华东师大二附中

学生必做100个实验

拓展实验（供学生选做）

主　编　何晓文

副主编　袁　军　陈胜庆　施洪亮

编　委　邹淑君　范小辉　施　华
洪燕芬　陈双双　索锡骅
刘希蕾　张智勇

华　东　师　范　大　学　出　版　社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

图书在版编目(CIP)数据

华东师大二附中学生必做100个实验拓展实验(供学生选做)/何晓文主编.—上海:华东师范大学出版社,2007.8
ISBN 978-7-5617-5554-9

Ⅰ.华… Ⅱ.何… Ⅲ.科学实验—高中—教学参考资料 Ⅳ.G634.73

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第123373号

华东师大二附中
学生必做100个实验
拓展实验(供学生选做)

主　　编　何晓文
项目编辑　朱建宝
文字编辑　张新宇
封面设计　朱世良
版式设计　蒋　克

出版发行　华东师范大学出版社
社　　址　上海市中山北路3663号　邮编200062
电　　话　021-62450163转各部　行政传真021-62572105
网　　址　www.ecnupress.com.cn　www.hdsdbook.com.cn
市 场 部　传真021-62860410　021-62602316
邮购零售　电话021-62869887　021-54340188

印 刷 者
开　　本　787×1092　16开
印　　张　15.25
插　　页　4
字　　数　347千字
版　　次　2007年10月第1版
印　　次　2007年10月第1次
印　　数　3100
书　　号　ISBN 978-7-5617-5554-9/G·3251
定　　价　32.00元

出 版 人　朱杰人

(如发现本版图书有印订质量问题,请寄回本社市场部调换或电话021-62865537联系)

前　言

华东师大二附中是上海市首批实验性、示范性高中，上海市科技教育特色示范学校，学校在素质教育的研究与实践方面独具特色。素质教育要求学校培养富有“创新精神与实践能力”的学生。学校在推进素质教育的过程中对学生提出了“六个100”的新举措。我们认为，科学实验是培养学生创新意识与实践能力的重要抓手和有效途径，因此学校要求二附中学生“三年内完成不少于100个科学实验”。

二附中一贯重视学生实验，学校有着非常优越的实验设施与实验条件。2002年以来，学校建立了近10个创新实验室。这些实验室不仅能满足学科教学实验要求，同时还力图接触高新科技领域，以突破原有学科实验室的局限，满足学生科技探索的欲望。但是要使已建实验室的功能发挥和使用效益达到最佳状态，不仅要进一步完善实验室的设备，还要建立和完善实验室的使用规章制度，更要切实可行地开展学科实验和课外拓展、研究实验。2003年以来，我们不断推动学校学生实验工作，开展了一系列调查研究、宣传与推广工作。学校教务处以学科教研组长为主要力量，结合课程要求与本校实际，遴选学科实验并设计创新实验，编制了92个必做实验，要求学生自主选做不少于10个拓展实验，并能自主设计创新实验。2006年9月组织编写了二附中“学生必做的100个实验”的实验手册。

为了更好地拓展学生科学视野，学校推荐了100个供学生选做的拓展实验，并专门组织力量编写出本书，供学生课外自行选择。学校希望这本拓展实验集能切实增大学生拓展实验的选择性，进一步帮助学生规范实验技能和要求，确保学生有质量地完成100个科学实验，提升科学素养，培养创新精神与实践能力。

学校将向学生推荐本册实验内容，并积极创造和提供相应的实验设施与条件，促使学生尽可能多地在课外活动中完成本册中的实验，学校将定期组织专家、教师与学生对学生的实验进行评价，并将学生的实验能力与科学素养纳入学生综合素质评价。

目　　录

实验 1　显微数码生物实验室的应用范式 …… 1
实验 2　黑藻与洋葱表皮发生质壁分离的测量与比较 …… 3
实验 3　洋葱根尖细胞核质比的测定 …… 6
实验 4　动物基本组织的比较观察 …… 8
实验 5　阴生植物与阳生植物叶片的比较观察 …… 9
实验 6　减数分裂与有丝分裂的比较观察 …… 11
实验 7　不同食用酸奶中乳酸菌的观察 …… 12
实验 8　水在生物体中存在与运输的结构观察与测量 …… 14
实验 9　用溶解氧传感器测定光合作用速率 …… 17
实验 10　探索镜下生命之美 …… 19
实验 11　校园池塘水质考察 …… 20
实验 12　污水处理中浮游藻类的调查 …… 22
实验 13　鼠妇生活的环境因素探究 …… 24
实验 14　昆虫口器的观察 …… 26
实验 15　探究植物向性运动 …… 29
实验 16　质粒 DNA 的提取和初步纯化 …… 30
实验 17　感觉器官对人定向行走的影响探究 …… 33
实验 18　84 消毒液的漂白、消毒效果的探究 …… 41
实验 19　淀粉与碘作用一定呈现蓝色吗 …… 45
实验 20　过氧化钠与水反应过程中酚酞褪色的原因探究 …… 47
实验 21　铝合金易拉罐主要成分的探究 …… 49
实验 22　浓硫酸使胆矾变白的反应原理探究 …… 51
实验 23　市售果汁饮料中柠檬酸和维生素 C 的定量测定 …… 54
实验 24　探究苹果削皮后变褐色的原因 …… 56
实验 25　金属树的制作与观察 …… 60
实验 26　肥皂的制取和分析 …… 63
实验 27　酸碱指示剂的制取 …… 65
实验 28　水质的定性分析 …… 67
实验 29　校园土壤酸碱度的测定及其植物生长适应的 pH 分析 …… 71
实验 30　制备“自燃铁粉” …… 74
实验 31　大气中二氧化碳浓度的简易测定 …… 77

实验 32　自制火棉 …… 79
实验 33　可燃的“冰块” …… 81
实验 34　加碘食盐中碘元素的检验 …… 83
实验 35　氧气化学性质的探究 …… 86
实验 36　食用白醋浓度的测定 …… 90
实验 37　单线态氧的制备与观察 …… 92
实验 38　固体酒精的制备及燃烧实验 …… 94
实验 39　大米密度的测量 …… 96
实验 40　利用电压传感器和电阻箱测量干电池的电动势和内电阻 …… 99
实验 41　利用力传感器测定动摩擦因数 …… 102
实验 42　超导磁悬浮列车演示 …… 104
实验 43　用扭摆法测定物体的转动惯量 …… 107
实验 44　双锥体上滚轮演示装置研究 …… 112
实验 45　利用双缝干涉测定光波的波长 …… 113
实验 46　研究远距离输电 …… 116
实验 47　用油膜法估测分子的大小 …… 118
实验 48　用惠斯通电桥测电阻 …… 120
实验 49　测定光在玻璃中的传播速度 …… 122
实验 50　估测绝对零度 …… 124
实验 51　测量弹簧的原始长度 …… 126
实验 52　组装欧姆表并测电阻 …… 127
实验 53　测声音的频率和速度 …… 129
实验 54　函数与其反函数交点个数的探究 …… 131
实验 55　漂亮的图案 …… 133
实验 56　叠砖问题的探究 …… 136
实验 57　个人住房抵押贷款和其他金融问题 …… 137
实验 58　连分数与无理数的逼近 …… 139
实验 59　棱锥体积公式的探求 …… 141
实验 60　探求动点的轨迹 …… 142
实验 61　圆锥截面的展开图形 …… 143
实验 62　极坐标玫瑰线叶数的探究 …… 145
实验 63　奇妙的曲线 …… 146
实验 64　如何求抛物线弓形的面积 …… 148
实验 65　赌博概率问题 …… 149
实验 66　怎样减少化验次数 …… 151
实验 67　制作“非幻方” …… 153
实验 68　限定区域的驾驶问题 …… 154
实验 69　植树中的最优化问题 …… 156
实验 70　矩阵作用下的图形变换 …… 159

需要全本请访问 www.ertongbook.com

实验 71　月球采矿车 …… 161
实验 72　寻宝 …… 164
实验 73　队列操练 …… 167
实验 74　设计和制作简易机器人 …… 169
实验 75　蓝色的梦 …… 172
实验 76　四路抢答器的安装 …… 174
实验 77　简易双门铃电路 …… 176
实验 78　晶体三极管放大电路 …… 178
实验 79　制作功率放大器 …… 180
实验 80　声光感应测电笔 …… 181
实验 81　直流稳压电源 …… 183
实验 82　基于基本门电路的组合逻辑电路设计 …… 187
实验 83　多用途电子手杖 …… 189
实验 84　ST16C 示波器的使用 …… 190
实验 85　日影的绘制与当地经度的测算 …… 192
实验 86　矿物岩石的鉴定 …… 194
实验 87　GPS 应用 …… 196
实验 88　制作和使用日晷 …… 199
实验 89　使用望远镜观看太阳黑子 …… 200
实验 90　通过星图认识星空 …… 202
实验 91　看谁走得直 …… 204
实验 92　看谁投得准 …… 207
实验 93　谁是“贪吃鬼” …… 209
实验 94　你好,这是我的名片 …… 213
实验 95　谁是情绪源 …… 215
实验 96　Windows 操作系统的安装与恢复 …… 217
实验 97　电子书制作 …… 219
实验 98　IIS 的安装与 Web 配置 …… 222
实验 99　算法学习——枚举 …… 224
实验 100　算法学习——递推 …… 227

附录 1　华东师大二附中“学生必做的 100 个实验”目录 …… 232
附录 2　华东师大二附中科技实践活动“学生必做 100 个科学实验”总结 …… 235

实验 48　用惠斯通电桥测电阻



问题提出

测量电阻可以有很多种方法，快速测量电阻可用多用电表的欧姆档，但误差较大。平时常用的伏安法测电阻，虽然也比较简单，但由于电表不理想，无论是电流表内接还是电流表外接都会引起系统误差。而要精确测定电阻值可利用惠斯通电桥。利用桥式电路制成的电桥是一种比较法进行测量的仪器，它在平衡条件下将待测电阻与标准电阻进行比较以确定其数值，电桥测量法具有测试灵敏、精确和使用方便等特点，已被广泛地应用于电工技术和非电量电测法中。



知识准备

惠斯通电桥的电路如图 48－1 所示，3 个可调电阻 R_1、R_2、R_0 和一个待测电阻 R_x 联成四边形 $ABCD$，每个边称作电桥的一个臂。对顶点 A、C 接电源 E，B、D 间接检流计 G。所谓“桥”是指 B、D 间的这条对角线。利用检流计将“桥”的两个端点的电位直接加以比较。当 B、D 两点电位相等时，检流计中便无电流通过，称为电桥达到平衡。电桥平衡时，通过检流计的电流 $I_G=0$。由此导出

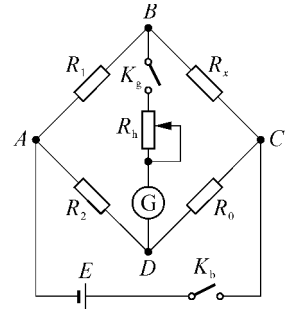


图 48－1　惠斯通电桥

$$R_x = \frac{R_1}{R_2}R_0 \tag{1}$$

当 R_1、R_2、R_0 或比值 R_1/R_2 及 R_0 已知时，便可由上式求出待测电阻 R_x。

为了消除 R_1/R_2 比值误差对测量结果的影响。当 $R_1/R_2=1$ 时，可交换 R_0 和 R_x 位置再测一次，若 R_x 的两次测量值为 R_{01} 和 R_{02}，则

$$R_x = \sqrt{R_{01} \cdot R_{02}} \tag{2}$$

电桥是用比较法测量电阻。公式(1)表明，在电桥电路中将未知电阻与标准电阻(或精度较高的电阻)相比较，通过检流计示零来判断电桥平衡，对电源的稳定性要求不高，只要检流计足够灵敏，选精确度高的电阻箱作为桥臂电阻。待测电阻 R_x 就可达到与已知桥臂电阻相同的精确度。

实验中，在电桥未达到平衡时，为了保证检流计不致因超载而损坏，在检流计支路串联一个几十千欧的碳膜电位器 R_h，作为保护电阻。



实验器材

电阻箱 3 个，指针式检流计，直流电源，多用电表，碳膜电位器，待测电阻若干，开

关等。



实验实施

1. 实验步骤

(1) 用多用电表粗测待测电阻 R_x 的阻值。

(2) 将三个电阻箱作为 R_0、R_a、R_b，滑线变阻器作为 R_1，碳膜电位器作为 R_2，按图 48－2 所示连接电路。

(3) 将 R_1 的滑动触头放在最左端($U_{AB}=0$)，R_2 的阻值调至最大，按照粗测 R_x 得到的结果，调节 R_0、R_a、R_b，使电桥接近平衡。

(4) 合上电键 S_1 和 S_2，调节 R_1，逐步增大 U_{AB}，如果发现电流计 G 指针发生偏转，随时调节 R_0、R_a、R_b，使它恢复到零，直到 R_1 的滑动触头调到最右边。

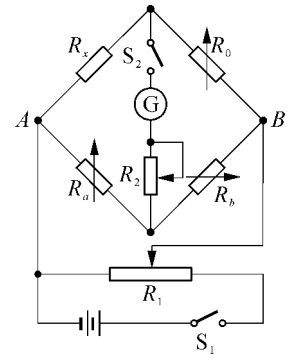


图 48－2　实验装置

(5) 调小 R_2 的阻值，也随时调节 R_0、R_a、R_b，保持 G 读数为零，直至 R_2 阻值为零，多次开合电键 S_2，细心观察电流表指针是否有摆动。

(6) 读出 R_0、R_a、R_b 的阻值，用 $R_x=\dfrac{R_a}{R_b}R_0$ 计算出 R_x 的阻值。

2. 实验记录

(1) 测量过程中各处接线要牢靠，如某处接线突然断开，有可能损坏电流计。

(2) 实验和理论都可证明，当 $R_a/R_b=1$ 时电桥的灵敏度最高。

(3) 可用如下方法判断电桥是否达到平衡：反复开、合 S_2，如检流计指针不动，说明电桥可能处于平衡状态；稍微增、减 R_b 数值，破坏电桥平衡，如检流计指针分别向两边偏转，说明平衡点判断正确。用这种方法可将由于电路故障而出现的“假平衡”状态区分出来。



拓展研究

利用惠斯通电桥知识自己设计电路，组装“计算器”模拟数学计算。

利用上述器材，设计一个计算器，计算下列三个数学式子：

(1) 乘法：38.67%×58.76＝

(2) 倒数：$\dfrac{1}{3.268}=$

（实验设计　范小辉）

实验 49　测定光在玻璃中的传播速度



问题提出

虽然光的速度很大，但因为光在真空中的速度 $c=3\times10^8\ \mathrm{m/s}$ 为常数，所以只要测出玻璃的折射率 n，利用公式 $v=\frac{c}{n}$ 即可求出光在玻璃中的传播速度。

而测定玻璃等介质的折射率，是光学中的一个基本实验。实验过程中需描绘出光进入玻璃时的入射光线和折射光线。用插针观察的方法（简称“插针法”）是解决这一问题的巧妙方法，它与直接用光束显示相比，更有助于培养学生的观察和动手能力。



知识准备

如图 49－1 所示，先用两枚大头针确定入射光线 AO 和入射角 i，用另一侧插针观察的方法，找出入射线 AO 对应的出射线 $O'B$，连接 OO' 即得玻璃中的折射线。测出折射角 r，用 $n=\sin i/\sin r$ 就可以求得折射率。

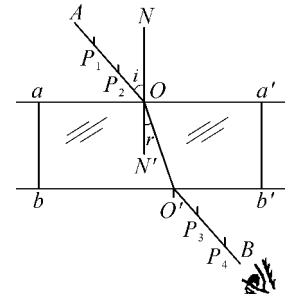


图 49－1　光的折射



实验器材

方木板一块，大头针四枚，图钉四个，白纸，有机玻璃一块，刻度尺，量角器，铅笔（自备）。



实验实施

1. 实验步骤

（1）用图钉将白纸固定在方木板上。

（2）在白纸上画直线 aa' 作为界面，过 aa' 上的一点 O 作出界面的法线 NN'。

（3）画直线 AO 作为入射光线。

（4）把玻璃砖放在白纸上，使它的长边与 aa' 对齐，画出玻璃砖的另一个界面 bb'。

（5）在直线 AO 上，竖直插两枚大头针 P_1、P_2。

（6）透过玻璃砖观察大头针 P_1、P_2 的像，调整视线的方向，直到 P_1 的像被 P_2 挡住。

（7）在观察的这一侧，竖直插两枚大头针 P_3 和 P_4，使 P_3 挡住 P_1、P_2 的像，P_4 挡住 P_3 和 P_1、P_2 的像，并记下 P_3、P_4 的位置。

（8）移去大头针和玻璃砖，过 P_3、P_4 引直线 $O'B$，与 bb' 相交于 O'，直线 $O'B$ 就代表了沿 AO 方向入射的光线透过玻璃砖后的传播方向。

(9) 连接 OO'，OO'就是 AO 的折射光线，$\angle O'ON'$就是折射角。

(10) 用量角器量出入射角和折射角，从三角函数表中查出它们的正弦值，并记入表3－10中。

(11) 改变入射角，重做几次，求出几次 n 的平均值作为最后结果。

2. 实验记录

表 49－1　测定光的折射

次数	入射角(i)	折射角(r)	$\sin i$	$\sin r$	n	$\bar{n}$
1						
2						
3						
4						

3. 实验结论

光在玻璃中的传播速度 $v=\frac{c}{n}=$ _____。

4. 注意事项

(1) 应把玻璃砖平放在白纸上，并以较长的两个界面作为入射面。

(2) 入射角大小要适中，过小则折射角太小，作图和测量时易产生较大的误差，过大则会导致折射光较弱而影响观察的清晰度。

(3) 作 aa'和 bb'时，必须与玻璃砖的边界很好重合，否则会因OO'点找不准而产生误差。

(4) NN'必须与 aa'垂直，否则会产生误差。

(5) 大头针必须与板面垂直，并且 P_1 与 P_2 之间、P_3 与 P_4 之间、P_2 与 O 点之间、P_3 与 O'之间的距离要稍大些，以减小误差。

(6) 在每次实验中，玻璃砖切勿移动。

(7) 铅笔要削尖，以求画线纤细、明晰，作图准确。

(8) 由于要多次改变入射角重复实验，所以入射线与折射线要一一对应编号，以免混乱。



拓展研究

如何利用三棱镜(棱角均为 60°)、方格坐标纸、大头钉二枚、小铁块、直尺(读数不准，即只能作直尺用不能读数)、铅笔、纸板测量光在三棱镜中的传播速度。

说明：

(1) 长度的测量可借助坐标纸上的小分格。

(2) 采用自然光，忽略色散。

(3) 最后把坐标纸贴在实验报告上。

(实验设计　范小辉)

实验 50　估测绝对零度



问题提出

－273.15℃作为热力学温标的零度，叫绝对零度，它是一切低温的极限，只能无限接近而不能达到。绝对零度是根据理想气体所遵循的规律，用“外推法”得到的。所谓“外推法”，是根据已知经验事实，从连续性原理出发，把研究的现象或过程外推到理想化状态从而得出所需要的规律或结果，实验中一般通过作出有关图象外推得到所需要的物理量或物理规律。



知识准备

一定质量的理想气体在压强保持不变的情况下，它的体积 V_t 和摄氏温度 t 之间满足 $V_t = V_0\left(1+\frac{t}{273}\right)$，式中 V_0 为 0℃时气体的体积，改变气体的温度，取得一系列的 $V_t - t$ 实验数据，作出 $V_t - t$ 图，将直线延长至与 t 轴的交点即为绝对零度值。



实验器材

装水银的玻璃管（长约 25 cm，一端封闭，内径约 2 mm，管内有一段 3～4 mm 的水银柱作为水银塞，被水银塞封闭的空气柱在室温下长约 13～14 cm），毫米刻度尺（长 30 cm 或 50 cm），酒精温度计，铁架台，大烧杯，放大镜，搅拌棒，酒精灯，石棉网，水，冰和毫米方格纸等。



实验实施

1. 实验步骤

（1）用橡皮筋把玻璃管、温度计固定在刻度尺上。温度计的测温泡应贴近空气柱中间的位置。空气柱顶端和底端对应刻度尺上的读数可利用放大镜加以确定。

（2）记取环境温度 t_1 以及空气柱的长度 L（代表空气柱的体积 $V = L \cdot S$）。

（3）照图 50－1 所示，把刻度尺和玻璃管、温度计一同插入冰水混合物中，要让冰水浸没整个空气柱。达到稳定后记取温度计读数 t_2 和空气柱长度 L_2。

（4）依次递增烧杯中的水温（可用加热或混合法），再测温度和空气柱的长度，从而获得 6～7 组 t、L 的对应数据。注意温度

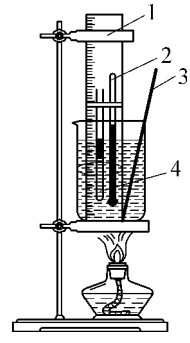


图 50－1　实验装置

1—刻度尺；2—温度计；3—搅拌棒；4—装水银的玻璃管。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

读数要按递增次序记录，在实验中，应取尽可能大的温度变化范围。

(5) 在毫米方格纸上描绘空气柱长度对摄氏温度的图线。以 y 轴表示空气柱长度(体积)，其单位为 mm，取值从零一直到实验的最大数据为止。用 x 轴表示摄氏温度，坐标上要从－300℃起到 100℃止。作出 $L-t$ 直线。

(6) 延长 $L-t$ 图线(虚线)，直到它与温度轴相交为止。这个交点的温度值就是本实验要估测的绝对零度值。在实际交点处画个小圈，并标明实际摄氏度数。

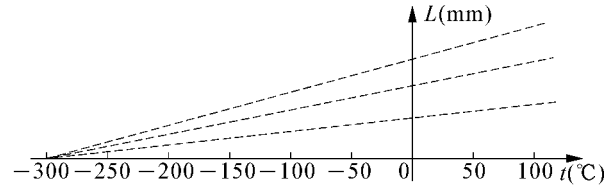


图 50－2　实验数据图

(7) 改变室温下空气柱的长度，重复操作(2)、(3)、(4)、(5)、(6)，分别作出 $L-t$ 直线，延长后大致相交于一点。该点应位于 x 轴上－273℃附近，如图 50－2。

2. 实验记录

3. 注意事项

(1) 实验方案的设计，除考虑取材容易、操作简便、安全等因素外，必须考虑实验的取值范围要宽，以使误差尽可能小。

(2) 注意养成良好的实验操作习惯，如用玻璃棒搅拌水使其温度均匀等。

(3) 应规范作图，特别是 t 轴范围应在－300℃～100℃。



问题讨论

测定绝对零度也可使理想气体作等容变化，改变气体温度，测出相应压强值，作 $p-t$ 图后外推得到结果。说说你的想法。

(实验设计　范小辉)

实验 51　测量弹簧的原始长度



问题提出

所谓弹簧的原始长度，就是弹簧在不受任何外力作用时的长度。在地面上做实验，要创造这样一种环境是不容易的。如将弹簧竖直挂起来，弹簧会因本身的重力而伸长；如将弹簧放置在水平桌面上，则会因摩擦力的影响而造成很大的误差。那么如何能测量得出弹簧的原始长度呢？



知识准备

我们可以根据胡克定律，用外推的方法来测量出弹簧的原始长度。

由胡克定律 $F=k(l-l_0)$ 可知，弹簧长度 $l=l_0+\frac{F}{k}$，式中 l_0 就是弹簧的原始长度，F 是弹簧所受的外力，k 是弹簧的劲度系数。改变外力 F，就能得到一系列相应的 l。作出 $l-F$ 图，将图线外推到 $F=0$ 的情况，就可以得到弹簧的原始长度 l_0。



实验器材

铁架台，待测弹簧，小盘，砝码一盒，刻度尺，坐标纸。



实验实施

1. 实验步骤

(1) 将待测弹簧竖直悬挂起来，下端吊一只质量为 m_0 的小盘(如图 51-1)。

(2) 在小盘中加入质量为 m 的砝码(要使弹簧有一个较明显的伸长)，测量出弹簧的长度 l。

(3) 增加小盘中的砝码，再测量弹簧的长度，重复 7～8 次。(注意：弹簧的伸长不能超过它的弹性限度。)

(4) 以横坐标表示 $F=(m+m_0)g$，以纵坐标表示弹簧长度 l，作出 $l-F$ 图线。

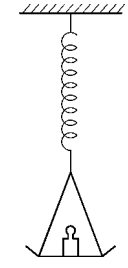


图 51-1　实验装置图

(5) 将图线外推到 $F=0$ 处，即可求出图线在 l 轴上的截距，它就是弹簧的原长 l_0。

2. 实验记录

某次实验数据见表 51-1。

表 51－1　实验数据记录

$m+m_0$(g)	80.0	90.0	100.0	120.0	140.0	150.0	160.0
l(m)	0.182	0.195	0.202	0.224	0.242	0.251	0.265

用直觉法拟合出 $l-F$ 图线，由图线求出直线的斜率 $\alpha=0.100$ m/N；截距 $l_0=0.102$ m。

用线性回归法求出直线斜率 $\alpha=0.099\,7$ m/N，截距 $l_0=0.103$ m，相关系数 $r=0.999\,5$，截距的误差 $\Delta l_0=0.002$ m，所以弹簧原长为 $l_0=0.103\pm0.002$ m。



问题讨论

为什么第一次向小盘中加砝码时，就要求所加砝码能使弹簧有一个明显的伸长？

（实验设计　张伟平）

实验 52　组装欧姆表并测电阻



问题提出

实验室用的多用表可以用来测量电流、电压和电阻，其中电阻的测量用的是多用表的欧姆档。将多用表的选择开关调到欧姆档并调零后，只要将红、黑表棒与待测电阻两端相接触，就可以直接从表盘上读出电阻阻值。那么，欧姆表的原理是什么？你能否自己设计并组装一只欧姆表呢？

本实验的目的是将电流表改装成欧姆表，绘出线路图，说明改装原理，设计实验步骤，并测 R_x 值。



知识准备

欧姆表是一种能够直接读出被测电阻阻值的电表，是根据闭合电路欧姆定律设计的(如图 52－1)。

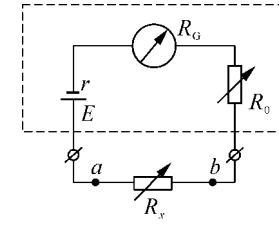


图 52－1　欧姆表原理

电流

$$I_x=\frac{E}{R_G+r+R_0+R_x}$$

当 $r\approx0$ 时有

$$I_x = \frac{E}{R_G + R_0 + R_x}$$

当电流表内阻 R_G 与限流电阻 R_0 一定后，电路中电流值仅与待测电阻 R_x 有关。即存在电流表指针的偏角与 R_x 值一一对应的关系。如在刻度盘上直接标上对应的 R_x 欧姆值，那么，该电表就能直接读出待测电阻阻值，而成为一只欧姆表。



实验器材

待改装的表头(0～500 μA)一只，干电池一节，教学用电阻箱(J2361－1 型)，待测电阻 R_x，电键，导线等。



实验实施

1. 实验步骤

(1) 表盘刻度的确定

① 零刻度的确定：当 $R_x=0$(即 a、b 短接)时，调节 R_0，使指针满偏，若满偏电流为 I_G，则 $I_G=\frac{E}{R_G+R_0}$，限流电阻 $R_0=\frac{E-I_GR_G}{I_G}$，故电流表的满刻度处就是欧姆表的零刻度处。

② 无穷大刻度的确定：当 $R_x\to\infty$时(即 a、b 断路)，$I_x=0$，电流表指针不发生偏转，即欧姆表的无穷大刻度就在电流表的零刻度处。

③ 欧姆表中心刻度的确定：电流表半偏处，也就是欧姆表表盘的中心刻度处。此刻度通常称为中值电阻 $R_{中}$。

由 $I_G = \frac{E}{R_G + R_0}$ 和 $I_x = \frac{E}{R_G + R_0 + R_x}$ 有

$$\frac{I_x}{I_G} = \frac{R_G + R_0}{R_G + R_0 + R_x} = \frac{1}{1 + \frac{R_x}{R_G + R_0}}。$$

当 $R_{中}=R_G+R_0$ 时，有 $\frac{I_x}{I_G}=\frac{1}{2}$，即 $I_x=\frac{1}{2}I_G$。

此时电路中的电流强度值 I_x 为满偏电流值 I_G 的一半，此时有 $R_x=R_{中}$，即

$$R_{中} = R_G + R_0。$$

④ 其他刻度的确定：当 R_x 分别为 $R_{中}$ 的 2 倍、3 倍……时，电路中的电流强度为 I_G 的 $\frac{1}{3}$、$\frac{1}{4}$……时，即电表指针分别为满偏时的 $\frac{1}{3}$、$\frac{1}{4}$……同理，当 R_x 值分别为 $R_{中}$ 的 $\frac{1}{2}$、$\frac{1}{3}$……时，电表指针的偏转角度分别为满偏的 $\frac{2}{3}$、$\frac{3}{4}$……显然，由于 R_x 与 I_G 的非线性关系，欧姆表盘的刻度是不均匀的。

⑤ 电流表满偏电流 I_G 及表头内阻 R_G 的确定：电表满偏电流是设计欧姆表时的一个重要参数，I_G 值可以从电流表表盘刻度读得。电流表内阻 R_G 值的测定，也可用半偏法测电流

表内阻(如何用半偏法测量电流表内阻？请读者查阅相关资料自行设计实验方案)。

(2) 欧姆表表盘的分度

欧姆表表盘的分度是不均匀的。由 $I_x=E/(R_G+R_0+R_x)$ 看出，I_x 与 R_x 是非线性关系。在中值电阻 $R_{中}$ 值附近的测量误差最小，待测电阻阻值若偏离 $R_{中}$ 越大，其测量误差也越大。所以欧姆表量程常取 $0.1R_{中}\sim10R_{中}$ 这一范围。若待测阻值超出这一范围，就要变换欧姆表的量程。

(3) 欧姆表的校验

把设计好的欧姆表组装成后，还需对该欧姆表进行校验。校验用的电路如图 52－2，图中 R 为校验欧姆表的标准电阻，是一只电阻箱。当 S 断开时，表头指针应为零刻度值。当 $R=0$ 时，表头指针应为满刻度值。然后调节 R，观察表头指针所指的刻度值是否与电阻箱的读数一一对应。

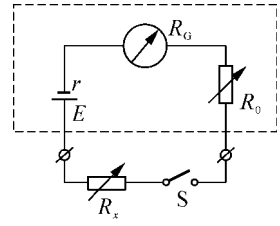


图 52－2　欧姆表的校验



问题讨论

如果要求所设计的欧姆表具备“×1”、“×10”等多倍率，应如何设计？

(实验设计　张伟平)

实验 53　测声音的频率和速度



问题提出

声速亦称为音速，表示声波在媒质中的传播速度。它同媒质的性质和状态(如温度)有关。如在 0℃时，空气中的声速为 331.16 m/s，温度每升高 1℃，声速约增加 0.6 m/s。

空气中声速与温度的关系可用公式表示为

$$v=331.4\sqrt{1+\frac{t}{273}}$$

用图线表示，则如图 53－1 所示，v 表示声速(m/s)，t 表示温度(℃)。

本次实验目的是组装气柱共鸣装置，研究声音的共鸣现象，并设计用共鸣现象测音叉的振动频率。

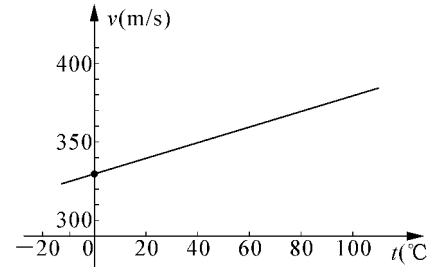


图 53－1　声速与温度的关系

知识准备

由声波的作用而引起的共振现象，叫共鸣。发生共鸣的条件是接受声波的能发声的物体所具有的固有频率和声波的频率相同。

声音的共鸣现象，可以用气柱共鸣的方法试验，其装置如图 53－2 所示。取长约 1 m 的粗玻璃管，其下端用橡皮塞塞紧，中间穿一细玻璃管，细玻璃管用一橡皮管与一漏斗相连。

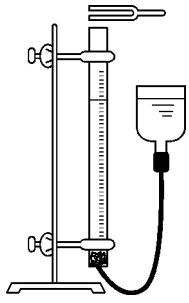


图 53－2　气柱共鸣装置

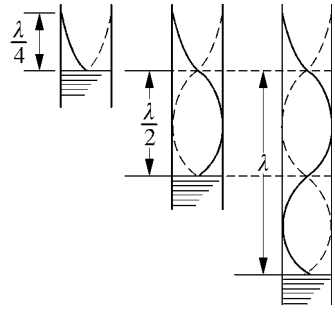


图 53－3　共鸣与空气柱长度的关系

管内液面至管口的一段空气柱在外来声波的作用下，发生振动而产生声音。当某一频率的音叉被音叉锤打击后发声，置于管口附近时，音叉发出的声波沿空气柱向下传播至水面发生反射。由于水的密度大于空气的密度，所以在水面上反射时有 π 的位相损失，在水面应是波节。由此可知，共鸣管的一端为水面所封闭，当空气柱长 L 等于振动体（音叉）所发出的声波的波长的 1/4 时，即 $L=\lambda/4$ 时，产生第一次共鸣现象（如图 53－3 所示）。如果继续降低共鸣管中液面的高度，等于加长了空气柱的长度，就会出现第 2、第 3 次共鸣，相应的气柱长为 3λ/4、5λ/4……用公式可表示为

$$L_n = \frac{1}{4}(2n-1)\lambda \quad n = 1, 2, 3\cdots$$

实验器材

长约 1 m 的粗玻璃管，米尺，音叉，音叉锤，温度计等。

实验实施

1. 实验步骤

（1）将粗玻璃管用支架固定好。

（2）经漏斗向管内注入适量的水。

（3）用音叉锤敲打音叉，将音叉接近管口放置。

（4）通过移动漏斗来改变管中液面高度。逐渐降低（或逐渐升高）共鸣管中液面的高

需要全本请访问 www.ertongbook.com