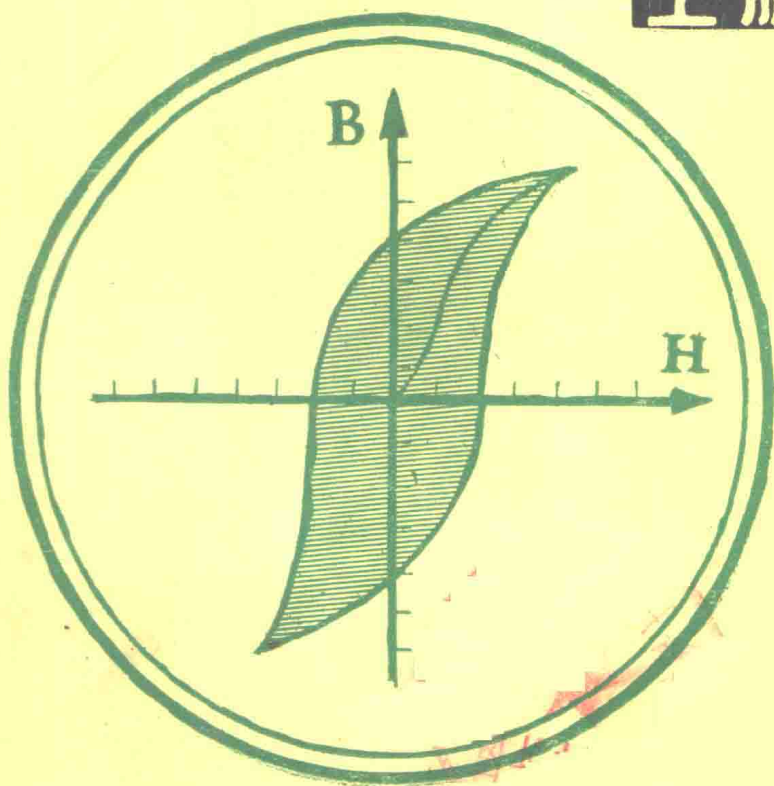


高等学校教学参考书

物理实验

《物理实验》编写组

上册



内蒙古人民出版社

WULI SHIYAN

· 高等学校教学参考书 ·

物 理 实 验

《物理实验》编写组

(上)

内蒙古人民出版社

1984·呼和浩特

• 高等学校教学参考书 •

物 理 实 验

《物理实验》编写组

(下)

内蒙古人民出版社

1984 · 呼和浩特

物 理

《物理实验》编写组

*

内蒙古人民出版社出版

(呼和浩特市新城西街82号)

内蒙古新华书店发行 内蒙古教育印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 17.75 字数: 451千

1984年5月第一版 1984年6月第1次印刷

印数: 1—11,000册

统一书号: 7089·359 定价: 3.00元

(共二册)

内 容 提 要

本书根据师专普通物理实验教学大纲编入了普通物理的力学、热学、电磁学、光学实验和原子物理、核物理实验；为突出师范特点还增加了中学物理基本实验技术及课堂演示实验内容。

本书供师专、教育学院、教师进修学院、职工大学、函授大学、电视大学及工科中专的物理实验教学使用，并对广大的中学物理教师和物理学工作者均有参考价值。

《物理实验》编写组成员名单：

主 编：王宏义

组 员：孙庆元 鲍光庆 张普庆

穆泗书 周荣秋 王 环

前 言

为了适应全国师范教育事业蓬勃发展的需要，我们江苏、山东、内蒙古三省的镇江师专、盐城师专、胜利油田教师进修学院、泰安师专、包头师专五所学校，在多年使用的物理实验讲义的基础上编写了《物理实验讲义》一书，铅印后在全国一百多所师专、教育学院、教师进修学院中教学试用，受到了广大师生的欢迎。在此基础上，又根据一九八二年九月高教一司审定的师专物理专业“普通物理实验教学大纲”的精神，并参考了其它大中专兄弟院校的实验教材，集体编写成了《物理实验》一书。全书完全按照“大纲”中的题目、目的要求、内容及仪器编写而成，使教材具有普遍适用性。

本教材编入的88个实验题目中，所采用的仪器均按教育部颁发的“仪器目录”为准，做到教材与仪器相互配套。书中部分实验附有仪器简介，这样不但能够培养学生熟练掌握和使用通用仪器的能力，而且对一些通用的、重要的仪器原理、结构、保养、注意事项又能有较系统的了解。在培养学生方面，教材在每一部分实验中，前几个实验步骤写的较详，后面写的较略，在最后提出讨论问题，这样可以逐步培养学生独立实验及分析问题和解决问题的能力。本书还按照“大纲”规定增添了原子物理及核物理实验内容，这样开辟了物理实验的新项目，增长了学生的实验知识，开阔了他们的视野。全书插图四百余幅，可使学生直观、明瞭、易懂。为了方便学生记录实验数据，同时还在绝大多数实验中的结果和数据处理一栏中列有表格。

目前全国绝大多数师专、教育学院、教师进修学院、职工大学、工科中专等的实验室正在新建或扩建中，本教材的每个实验都有实验目的、原理、仪器、步骤、结果及数据处理和问题讨论六部分组成，这样完整的实验程序就会给新建或扩建中的物理实验室开出新实验提供了全部依据。

在本书的编写过程中，我们不揣浅陋把几十年来在实验教学中积累的基本实验技术和自制教具的经验，介绍给广大的中学物理教师，起个抛砖引玉的作用。特别对实验条件差的边远、偏僻地区的中学，可以就地取材，做到“瓶瓶罐罐”作实验，用简陋的自制仪器，说明深奥的物理道理。这对从事中学物理教学的中青年教师，更有现实意义。

为了使学生通过物理实验获得较系统的误差理论和数据处理基本知识，把这一部分内容集中在绪论中讲解，而把它的应用分配在相应的实验部分中进行。例如：力学、热学实验结果用算术平均误差处理；电磁学、光学实验结果用标准误差处理。书中带“*”号的实验课题各学校可根据自己的仪器设备条件选作。

本书由王宏义同志组织有关同志分工编写，集体讨论通过，其中泰安师专孙庆元同志编写了绪论、力学、热学实验部分，镇江师专鲍光庆和胜利油田教师进修学院张普庆、穆泗书同志编写了电磁学实验部分，包头师专王宏义同志编写了光学实验部分，盐城师专周荣秋同志编写了原子物理及核物理实验部分，包头师专王环同志编写了附录部分。最后由王宏义同志审订了全书。

在成书的过程中，一些兄弟院校曾给以了我们帮助，不少同志提出宝贵意见，在此表示衷心感谢。限于我们的水平，难免有不妥之处，希望使用本书的学校及同志提出宝贵意见，以便修订完善。

· 作者

1983年7月

目 录

绪 论

§1. 普通物理实验的地位与作用	(1)
§2. 物理实验的一般进程和各教学环节的要求	(3)
§3. 误差和数据处理基础知识	(4)
§4. 实验数据的图示法处理	(26)

一、力学实验

实验一 长度的测量	(35)
附 游标卡尺、螺旋测微计、读数显微镜简介	(38)
实验二 重力加速度的测定	(44)
2—I 用单摆测定重力加速度	(44)
附 数字毫秒计简介	(48)
2—II 用自由落体测定重力加速度	(52)
实验三 固体和液体密度的测定	(55)
附 物理天平、重度计简介	(58)
实验四 分析天平的使用	(62)
实验五 惯性秤	(73)
实验六 牛顿第二定律的验证(气垫导轨实验之一)	(78)
附 气垫导轨简介	(81)
实验七 动量守恒定律的验证	(83)
7—I 气轨上的滑块碰撞实验(气垫导轨实验之二)	(83)
7—II 悬柱的碰撞实验	(88)
实验八 杨氏弹性模量的测定	(93)

8—Ⅰ	用金属丝的伸长测定杨氏弹性模量	(93)
附	光杠镜组简介	(97)
8—Ⅱ	用梁的弯曲测定杨氏弹性模量	(98)
实验九 转动惯量的测定		(101)
9—Ⅰ	用扭摆测刚体的转动惯量	(101)
9—Ⅱ	用三线摆测刚体的转动惯量	(105)
9—Ⅲ	用刚体转动实验仪测转动惯量	(109)
*实验十 物理摆		(114)
10—Ⅰ	复摆	(114)
10—Ⅱ	可倒摆	(118)
实验十一 谐振动的研究		(122)
11—Ⅰ	水平弹簧振子的简谐振动(气垫导轨实验之三)	(122)
11—Ⅱ	悬挂式弹簧振子的简谐振动	(127)
*实验十二 阻尼振动的研究(气垫导轨实验之四)		(129)
*实验十三 强迫振动的研究		(134)
13—Ⅰ	弹簧振子的强迫振动(气垫导轨实验之五)	(134)
13—Ⅱ	扭摆的强迫振动	(139)
实验十四 弦振动的研究		(144)
实验十五 声速的测定		(148)
15—Ⅰ	用昆特管测定固体中的声速	(148)
15—Ⅱ	用音频波测定空气中的声速	(152)
15—Ⅲ	用共鸣管测定空气中的声速	(154)
实验十六 液体粘滞系数的测定		(157)
16—Ⅰ	用落球法测定液体的粘滞系数	(157)
16—Ⅱ	用转柱法测定液体的粘滞系数	(160)
16—Ⅲ	用毛细管法测定液体的粘滞系数	(167)
实验十七 伯努利方程的验证		(173)

二、热学实验

实验一	用混合法测定固体的比热	(177)
实验二	金属线胀系数的测定	(182)
附	福廷式气压计简介	(186)
*实验三	冰的熔解热的测定	(189)
实验四	水的汽化热的测定	(193)
实验五	热功当量的测定	(197)
5—I	用焦耳法测定热功当量	(197)
5—II	用电热法测定热功当量	(202)
实验六	空气比热比的测定	(204)
实验七	导热系数的测定	(208)
7—I	良导体导热系数的测定	(208)
附	热电偶简介	(211)
7—II	不良导体导热系数的测定	(214)
实验八	气体三定律及气态方程的验证	(217)
*实验九	沸点与压强关系的研究	(222)
实验十	液体表面张力系数的测定	(226)
10—I	用拉脱法测定液体的表面张力系数	(226)
附	焦利氏秤简介	(228)
10—II	用毛细管法测定液体的表面张力系数	(230)
附	毛细管的清洁、内径测量和检查方法	(231)
实验十一	真空的获得和测量	(232)

三、电磁学实验

实验一	静电场的描绘	(249)
实验二	用伏安法测二极管的特性	(253)

实验三 用惠斯登电桥测电阻	(256)
附 箱式惠斯登电桥简介	(260)
*实验四 半导体热敏电阻特性的研究	(261)
实验五 灵敏电流计特性的研究	(263)
实验六 用电位差计测量电池的电动势和内阻	(267)
附 箱式电位差计、标准电池简介	(271)
实验七 改装电表	(274)
实验八 用电位差计校准电表	(279)
附 UJ24型电位差计使用简介	(281)
实验九 万用电表的设计制作和定标	(283)
实验十 用开耳芬电桥测低电阻	(288)
附 QJ42型携带式直流双电桥简介	(293)
实验十一 磁场的描绘	(296)
附 晶体管毫伏表简介	(299)
*实验十二 霍耳效应	(301)
附 CT3型交直流高斯计	(307)
实验十三 示波器的使用 (一)	(308)
附 函数发生器 (S101型) 简介	(317)
实验十四 示波器的使用 (二)	(318)
附 低频信号发生器、相移器简介	(323)
*实验十五 冲击电流计特性的研究	(326)
实验十六 冲击电流计的应用	(332)
16—I 用冲击电流计测电容和高阻	(332)
16—II 用冲击电流计测螺线管内轴向磁场的分布	(339)
16—III 用冲击电流计测磁化曲线	(344)
实验十七 电子束线的偏转	(348)
附 EBSI—2型电子束线测试仪简介	(353)
实验十八 电子束线的聚焦	(356)

*实验十九	交流电桥	(363)
实验二十	RLC电路的稳态研究	(367)
附	双踪示波器简介	(373)
实验二十一	RLC电路的谐振特性的研究	(374)
*实验二十二	RLC电路暂态过程的研究	(379)

四、光学实验

实验一	薄透镜焦距的测定	(387)
实验二	显微镜、望远镜放大率的测量	(394)
附	测微目镜简介	(401)
实验三	分光计的调整及棱镜折射率的测定	(403)
附	光源简介	(412)
实验四	透镜组基点的测定	(417)
实验五	平行光管的调整和使用	(422)
*实验六	固体和液体折射率的测定	(429)
附一、	阿具折射仪简介	(433)
附二、	读数显微镜简介	(436)
实验七	等厚干涉现象的研究	(439)
实验八	用透射光栅测光波波长及角色散率	(444)
实验九	用菲涅耳双棱镜测波长	(449)
实验十	测定单缝衍射的光强分布	(454)
实验十一	偏振和旋光现象的观察和分析	(458)
实验十二	发光强度的测量	(468)
实验十三	迈克耳逊干涉仪的调整和使用	(475)
*实验十四	全息照相	(480)
*实验十五	用光电效应测定普朗克常数	(487)

五、原子物理及核物理实验

实验一 密立根油滴实验	(492)
实验二 氢原子光谱	(500)
附一、小型棱镜摄谱仪简介	(505)
附二、平面光栅摄谱仪简介	(506)
附三、JTT台式投影仪和铁光谱图	(507)
*实验三 夫兰克 — 赫兹实验	(508)
附 微电流测量放大器简介	(513)
*实验四 塞曼效应	(515)
*实验五 电子衍射	(524)
实验六 G—M 计数管特性及放射性衰变 的统计分布规律	(530)
附 定标器简介	(536)
附录一 中学物理实验参考资料	(537)
附录二 基本物理常数	(555)
附录三 单位词冠表	(556)

实验一 静电场的描绘

(一) 目的

- ① 用模拟法研究静电场。
- ② 描绘两种场结构的等位线。

(二) 原理

采用双层静电仪（或静电场测试仪）来模拟静电场。本装置分上（ S_1 ）、下（ S_2 ）两层，下层有胶布底板，而在板上放导电纸；上层是一块有机玻璃板，板上放记录纸，在记录纸和导电纸的上方各有一探

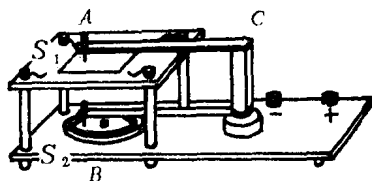


图 3-1-1

针A与B，如图 3-1-1 所示。通过一弹簧片把两探针固定在一个手柄座C上，将手柄座放在底板的右部，两探针始终保持在同一铅垂线上，移动手柄座时，两探针在上、下两层的运动轨迹是一致的。导电纸上的探针有一个较圆滑的顶尖，靠弹簧片的弹性和导电纸始终接触，探针A是尖的，它平时不与记录纸接触，做实验时移动手柄座，由导电纸上的探针在电表的指示下，找到所测等位点时，按一下探针A扎孔为记。这样找到的点上、下对应。

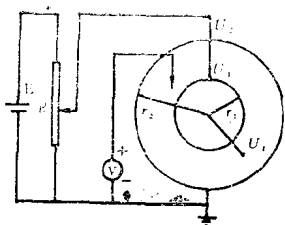


图 3-1-2

描绘同轴柱面（同轴电缆）间的电位分布，其横截面如图 3-1-2 所示。在轴的方向上取一单位长度，设内、外柱面单位高的带电量为 $+\tau$ 、 $-\tau$ 。作半径为 r 的高斯面（柱面），设此面上的电场强度为 E ，由高斯定理知 $2\pi\epsilon_0 rE = \tau$ ，故

$$E = -\frac{dU}{dr} = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 r}$$

又

$$U_r = -\int E \cdot dr = -\frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \int \frac{dr}{r} = -K \int \frac{dr}{r}$$

积分得

$$U_r = -K \ln r + C \quad (1-1)$$

式中 $K = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0}$ 。应用边界条件 $r=r_1$ 与 $U_r=U_1$ ； $r=r_2$ 与 $U_r=0$ ，

分别代入式中（1-1），解出积分常数 $C = K \ln r_1$ 和

$$K = \frac{U_1}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

再把 K 、 C 值代回式（1-1）整理得

$$U_r = U_1 \cdot \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r}\right)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \quad (1-2)$$

这是静电场的理论值。

为什么用有电流通过的模拟场能代替静电场呢？在不良导体（导电纸）内没有电流通过时，其中任一宏观体积元内正负电荷数量相等，呈电中性。当有电流通过时，单位时间内流出和流

入宏观体积的电荷相等。结果这个宏观体积元还是电中性。也就是说真空中的静电场是由两极上的电荷产生的。在有稳恒电流通过的不良导体中，电场也是由电极上的电荷产生的。当然真空中电极上的电荷是没有客观运动的。形成电流（导电纸中的电流）时电极上的电荷一边流走，一边电源补充，在动态平衡下保持电极上的电荷数不变。所以两种情况下电场的分布是等同的。这样通过对模拟场的直接测量就间接的测出了静电场。克服了直接测量的困难。

下面通过对无限长同轴圆柱模拟场的计算来证明这两种场的等效性。电流从内电极均匀的通过导电纸向外电极辐射（图 3-1-2），则电流密度 j 的大小和方向应遵循欧姆定律的微分形式：

$$\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E}$$

式中 $\vec{E}$ 是导电纸中的电场强度， σ 是它的电导率。设导电体的厚度为 t ，电阻率为 ρ ，从半径为 r 的圆周到半径为 $(r+dr)$ 的圆周之间导电纸的电阻为：

$$dR = \rho \cdot \frac{dr}{S} = \frac{\rho \cdot dr}{2\pi r \cdot t} = \frac{\rho}{2\pi t} \cdot \frac{\rho dr}{r}$$

积分，求从 r 到 r_2 的柱面之间的电阻

$$R = \frac{\rho}{2\pi t} \int_r^{r_2} \frac{dr}{r} = \frac{\rho}{2\pi t} \ln\left(\frac{r_2}{r}\right) \quad (1-3)$$

同样可计算出从 r_1 到 r_2 的总电阻为

$$R_{12} = \frac{\rho}{2\pi t} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \quad (1-4)$$

从内柱面到外柱面的总电流

$$I_{12} = \frac{U_1}{R_{12}} = \frac{2\pi t}{\rho \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \cdot U_1$$

外柱面（ $r=r_2$ ， $U_2=0$ ）至半径为 r 柱面的电位

$$U_1 = I_{12} \cdot R = \frac{U_1}{R_{12}} \cdot R$$

将式 (1—3), (1—4) 的 R 、 R_{12} 代入上式得

$$U_r = U_1 \cdot \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r}\right)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \quad (1-5)$$

结论同式 (1—2)。从此说明不良导体 (导电纸) 内的模拟场与真空中的静电场等同。

(三) 仪器

直流稳压电源; 伏特计; 导电纸; 双层静电仪 (或静电测试仪); 滑线电阻器。

(四) 步骤

① 按图3-1-2接好电路, 模拟同轴圆柱体间所形成的电位。调节分压器使输出电压为10伏, 选择内电极与探针间的电压为1伏、3伏、5伏、7伏和9伏等为测量值, 找出各对应电压的等位点。

② 描绘出各等位点的轨迹应是圆。测出各对应圆的半径。已知内电极与测点间静电场的电压理论公式为 (1—2), 以此求出理论值 $U_{理}$ 。

将所求各值列在下表

$U_{测}(\text{伏})$	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00		
$r(\text{厘米})$							
$U_{理}(\text{伏})$							
$U_{测}/U_{理}$							