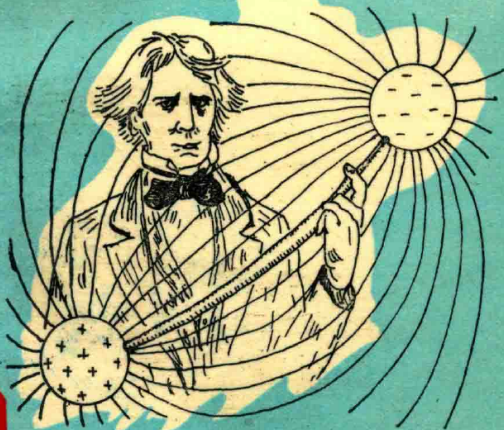


北京四中高中选修课教与学丛书 北京四中教学处



$$\begin{aligned} \operatorname{div} \vec{E} &= S : \operatorname{div} \vec{H} = 0 \\ \operatorname{curl} \vec{E} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \\ \operatorname{curl} \vec{H} &= \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + S \frac{\vec{H}}{c} \end{aligned}$$



高中物理选修实验课本

育 科学出版社

北京四中高中选修课教与学丛书

高中物理 选修实验课本

刘彬生 编著

教育科学出版社

(京)新登字第 111 号

高中物理选修实验课本

刘彬生 编著 责任编辑 刘 进

教育科学出版社出版、发行

(北京·北太平庄·北三环中路46号)

各地新华书店经销

北京顺义燕华印刷厂印装

开本：787毫米×1092毫米 1/32 印张：5.25 字数：110千

1993年9月第一版 1993年9月第一次印刷

印数：00,001—10,500册

ISBN 7-5041-1201-1/G·1158

定价：3.10元

前 言

随着我国教育的不断深化，课程改革作为学校教育改革的突破口，已越来越被人们所重视。由必修课、选修课、活动课构成的课程观也被人们所承认。国家教委制定的高中课程《调整意见》已正式把选修课、活动课列入高中教学课程之中。选修课作为高中教学课程，对学生个性特长的发展起着独特的作用，是必修课、活动课所不能替代的。开好选修课对中学教育教学改革、对未来人才的培养有着重大的意义。

我校从1984年开设选修课，至今有近十年的历史。在开设选修课的过程中，我们明确提出选修课的任务是：培养学生兴趣、拓宽学生视野、提高学生能力、发展学生特长。同时，我们深深感到教材建设已影响到选修课的设立和发展，成为迫在眉睫的任务。于是我们鼓励教师在教学实践中不断积累经验和资料，编写符合中学教学实际、又有四中特色的选修课教材。我们认为，由具有丰富教学实践经验的教师编写出的教材，更具有实用性和实效性。于是我们请开设选修课多年且教学效果比较好的教师，把自己使用的讲义进行加工整理，编辑成册。教育科学出版社给予大力支持，出版了这套《北京四中选修课教与学丛书》。

本书作者刘彬生是高级教师，从教四十年，致力于中学物理实验的研究，在物理实验教学改革和辅导科技活动方面积累了丰富的经验。从1989年起，刘彬生老师在我校开设了物理实验选修课，自己编写系统的教材，以翔实的内容、知识与技术密切结合的特点和严谨的教学风格，使学生具备了较高的实验

能力和素养。我校学生在北京市、全国和国际物理奥林匹克竞赛中取得了比较好的成绩，这离不开刘彬生老师在辅导学生物理实验方面所做的很有成效的工作。

我们希望本书对广大读者能有所帮助。欢迎广大读者给予指正。

我们十分感谢教育科学出版社的大力支持。

北京四中教学处

1993年4月

说 明

目前，我国高中物理课中理论知识相当充实，学生在解题方面也有大量的练习，所存在的问题是实验做得太少，且要求偏低，使学生在能力与知识上形成严重的缺陷。这与为经济建设培养高水平的人才、参与世界性的科学技术竞争的要求是不相适应的。有鉴于此，我校自1989年起开设了物理实验选修课，自编讲义，进行系统的教学，提高学生的实验素养，培养科学思维和工作方法，以及分析解决实际问题的能力。几年的实践证明，选修本课的各届学生升入大学后，在实验知识和技能上都具备了优于一般的基础，对从事科学实验和技术工作有较高的兴趣和自觉性。其中有些优秀学生经过进一步培训后，在全国和国际中学生物理奥林匹克竞赛中获奖。

本书在物理实验选修课讲义的基础上，选其典型内容经过修改、充实写成。本书密切结合高中课程的理论知识，适当拓宽加深，并借鉴了理工科大学普通物理实验的一些内容和竞赛试题，编成中学生感兴趣和易于接受的实验，使用的仪器基本是高中大量配备的。全书共有44个实验，分为基本操作实验、训练性实验和提高能力的设计性实验，并附有若干选作实验课题。所选内容以学科性实验为主，也联系一些技术知识，如数字电路入门和对生活及生产用具的检测、研究等。每个实验各有侧重点，体现不同的实验思想和技术。有关实验的理论知识（如误差、有效数字、数据处理、实验设计、实验条件选择等）写成12讲，配合相关的实验分散编排。总体编排上力

求由浅入深、循环上升、便于教学。

本书供高中一、二年级连续使用，共需60~80课时，可根据具体条件对内容取舍和调整。另有实验报告册和本书配套使用，实验理论知识的习题、每个实验的总结和进一步分析都编在报告册中。本书也可作为物理奥林匹克学校的参考教材。

由于水平有限，难免有错误和不当之处，恳切希望读者指正。

编者

1993年4月

目 录

绪论

第一讲 直接测量结果的有效数字

- (2)
- 实验一 螺旋测微仪器..... (4)
- 实验二 用平衡法测定滑动摩擦系数..... (7)
- 实验三 给杆秤刻度..... (9)
- 实验四 物理天平..... (10)

第二讲 误差 (16)

- 实验五 测定物质的密度..... (18)

第三讲 间接测量结果的有效数字

- (20)
- 实验六 游标测微仪器..... (22)

第四讲 用图线法处理数据 (一)

- (26)
- 实验七 在气垫导轨上测定即时速度和加速度..... (29)
- 实验八 测定弹簧的倔强系数..... (36)

第五讲 用逐差法处理数据 (39)

实验九	用打点计时法测定重力加速度·····	(42)
实验十	在匀变速运动状态下测定滑动摩擦 系数·····	(45)
实验十一	验证机械能守恒定律·····	(46)
实验十二	用频闪效应测定转速·····	(47)
实验十三	验证向心力公式·····	(50)

第六讲 误差的合成、误差分析的应用

·····	·····	(51)
实验十四	用单摆测定重力加速度·····	(53)

第七讲 用图线法处理数据 (二)、

·····	处理数据方法的总结·····	(55)
-------	----------------	------

实验十五	研究弹簧振子的振动周期、测定惯 性质量·····	(61)
实验十六	用共鸣法测定声速·····	(63)

第八讲 热学实验的基础知识 ····· (67)

实验十七	研究气体的等压变化·····	(68)
实验十八	验证焦耳定律·····	(70)
实验十九	研究冷却规律·····	(71)

第九讲 电学实验的基础知识 (一)

·····	·····	(73)
实验二十	制流电路和分压电路·····	(78)
实验二十一	用几种方法测定电阻·····	(81)

- 实验二十二 测定铜的电阻率..... (83)
- 实验二十三 用微安表装配毫安表..... (86)
- 实验二十四 用微安表装配欧姆表..... (87)

第十讲 实验设计 (90)

- 实验二十五 用放电法测定电容..... (92)
- 实验二十六 钨丝灯泡伏安特性的研究和应用
..... (95)
- 实验二十七 用惠斯通电桥测定电阻..... (96)
- 实验二十八 装配热敏电阻温度计..... (98)
- 实验二十九 用补偿法测定电压、电势差计
..... (101)
- 实验三十 观测二极管的伏安特性..... (104)
- 实验三十一 测定磁感应强度..... (106)
- 实验三十二 测定电子的荷质比..... (108)
- 实验三十三 直流电动机..... (111)

第十一讲 电学实验的基础知识 (二) (115)

- 实验三十四 装配日光灯..... (119)
- 实验三十五 用阻抗法测定电容和自感系数
..... (120)
- 实验三十六 示波器的应用..... (121)
- 实验三十七 电学黑盒子..... (123)
- 实验三十八 组装三极管放大电路..... (125)
- 实验三十九 用二极管和继电器做逻辑控制
..... (127)

实验四十 集成门电路及其应用.....(129)

第十二讲 光学实验的基础知识(134)

实验四十一 用几种方法测定折射率.....(137)

实验四十二 测定薄凹透镜的焦距.....(141)

实验四十三 组装望远镜模型并粗测放大率
.....(144)

实验四十四 用双缝干涉测定光的波长.....(145)

选作实验.....(148)

(二) 基础实验基础理论及实验 共一十课

绪 论

物理学是以实验为基础的科学。物理概念的形成、规律的发现和理论的建立都有赖于实验，并且要受实验的检验。

在选修实验课中，要比较系统地学习实验理论和技能，运用物理知识解决实际问题，加深对概念和规律的理解，掌握科学的思想和工作方法，养成认真负责、实事求是的作风。这不仅对爱好物理的同学，而且对准备从事其他科学技术工作的同学，都是必要的基础训练和发挥创造才能的天地。

通过学习，将逐步达到以下较高的要求：

1. 熟练掌握常用的仪器。对不熟悉的仪器能借助说明书来使用它。会检查和排除实验中常见的、简单的故障。
2. 掌握学到的绝大部分物理量的测量方法和同一个物理量的不同测量方法，对基本的和一些现代的测量方法有所了解。
3. 养成用有效数字记录测量数据和进行运算的良好习惯。
4. 掌握处理数据的多种方法，重点是图线法。初步学习用计算机处理数据。
5. 会分析实验误差并做简单估算。能选择最佳的实验方法和条件来减小或消除误差。
6. 具备一定的设计实验的能力。能以正确的实验思想为指导，采用恰当的实验方法完成课题。能抓住要点安排简捷合理的实验步骤。
7. 能对实验结果作出分析和评价，提出改进方案或相关的新课题。
8. 会写出合格的实验报告。

第一讲 直接测量结果的有效数字

测量是科学实验的最基本手段。任何一个物理量都不可能确切地测出它的真值 N_0 。测量值 N 与真值 N_0 的差叫测量误差，用绝对值表示时叫绝对误差 ΔN ， $\Delta N = |N - N_0|$ 。绝对误差的大小通常按它的最大可能或出现几率最大的范围来确定。

对于直接测量结果，习惯上使误差只存在于末一位数中。初学时先只考虑人的读数误差。例如用分度值1mm的尺测一个精加工的金属块长度 l ，毫米的下一位数是估读的，限于人的分辨能力，误差至少有0.1mm，当尺的刻线较粗、照明不佳时，误差可达到0.3mm。如果读出 $l = 70.8\text{mm}$ ，则末位数“8”是有误差的，但这个数对表示测量结果还是起作用的、有效的。

有效数字是由若干位准确数字和最末一位有误差的数字组成的。例如0.056W、70.8mm和43.00g分别是二、三、四位有效数字。

由于仪器分度方法、测量条件和测量要求的多样性，所以估读的粗细和误差的大小要按具体情况确定。例如一物体放在物理天平左盘中，右盘加65g砝码，游码 A 放在0.34g刻线，横梁静止时左侧稍有下倾，见图1.1甲，将游码移到0.36g刻线，横梁静止时右侧下倾较多，见图1.1乙，若不需要精确结果，就将物体质量取为 $m = 65.34\text{g}$ ，这个数的误差不会超过1/2分度即0.01g。又如图1.2所示的伏特表，若分格大、刻线细、指针也细，使用0—2V量程时指针示 a ，可估读到1/10分度即0.01V，由

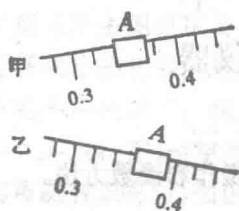


图 1.1

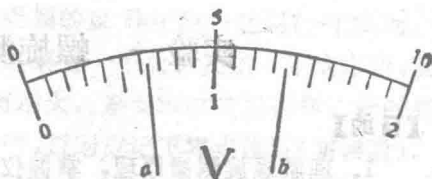


图 1.2

于视线很难垂直度盘,误差也取 $1/10$ 分度,结果为 $U_a=0.63V$ 。若分格较小、刻线较粗,则只能估读到 $1/5$ 分度,误差也取 $1/5$ 分度,使用 $0-10V$ 量程时误差取 $0.1V$,当指针示 b 时,结果为 $U_b=6.8V$ 。

直接测量结果必须按有效数字记录,并且写出单位。前述各例就是按此规则写的。当读数恰好为某一整数时,例如图1.2中指针恰好指 $2V$ 刻线,应写为 $2.00V$,因为误差为 $0.01V$,按规则必须补写“0”到误差所在的位。若写成 $2.0V$ 就表明误差至少有 $0.1V$,若写成 $2V$ 则表明“2”就是有误差的数,显然都与测量的实际准确程度不符,表述了错误的信息。

只写出结果如 $l=70.8mm$,并不能知道误差有多大,完整地表示还应注明误差。读数可能比真值偏多也可能偏少,误差具有偶然性(随机性),要在误差值前加“ \pm ”号,如前文中首例,若误差 $\Delta l=\pm 0.2mm$,则写为 $l=70.8\pm 0.2mm$,末例写为 $U=2.00\pm 0.01V$ 。

改换单位不影响有效数字的位数。很大和很小的数要用科学记数法。如 $9.5mA$ 化为 $0.0095A$ (或 $9.5\times 10^{-3}A$)、 $9.5\times 10^3\mu A$

都仍是两位有效数字，若写成 $9500\mu\text{A}$ 就错为四位有效数字了。

实验一 螺旋测微仪器

【目的】

1. 理解螺旋测微原理，掌握仪器的操作和读数方法。
2. 学会检查、判定和修正零点误差。

【器材】

外径千分尺，球径计，读数显微镜，金属圆柱，铁丝，头发，球面玻璃，毫米刻度尺。

【原理】

螺旋机构不仅用于紧固、起重，还能实现微调(如水龙头)和测微。千分尺是最常用的测微量具，以它为例说明螺旋测微的一般原理。千分尺的可动部分剖面图见图1-1，测杆A后半段为精密制造的小螺距单头螺纹B，与固定的螺母配合。测杆转动时，将微小的沿轴向的直线位移转化为相应的角位移，并放大为微分筒C的较长圆周上的弧线位移显示出来，从而测出几十微米或更小的长度值。

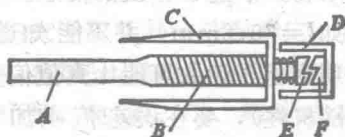


图 1-1

【仪器介绍】

1. 千分尺 课本中已有叙述，补充如下。保护螺纹的操

作法：当测杆接近测砧时，要缓慢转动小旋钮D，靠它内部一对斜齿轮（棘轮）E、F间的静摩擦力带动测杆旋转前进。测杆接触测砧后产生测量压力，测杆受到的反作用阻力达到7~10N时，再转动小旋钮棘轮就打滑，每跳过一个齿就发出一下撞击声，测杆就不再前进了，压力不再增大，避免螺纹变形损坏。此时要检查零点，图1-2甲是正确的，否则应记下零点读数（初读数），它可能有正有负，如图1-2乙为+0.026mm、丙为-0.012mm。

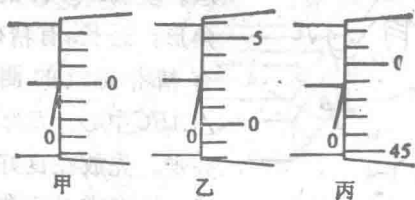


图 1-2

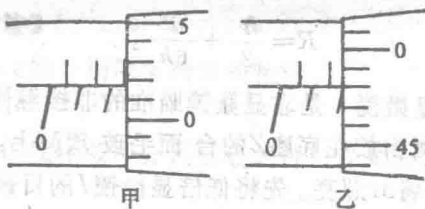


图 1-3

测量物体时仍应当旋转小旋钮去夹持被测物，听到棘轮声即止，此时测量压力和“对零”时相同，保证了测量的准确性。记下测量读数（末读数），则测量结果=末读数-初读数。注意，当读数非常接近主尺整毫米或半毫米刻线时，应以微分筒示值是否过零确定该刻线应否读出。如图1-3甲，微分筒已过零，应读出“2.5

mm”这条刻线，读数为2.517mm；图1-3乙微分筒未过零，不应读出“2mm”这条刻线，读数为1.980mm。测杆、测砧相对的端面叫工作面，是光洁度和平行度很高的金属“镜面”，应防止被划伤、磨损，所以不允许将被测物夹在两者间转动。用毕要使工作面间留些空隙，放回盒中保存。

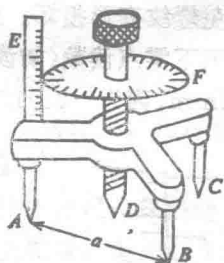


图 1-4

使D与A、B、C同时接触玻璃面，检查零点读数。测量时将三个脚支在球面上，旋转测杆使D也恰好接触球面，得到测量读数，它与零点读数的差为 h 。计算球面曲率半径 R 的公式是

$$R = \frac{h}{2} + \frac{a^2}{6h}$$

3. 读数显微镜 是靠显微镜瞄准的非接触性量仪，如图1-5所示。被测物放在底座Z的台面毛玻璃M上，可用小钮F旋转台内反光镜将M照亮。先将低倍显微镜J的目镜A中十字叉丝对准待测物上 a 点，由主尺C（分度值1mm）和微分筒W（分度值0.01mm）得到初读数 x_1 。再转动手柄B，通过固定台D内的精密螺杆旋转，使螺母带动滑块H和显微镜水平移动，让叉丝对准待测物上 b 点，得到末读数 x_2 。 a 、 b 两点同在与显微镜移动方向平行的轴线 x 上，所以长度 $ab = x_2 - x_1$ 。传动的螺杆与螺母配合不是绝对紧密的，这种间隙会造成“空转”误差，测量时必须始终向同一方向转动微分筒W才可避免。