

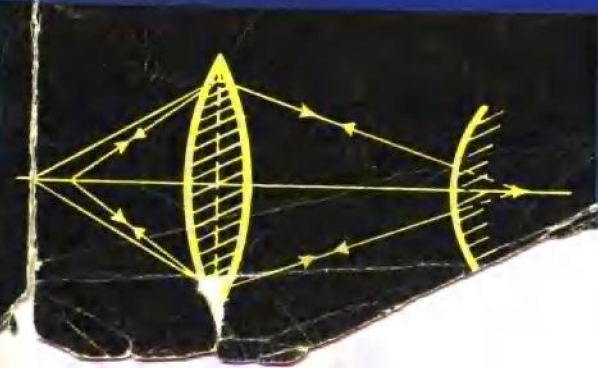
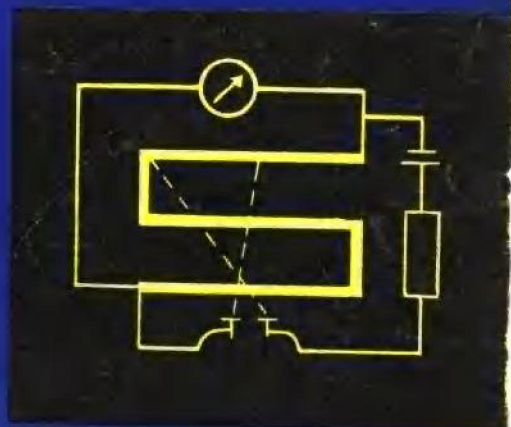
英国 A 级中学

现代物理实验 [选译]

H·J·艾弗里 A·W·K·英格拉姆著

俞贵中 贝 铮 译

福建教育出版社



英国A级中学
现代物理实验
(选译)

[英]J.H.艾弗里, A.W.K.英格拉姆著

俞贯中 贝 铮 译

福建教育出版社

**英国 A 级中学
现代物理实验（选译）**

〔英〕 J. H. 艾弗里, A. W. K. 英格拉姆 著
俞贯中 贝 铮 译

*

福建教育出版社出版
福建省新华书店发行
福州第二印刷厂印刷

*

787×1092毫米 1/32 10 印张 208 千字

1983 年 12 月第一版 1983 年 12 月第一次印刷

印数: 1 — 3,900

统一书号: 7159·864 定价: 0.90元

译 者 的 话

这是一本根据A级中学的教学大纲编写的实验参考书。内容丰富，在实验设计和数据处理方面都有其独特之处。

由于我国学制和英国学制不完全相同，英国的A级中学相当我国高中，此书部分内容接近普通物理的水平。考虑到我国高中的实际情况，我们选译了这本书。原书分九部分，第一部分是绪言（总说明、测量和误差、图象法）我们全译了，其中图象法一章最为精彩。本书实验大多数用图象法处理数据，在我国中学物理实验中，以图象法处理数据用得较少，所以很值得借鉴。第二部分至第八部分依次是力学和物性、热学、光学、声学、电学、电子学、辐射等，共56章，199个实验。根据我国现行中学物理教学大纲和现有的教学实验设备情况，我们选译了116个实验。最后一部分是练习和问题。我们译了初级问题和高级问题两章，其中一部分是联合考试委员会命题的入学试题。这类题目的命题方式也是值得借鉴的。正如书中说的，这些问题不仅要求学生掌握实验的基本的标准方法，还要有创造性。

书中提到某些个别器材的名称、型号是英国的，我们在实验中可以用国产的相当的器材代替。我想这不会影响这本书的长处和参考价值。

本书是根据1976年修订版选译的。译文不当之处，欢迎读者批评指正。

译 者

1983.2.15于上海

前 言

国际制单位的引进，电磁学设备的更新，卡路里的抛弃，加之科学和工业中米制化，有必要重写我们早期的著作：

“物理实验”和“现代物理中的实验作业”。我们将两本书合成一本，从学生的观点上来说更为重要。在重写过程中，我们删去了与现行教学大纲无关的材料，增加新的实验，并更改了陈述的次序。另外，我们重新检查了全部被采用的方法，和修改所有需要修改的细目。假使在某些情况中我们显得过于保守，这是因为我们知道有许多读者有兴趣寻找这些保留的材料。对于某些基本作业的详细处理，在世界上发展中国家里尤其觉得是需要的。

新的材料包含关于温标的进一步的作业，以及干涉、滞后现象、交变电流、阴极射线示波器和半导体。技术规格在需要更改的地方已更新，现在都以米制规范化。在我们的著作中有关单位、符号等是根据科学教育协会出版的《学校科学中使用的国际制单位、标志、符号和缩写字母》编写的。

感谢我们的许多朋友提出建议和批评，特别是阿瑟·艾博特先生的建设性意见。最后感谢海纳曼教育出版社编辑部全体人员，他们给我们珍贵的帮助和忠告。

J. H. 艾弗里

A. W. K. 英格拉姆

目 录

总说明	(1)
测量和误差	(4)
图象法	(18)
实验	
1. 用单摆测定自由落体的加速度	(37)
2. 研究一根金属丝的弹性	(38)
3. 鉴定给定的螺旋弹簧是否遵从胡克定律	(40)
4. 用竖直的弹性的钢质弹簧测定自由落体加速度	(42)
5. 测定钢琴金属弦材料的杨氏模量	(44)
6. 测定钢球在钢板上弹跳的恢复系数	(46)
7. 验证力的矢量加法的平行四边形法则	(48)
8. 验证力的矢量加法的多边形法则	(50)
9. 测定同向平行力的合力和验证力矩原理	(50)
10. 测定两木质表面之间的静摩擦系数	(52)
11. 测定两木质表面之间的滑动摩擦系数	(53)
12. 测定滑轮系统的效率	(54)
13. 测定螺旋起重器的效率	(55)
14. 用塞尔扭秤测定液体的表面张力	(56)
15. 用测量液体在毛细管中上升的高度来测定液体的表面张力	(58)

16. 研究冷却、牛顿冷却定律…………… (61)
17. 用混合法测定黄铜比热…………… (64)
18. 测定冷却修正量…………… (66)
19. 用冷却法测定液体比热…………… (69)
20. 用电学方法测定水的比热…………… (72)
21. 用恒流量热器测定水的比热…………… (74)
22. 用画冷却曲线的方法测定萘的熔点…………… (78)
23. 当仅可利用一小部分物质时测定它的熔点… (80)
24. 测定水在不同温度时的蒸汽压力…………… (81)
25. 测定不同温度下乙醚的蒸汽压力…………… (82)
26. 测定空气的绝对湿度…………… (84)
27. 测定 0°C 时冰的溶解热…………… (85)
28. 测定 100°C 时水的汽化热…………… (87)
29. 用亨宁法测定水的汽化热…………… (88)
30. 测定黄铜的线膨胀…………… (90)
31. 用密度瓶测定玻璃瓶内液体平均视膨胀系数…………… (93)
32. 用马西森法测定水的视膨胀系数…………… (94)
33. 用“平衡柱”法测定液体的实膨胀系数…………… (97)
34. 研究气体在恒压条件下, $0-100^{\circ}\text{C}$ 的范围内体积和温度的关系…………… (99)
35. 测定在恒压下空气的膨胀系数…………… (100)
36. 恒体积空气温度计的使用…………… (102)
37. 当作温度计的热敏电阻的使用…………… (104)
38. 用像和物体重合的方法测定凹面镜的曲率半

径, 从而测定焦距.....	(107)
39. 用共轭点法测定凹面镜焦距.....	(109)
40. 验证会聚面镜的牛顿方程.....	(112)
41. 用附加平面镜方法测定凸透镜焦距.....	(113)
42. 用共轭点法测定凸透镜的焦距.....	(114)
43. 验证凸透镜的牛顿方程.....	(116)
44. 用位移法测定凸透镜的焦距.....	(118)
45. 验证两个薄透镜接触组合的焦距公式	
$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$	(120)
46. 测定凸透镜的放大率.....	(120)
47. 用附加凸透镜的方法测定凸面镜焦距.....	(122)
48. 用共轭点方法测定凸面镜的焦距.....	(124)
49. 用附加凸透镜的方法测定凹透镜的焦距.....	(125)
50. 用辅助凹面镜测定凹透镜的焦距.....	(126)
51. 用共轭点测定凹透镜的焦距.....	(127)
52. 用博伊斯方法测定透镜表面的曲率半径.....	(128)
53. 测定入射光穿透玻璃片的百分率.....	(130)
54. 研究光电池产生的电流和入射光强度之间的 关系.....	(131)
55. 用实深和视深的方法测水的折射率.....	(134)
56. 用凹面镜测定液体的折射率.....	(135)
57. 用测量临界角的方法测定水或其他透明液体 的折射率.....	(136)
58. 用分光计测定棱镜玻璃的折射率.....	(138)

59. 用分光计研究光线通过棱镜产生的偏向…… (143)
60. 研究杨氏干涉效应…… (146)
61. 用牛顿环方法测定长焦距凸透镜的表面曲率
半径…… (149)
62. 用双棱镜法测定钠黄光的波长…… (151)
63. 用衍射光栅测钠黄光的波长…… (154)
64. 气体放电管发射光谱的研究…… (155)
65. 验证弦的振动定律…… (156)
66. 用共振管和一个音叉测定空气中的声速…… (160)
67. 测定空气中的声速和谐振管的修正值…… (162)
68. 用尘管测定空气中声速…… (164)
69. 测定给定声源发出声音的频率…… (167)
70. 用记时法测定音叉的频率…… (167)
71. 用多孔发声器测定声源的频率…… (169)
72. 用磁强计研究通过长直导线的电流产生的磁
场…… (171)
73. 测定正切电流表的减缩系数…… (174)
74. 用正切电流表测定地磁场磁通密度的水平强
度…… (178)
75. 用“ $\text{ctg}\theta$ 和 R ”方法测正切电流表的电阻
…… (179)
76. 用代换法测定未知电阻…… (181)
77. 用伏特表测定电池或电池组的内电阻…… (182)
78. 测定电流表的电阻和电流灵敏度…… (184)
79. 用惠斯通电桥测定未知电阻…… (186)

80. 由电桥元件构成的电阻箱的原理的实验…… (189)
81. 用电桥用的电阻箱测未知电阻…… (192)
82. 用电桥用的电阻箱测定电流表的电阻…… (194)
83. 用电桥用的电阻箱测定电池的内阻 (曼斯法) …… (196)
84. 测定金属丝材料的电阻率…… (196)
85. 研究电灯泡的电阻和所加电压之间的关系… (197)
86. 研究 (i) 金属灯丝和(ii)碳灯丝的灯泡电阻的温度效应…… (198)
87. 测定电阻的温度系数…… (200)
88. 用电位计比较丹聂耳电池和勒克朗谢电池的电动势…… (202)
89. 用电位计测定电池的内阻…… (209)
90. 用电位计比较两个接近相等的电阻…… (211)
91. 测定铜—康铜热电偶的电动势…… (214)
92. 用电位计校正安培表的刻度…… (216)
93. 研究电灯泡的效率和电源电压的关系…… (213)
94. 验证最大功率定理…… (220)
95. 用弦音计测定交流电网的频率…… (222)
96. 用梅尔特方法测定交流电源的频率…… (225)
97. 用已知电容测定交流电源的频率…… (228)
98. 测定空芯螺线管的电感…… (229)
99. 研究下列三种情况下交流电源的频率和电路阻抗的关系: (i)纯电阻, (ii)纯电感, (iii)纯电容…… (232)

100. 研究下列三种特殊情况下交流电源的 频率
和阻抗的关系
- (i) 纯电阻和纯电感 串联
 - (ii) 纯电阻和纯电容 串联
 - (iii) 纯电感和纯电容 串联..... (233)
101. 演示交流电路中的滞后和超前..... (235)
102. 研究通过金属整流器的电流和施加电压之
间的关系 (238)
103. 测定阴极射线示波管的电压灵敏度, 使用
阴极射线管当作交流电压表 (241)
104. 用阴极射线示波管比较两个同相电压..... (244)
105. 用在阴极射线示波管的荧光屏上产生图形
踪迹的方法测定交流电源的频率 (246)
106. 用阴极射线示波管演示金属整流器的特性
..... (248)
107. 简易阴极示波器的应用..... (249)
108. 研究小电流型锗两极管的性质..... (253)
109. 测定齐纳两极管的特性..... (254)
110. 用阴极射线示波器演示齐纳两极管的特性
曲线 (255)
111. 研究 PNP 型三极管的集电极-基极的漏
电流 (257)
112. 研究 PNP 型晶体管的发射极-集电极的漏
电流 (258)
113. 研究集电极电流-发射极电流的特性和

PNP 型晶体管基极接地时的电流增益……	(260)
114. 研究集电极电流-基极电流的特性以及 PNP 面结型晶体管发射极接地时的“电 流 增益” ……………	(261)
115. 研究 PNP 面结型晶体管基极接地时集电 极电流-集电极电压的特性……………	(263)
116. 研究 PNP 面结型晶体管发射极接地时集 电极电流-集电极电压的特性……………	(265)
初级问题 ……………	(268)
高级问题 ……………	(302)
练习答案 ……………	(303)

总 说 明

如何使用这本书

实验介绍

描述实验所采用的方式通常分下列五个部分：

〔标题〕 陈述所研究的原理，或被测定的量（用黑体字印）。

〔仪器〕 所需仪器的清单。常用的设备，如天平、米尺、导线等等，一般不列入。

〔原理〕 通常这段话写得比较简短，只是重温有关的理论。在某种情况中根据我们的经验认为需要作更多说明以帮助读者理解的话，就写得比较详细。

〔步骤〕 这里给出实验过程的实际说明。

〔记录和计算〕 在这一部分，常常提出一些建议，如观测结果如何记录在笔记本上。这些建议决不是必须做的，假使另有不同的记录方式更好的话，可以抛弃。任何在计算中需要的指导也在这部分中给出。

实验须知

仔细阅读实验的标题，做到正确地领会它的意义是什么。这是一本实践书。它帮助你回忆起理论的要点，而不想完整地讨论理论。假使你不熟悉有关实验的理论内容，在开始实验之

前，你必须设法获得这些知识。因而在引入某一公式或表示式时，经常使用“可以证明”这句话，假如你不知道的话，应该把这句话看作要你弄清楚如何证明。

从头到尾阅读有关实验的全部内容，使你清楚了解必须做什么，必须采取什么预防措施，和必须做哪些记录。

检查所使用的仪器，假使你对仪器有疑问的话，请求教师说明。

按所给的次序完成实验操作，记住这本书不是写给没有理解全部实验而机械地一步接一步盲目操作的人看的。

实验时用钢笔在你的笔记本上记下所有观测的结果。

实验完成后，收拾仪器，放回适当的地方。

实 验 笔 记

你做的所有记录必须保留在你的实验笔记本中。每一个实验记录应从新的一页开始，一般由五个部分组成：

1. 标题和实验日期。
2. 观测记录。
3. 计算。
4. 关于实验方法的叙述，并附插图。在电学实验中要画电路图。
5. 实验结果的陈述，包括误差范围。

我们依次来说明这五个部分内容：

1. 标题应该是实验目的简要陈叙，并用简短语言指明所用的实验方法。实验日期是标题的重要部分。

2. 观测的结果应该在你做实验的同时用钢笔记在你的笔

记本上。这一点要求并不算过分。使用一张零碎的草稿纸和铅笔作记录，是大大不适合的，理由是：

(i) 浪费时间，因为所有观测结果必须列入最后记录。

(ii) 这较马虎、潦草，可能引起混乱。

(iii) 会导致不科学的工作方法。这就给你一个机会选择所记录观测的结果，你总认为自己所选择的观测结果要比舍弃的好——实际上这种选择是毫无理由的。通常这种选择的动机是为了得到一个正确的答案——不管它意味着什么。记住你所测量的结果并没有所谓“正确的答案”。凯伊和拉拜的物理常数表告诉你许多有经验的实验家已经测得许多重要物理量的值，将你的答案和公认值比较相差多少，这是值得的。但是，假使你的答案与公认值一致，很可能是一种侥幸，而不是技能灵巧。考虑你实验中的可能误差，应该看看公认的值是否落在你测得的值的范围内。（见第2章）

不要忽视记录每次测得的误差范围和指出你所采用的单位。

3. 计算应该整洁地列出，应该清楚明白，即使你不在场解释，这些计算别人也可校核。不要将观测值和计算值混淆起来。假使用表记录观测值和某些相应的计算值，必须分清楚哪些是观测值，哪些是演算出来的值。

本书中给出许多表格的实例，这将帮助你设计表格的式样。如果对这些表格你认为需要改进的话，可以修改，或另行设计。

4. 步骤的陈述留在观测和计算之后，因为你在做完实验之前，你不能陈述所遇到的种种困难，以及用什么方法来克服这

些困难的。既然观测必须立即记入笔记本，接着自然是计算，所以对实验方法的陈述放在它们后面，这是一个合乎逻辑的顺序。

书写时用被动语态，例如：“……烧瓶里充以一半水……”在这本书中的说明是不用这种形式的，因为作者教导你如何操作，所以用命令语气。叙述力求简明扼要，你怎么做就怎么写。

假使绘图的话，描述可以写得很简短。记住这儿的图并不是美术画。一幅好图的标准是简明性。只要用几条线条来画，并标上对阐明你要说明的问题必要的标记。

5. 结论，应包括下列几个方面：

(i) 所画图象的说明。

(ii) 陈述实验结果，给出数值，误差范围和单位，特别注意舍弃不合理的小数位。

(iii) 陈述欲测普适常数的公认值，并写出资料来源。

(iv) 陈述(ii)和(iii)之间的差异，并提出可能的改进方案。

假使你未能完成实验，应该说明原因。

测量和误差

观测和可能误差

物理实验包括使用仪器进行测量，测量的目的，或者是测定一个量——例如橡皮的比热，透镜的焦距，一根金属丝的电阻，等等；或者是研究规律的正确性。在这两种情况中观测必须忠实地记录，应该是尽可能可靠。在实验结果的陈述中，有

必要说明实验者相信结果的可靠程度，因而这章来讨论可称为实验“可靠因素”的估计技能。不要错误地认为：因为你作为一个学生，做实验仅仅是为了增进你的物理知识，这一章与你无关。以下几页内容将使你有权为自己的实验结果而感到自豪的道理。事实上，还有更多的内容，它将告诉你实验结果值得自豪的程度——为你使用简陋仪器而获得好的实验结果而自豪，是无可非议的。

我们工作首先涉及到进行测量。有时我们要测定一个比值，但是这是例外，通常我们要测定一个量，所以最后结果必然由一个数和一个单位组成。每次记录观测结果时，你要问自己：我是用什么单位的？物理问题的记录、计算和答案中遗漏单位，也许是最常见的错误。这也是计算中大多数错误的根源。

也有必要分清我们打算要测定的量和为了计算它而做观测的量的区别。

在所有情况中是用观察标尺上的读数进行测量的。各种标尺是用适当的单位刻好的，我们的任务是作出判断，即所指定的点靠近标尺上哪一根线，按照惯例我们要判断的点处于两个刻度中间，那末这个值用较大的数来记录。这是简单的，但也是基本的原则。如图 1 中所说明，图中 *A* 和 *B* 的读数为 9，*C*

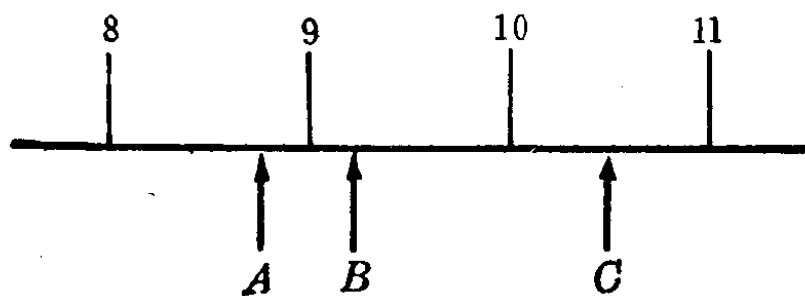


图 1