学难点的题目，将其汇编整理成书。本书题目是教研室全体教师多年积累、不断改进、充实提高的结果，是集体的努力与智慧的结晶。我们编写此书的目的在于：(1) 丰富大学物理实验的课堂教学与课外教学；(2) 便于教师在教学过程中因材施教；(3) 引导学生分析和思考各种实验现象，掌握重要的实验方法，提高学生的基本实验技能；(4) 调动和发挥学生的主观能动性，为他们提供拓宽知识面的条件，提高学生学习物理实验的兴趣；(5) 促进我们同其它兄弟院校之间的工作交流。

本书第一～六、十三～十五、十九、二十、二十五部分由严映律同志编写；第七～十二、十六～十八、二十三、二十四部分由康积涛同志

编写，二十一、二十二部分由张晓同志编写并绘制全书插图。成都科技大学物理系王远程副教授、戴晴晖副教授、康宜副教授担任了全书的审稿工作。在本书的编写过程中，我们得到了本校袁玉辉教授的大力支持与帮助，同时参阅了许多兄弟院校物理实验教材中的思考题，在此一并表示衷心的感谢。

编写大学物理实验思考题与解答是我们的初步尝试，我们希望这本书能对物理实验教学质量的提高起到积极的作用。但由于编者理论水平有限，实践经验不足，加之成稿时间仓促，书中难免有许多疏漏和错误之处，恳请使用本书的老师和同学们批评指正。

编 者

1992年1月

于西南交通大学

目 录

思 考 题

一、✓误差及数据处理	1
二、✓长度及规则物体密度测定	5
三、薄透镜焦距的测定	8
四、电学预备实验	12
五、✓单摆法测定重力加速度	16
六、光栅衍射规律的研究	18
七、灵敏电流计的研究	21
八、示波器的调整与使用	25
九、✓杨氏模量的测定	29
十、液体粘滞系数的测定	32
十一、惠斯通电桥测电阻	35
十二、电位差计测电池电动势与内阻	38
十三、牛顿环测透镜曲率半径	41
十四、双棱镜测激光波长	46
十五、示波器测声速	49
十六、霍尔元件测量磁场	
十七、光电效应的研究	58
十八、迈克尔逊干涉仪	63
十九、固体折射率的测定	66

二十、全息照相	68
二十一、静电场模拟	71
二十二、热电偶标定	72
二十三、电子束的电偏转与磁偏转	74
二十四、氢原子光谱	76
二十五、设计性实验	78

解 答

一、误差及数据处理	82
二、长度及规则物体密度测定	88
三、薄透镜焦距的测定	90
四、电学预备实验	96
五、单摆法测定重力加速度	104
六、光栅衍射规律的研究	107
七、灵敏电流计的研究	112
八、示波器的调整与使用	115
九、杨氏模量的测定	118
十、液体粘滞系数的测定	123
十一、惠斯通电桥测电阻	125
十二、电位差计测电池电动势与内阻	131
十三、牛顿环测透镜曲率半径	136
十四、双棱镜测激光波长	143
十五、示波器测声速	147
十六、霍尔元件测量磁场	151
十七、光电效应的研究	154
十八、迈克尔逊干涉仪	159

十九、固体折射率的测定.....	163
二十、全息照相.....	166
二十一、静电场模拟.....	168
二十二、热电偶标定.....	169
二十三、电子束的电偏转与磁偏转.....	171
二十四、氢原子光谱.....	175
二十五、设计性实验.....	178

思 考 题

一、误差及数据处理

1—1 下列叙述中哪些是错误的？

✕(1) 有效数字必定由几位可靠数字和一位可疑数字组成。

✕(2) 物理量的真值就是用最精密仪器测得的数值。

✕(3) 系统误差只来自于实验仪器与设备，而且是固定不变的。

✕(4) 单次测量不存在偶然误差，所以结果表示成：

$$x = x_{\text{测}} \pm \frac{\Delta_{\text{仪}}}{\sqrt{3}} \quad (\text{按平均分布标准偏差估算})$$

(5) 合成不确定度 σ 表示物理量的真值落在 $[\bar{x} - \sigma, \bar{x} + \sigma]$ 范围内的几率约为 70%。

(6) 通常说的测量精度是指测量结果的相对误差的数量级。

✕(7) 落在 $[\bar{x} - 3\sigma, \bar{x} + 3\sigma]$ 范围以外的测量数据必定是错误数据。

✕(8) 测量次数越多，统计不确定度就越小，测量精度就必然提高。

(9) 仪器误差是指在正确使用仪器条件下，仪器示值与被测物理量真值间可能存在的最大误差。

(10) 最大误差是指在现行实验条件下可能出现的最大测量误差的绝对值。

1—2 指出下列各种情况属于偶然误差还是系统误差。

- (1) 视差；
- (2) 天平零点不在中央位置；
- (3) 游标卡尺零点不准；
- (4) 水银温度计毛细管不均匀；
- (5) 电表的接入误差。

1—3 用米尺测一长度两次，得测量数据 10.52 cm 和 10.54 cm，因此测量误差为 0.02 cm。该说法是否正确？为什么？

1—4 比较下列三个长度量的测量精度哪个最高？

- (1) $l_1 = (54.98 \pm 0.02) \text{ cm}$ ；
- (2) $l_2 = (0.498 \pm 0.002) \text{ cm}$ ；
- (3) $l_3 = (0.0098 \pm 0.0002) \text{ cm}$ ；

1—5 用单摆测重力加速度，得测量结果 $g_1 = (980 \pm 2) \text{ cm/s}^2$ ；用自由落体法测重力加速度，得测量结果 $g_2 = (982.1 \pm 0.6) \text{ cm/s}^2$ 。已知当地 g 的标准值 $g_0 = (979.792) \text{ cm/s}^2$ 。试从偶然误差及系统误差两方面对 g_1 和 g_2 作出评价，并指出哪个测量结果准确度高，哪个测量结果精密度高。

1—6 正态分布有哪些特点？并指出与其相应的物理意义。

1—7 下列各式中哪些属于正态分布函数的形式？

- (1) $f(x) = Ae^{-\frac{x^2}{2}}$ ；
- (2) $f(x) = Axe^{-\frac{x^2}{B}}$ ；

(3) $f(x) = Ae^{-B(x-c)}$; (4) $f(x) = Ae^{-Bx^2+cx+D}$.

(A、B、C、D 均为正常数)

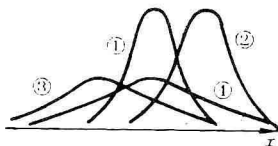
1—8 四位测量者分别对同一物理量进行多次测量，得到测量结果如下：

(1) $x = 3.0 \pm 0.1 \text{ mm}$; ①

(2) $x = 3.0 \pm 0.2 \text{ mm}$; ④

(3) $x = 3.1 \pm 0.1 \text{ mm}$; ②

(4) $x = 2.9 \pm 0.2 \text{ mm}$; ③



试定性指出这四个测量结果

分别与图 P1—1 中四条分布曲线哪一条对应？

图 P1—1

1—9 误差的性质在一定条件下是可以相互转化的。如制造尺子时，刻线分划误差属于偶然误差，但在用某一把尺子时，分划误差又属于系统误差。请你举出几个类似的例子。

1—10 发现系统误差有哪些常用方法？分别举例说明。

1—11 请改正下列表达式或叙述中的错误。

(1) $m = 0.1030 \text{ kg}$ 的有效数字位数共有 5 位。

(2) $l = 0.0036 \text{ m}$ 的有效数字是小数点后第 3 位。

(3) $d = 10.435 \pm 0.1 \text{ (cm)}$ 。

(4) $t = 8.6 \pm 4.5 \text{ (s)}$ 。

(5) $L = 12 \text{ km} \pm 100 \text{ m}$ 。

1—12 根据有效数字的物理意义及四则运算法则，计算下列各式的值。

(1)
$$\frac{30.189(1.003 + 0.0085)}{(4.013 + 6.1)(72.54 - 72.53)}$$
;

(2) 已知:

$$A = 38.206 \pm 0.001 \text{ (cm)}$$

$$B = 13.2187 \pm 0.0001 \text{ (cm)}$$

$$C = 101.25 \pm 0.01 \text{ (cm)}$$

$$D = 1.3242 \pm 0.0001 \text{ (cm)}$$

求: $\bar{N} = \bar{A} + 2\bar{B} + 3\bar{C} - 4\bar{D}$ 及 $\sigma_{\bar{N}}$ 。

1—13 设 $N = X^a Y^b Z^c$, $M = aX + bY + cZ$, 分别推导 σ_N/N 、 σ_M/M 与 σ_X/X 、 σ_Y/Y 、 σ_Z/Z 的相互关系, 以及 $\Delta N/N$ 、 $\Delta M/M$ 与 $\Delta X/X$ 、 $\Delta Y/Y$ 、 $\Delta Z/Z$ 的相互关系。

1—14 什么是等精度测量与非等精度测量? 分别举一例说明。

1—15 测量数据和测量结果有无区别和联系?

1—16 用一内阻为 $10\text{k}\Omega$ 的伏特表测量负载电阻 R_1 上的电压, 电路如图 P1—2 所示。伏特表量程为 6V , 精度级别为 1.0 级。问由于测量方法所导致的测量误差是多少? 如果伏特表内阻为 $1000\text{k}\Omega$, 此时主要的误差来自何处?

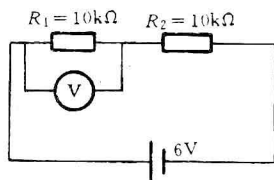


图 P1—2

1—17 选择作图用的直角坐标纸大小规格的原则是什么? 若在一张直角毫米坐标纸上作出下列数据组的 $P-V$ 曲线, 其坐标纸的大小规格应选为___。

$p(\text{atm})$	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00
-----------------	------	------	------	------	------	------

$V(\text{L})$	25.3	19.8	16.5	14.5	12.4	11.2
---------------	------	------	------	------	------	------

(A) $30 \times 100 \text{ mm}^2$; (B) $300 \times 1000 \text{ mm}^2$

(C) $100 \times 300 \text{ mm}^2$; (D) $200 \times 200 \text{ mm}^2$ 。

1—18 用作图法求一直线的斜率时,用公式 $k = (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1)$, 其中 $p_1(x_1, y_1)$ 、 $p_2(x_2, y_2)$ 应选为_____。

(A) 距离直线最近且在直线同侧的彼此相距较远的两数据点;

(B) 距离直线最近且在直线异侧的彼此相距较远的两数据点;

(C) 在直线上的两点且彼此距离较远。

1—19 逐差法的适用条件是什么?

1—20 最小二乘法也称回归法。根据一组测量数据 $\{x_i, y_i\}$ 用最小二乘法寻求线性方程 $y = a + bx$ 的方法即称为一元线性回归法。一元线性回归法不但可以解决线性问题,也可解决一些非线性问题。对于下列几种一元函数关系,试问如何用一元线性回归法求相应系数。

(1) $y = ax^2 + 2ax + b$; (2) $y = A \ln Bx + 1$;

(3) $y = \sin(\omega t + \varphi)$; (4) $y = Ax^B$;

(5) $a^2y^2 - b^2x^2 + a^2b^2 = 0$ 。

1—21 试分别用作图法、逐差法和最小二乘法处理题 1—18 中 $p-V$ 数据组并求出 μ 值。 p 、 V 分别为气体状态方程 $pV = mRT/\mu$ 中的气体压强和体积, μ 为气体的摩尔数。已知气体质量 $m = 110.00 \text{ g}$, 温度 $T = 47.0^\circ\text{C}$, 气体常数 $R = 8.21 \times 10^{-2} \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 。

二、长度及规则物体密度测定

2—1 用一测长仪器测量一物体长度时,测量数据的有

效数字位数与____、____及____有关。

2—2 用精度为 0.01mm 的螺旋测微计测长，测量数据能估读到____ mm，该螺旋测微计的精密螺纹间距____（能否）确定。

2—3 游标卡尺、螺旋测微计、天平需要特别注意保护的部位（件）分别是____、____、____。

2—4 天平指针上的配重物升高，天平灵敏度____（增高、降低）。

2—5 在未知天平平衡情况前，应将天平横梁升得____（高、低）一些，当天平基本平衡后，再将天平横梁____（降低、升高）。

2—6 TG71 型（标牌注分度值 10mg）天平能将所测质量估计（算）到____位。

A、10 mg； B、1 mg； C、0.1 mg。

2—7 公式 $M = M_1 - (e - e_0) S$ ，其中 S 是天平____（空载、负载）时的____（灵敏度，分度值）。

2—8 在天平指针摆动过程中，顺序读出奇数个指针位置以确定指针平衡位置的公式是 $e =$ ____。

2—9 用一量角器测角度，如图 P2—1 所示，其仪器精度为____，测量结果为____。

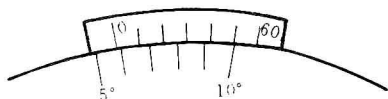


图 P2—1

2—10 请画出使用一游标卡尺（主尺最小刻度为 1mm，

精度为 0.05 mm, 游标系数为 1, 零差为零) 测长时, 与长度 12.25 mm 所对应的游标卡尺读数示意图。

2—11 根据游标系数 (模数) 的定义, 画出精度为 0.1 mm, 主尺最小刻度为 1mm, 游标系数为 2 的游标卡尺刻度示意图, 并说明卡尺精度是否与游标系数有关。

2—12 对零差为 -0.020 mm 的螺旋测微计 (主尺刻度 0.5 mm, 精度 0.01 mm), 请画出测量时与长度 5.100 mm 对应的读数示意图。

2—13 用卷尺、游标卡尺和螺旋测微计分别对同一物体长度进行测量, 得到数据分别为 $l_1 = 8.1\text{mm}$ 、 $l_2 = 8.12\text{mm}$ 、 $l_3 = 8.118\text{mm}$ 。问测量的最佳估值是否是 $\bar{l} = (l_1 + l_2 + l_3)/3$, 为什么?

2—14 证明复称法可消除天平的不等臂误差。

2—15 用天平测质量时, 一同学按下式估算统计不确定度。

$$S_{\bar{m}} = \sqrt{\frac{(m_1 - \bar{m})^2 + (m_2 - \bar{m})^2}{2(2-1)}}$$

其中 m_1 、 m_2 分别为物体放置于左盘和右盘时天平测出的质量, $\bar{m} = \sqrt{m_1 m_2} \approx (m_1 + m_2)/2$ 。试指出其错误所在。

2—16 用天平测质量的另一种常用方法是定载法。以最大称量为 500g 的物理天平为例, 具体测量方法是: 将最大的 500g 砝码放在左盘, 其余砝码放在右盘; 调整好天平零点; 在右盘中取出一定量砝码并放上待测物; 调整天平平衡并测出灵敏度。最后由右盘中取出的砝码质量总和即为物体质量。试分析这种测量方法的正确性及其优点。

2—17 游标卡尺、螺旋测微计通常不允许用于测量金属铸造件、锻压件的毛坯尺寸，这是为什么？

三、薄透镜焦距的测定

3—1 有凸透镜及凹透镜放在一起，欲选出凸透镜，可以_____。

- A、用手摸，凸透镜中央比边缘厚；
- B、能聚焦阳光（或灯光）的是凸透镜；
- C、使远方物体成虚像的是凸透镜；
- D、用眼睛看透镜后的物体，能看清的是凸透镜。

3—2 用点光源测薄透镜焦距时，应使点光源位于透镜的主光轴附近。如果点光源距主光轴较远，则_____。

- A、像模糊不清；
- B、像是清楚的，但不能用公式 $u^{-1}+v^{-1}=f^{-1}$ 计算；
- C、像是清楚的，且能用公式 $u^{-1}+v^{-1}=f^{-1}$ 计算。

3—3 下列几样物品，哪样适宜用作接收实像的屏？

- A、白色纸板；
- B、黑色纸板；
- C、透明玻璃板；
- D、镜子。

3—4 单透镜同轴等高调整的要求是使_____调在透镜的主光轴上。

- A、物上某一点；
- B、像屏十字线交点；
- C、物上某一点与像屏十字线交点。

3—5 用凸透镜辅助法测凹透镜焦距时，设物上某一点 P 已调到凸透镜的主光轴上。物点 P 的像为 P' 点。那么凹透

镜与凸透镜同轴等高的判别标准可以是_____。

A、放入凹透镜后，仍能获得清晰的像；

B、放入凹透镜前后，屏上像点 P' 位置不变，且屏的位置也不改变；

C、放入凹透镜前后，像点 P' 在屏上的位置不随屏的位置变动而变动。

3—6 用凸透镜辅助法测凹透镜焦距时，凹透镜必须放在_____。

A、凸透镜像方的一倍凸透镜焦距处；

B、凸透镜像方的任意位置；

C、凸透镜像方，处于凸透镜与凸透镜所成实像之间，与实像的距离小于凹透镜焦距。

3—7 判断点光源是否在凸透镜主光轴上的标准是_____。

A、成像清晰；

B、物、像等大；

C、屏上两共轭像点重合。

3—8 本实验中，在光具座上读出的数据是_____。

A、两光学元件间的距离；

B、光学元件正中心的坐标；

C、与光学元件正中心坐标有一固定距离的坐标。

3—9 自准直法测凸透镜及凹透镜焦距实验中，为什么要求平面镜应尽可能地靠近待测透镜？

3—10 实验观察可以证明：凸（凹）透镜在有箭孔的物屏前移动时，当透镜与屏间距离为某一值时，屏上会出现一个箭孔的倒立实像。请你说明此像的来历及透镜与屏间的距离和透镜的几何性质有什么关系。