

物理教学表演与实验

段吉辉 主编

山东大学出版社

1991, 12

前 言

物理学是一门以实验为基础的科学。中学物理课的教学和大学普通物理课的教学都应当是理论与实验并重的，单靠一些物理符号来进行逻辑推理的教学方法，是不可能教好这门课程的。课堂表演（演示）实验是配合课堂教学的一种重要手段。通常的作法是，教师在课堂上做一些重要的表演实验，让学生观察所发生的物理现象，然后，教师引导学生，共同总结出这些现象所遵从的物理规律；或者是先讲理论，后做实验，用实验来验证所讲解的理论。课堂表演实验应当具备以下特点：实验现象明显、操作简便、稳定可靠和实验时间短。然而，越是精密的实验往往越难达到上述的要求，这是目前课堂表演所遇到的最大难题之一。

目前，世界虽然已经进入了科学与技术高度发展的时代，许多先进的教学仪器也已经研制出来。但是，即使经济和技术最发达的国家也声称，他们没有足够的经费来为他们的学校购置价格昂贵的成品仪器。于是，物理教师又进行了一种叫做《线和胶带纸实验》（String & Sticky Tape Experiments）的研究。这些实验所使用的器材主要包括以下几种：橡皮筋、透明胶带、回形针、泡沫聚苯乙烯杯或纸杯、线、饮料吸管、玻璃弹子、纸、粉笔、沿中部有导槽的尺子、硬币、一支铅笔和一把剪刀。对于某些电磁学实验来说，还需要另加一些器材，如铝箔（某些糖果的包装纸）、空的铝质饮料罐、条形小磁铁、电池或电源，以及铜丝等。这项研究工作已经取得了很大成绩。最成功的实验是在力学、流体力学、热学和电磁学方面。这种实验的可贵之处在于，所用器材便宜和易得，而且学生可以在家里做好这些实验。这项研究工作正方兴未艾，长期以来，在美国《物理教师》杂志上

一直开辟有《STRING & STICKY TAPE EXPERIMENTS》专栏。不言而喻，这种实验不可能完全取代那些常规的技术先进的实验。这两种实验应当是互相补充的。

为了加强物理演示实验教学，部分学校已经进行了一些改革尝试：一种方式是，除了将一些便于在课堂上表演的实验仍旧放在课堂上做之外，在每讲完一二章之后，将学生带到实验室去看相关的系列演示实验，如振动与波、静电学和光学实验等；第二种方式是，开设物理演示实验选修课；第三种方式是，开放实验室，让特别有兴趣的一部分学生做一些自选实验。目前，这三种方式都取得了良好的效果。

1989年8月15日，国家教委条件装备司向全国各省、自治区、直辖市教委、高教厅、国家教委直属各高等学校发了《关于印发高校物理演示实验及仪器参考目录的通知》。《通知》指出：

“为了配合综合大学、师范院校和工科院校物理演示实验室的建设，开设演示实验及添置仪器设备，国家教委教学仪器研究所邀请高校理科普通物理教材编审委员会及工科物理课程教学指导委员会部分成员共同编制了《综合大学及师范院校普通物理演示实验及仪器参考目录》、《工科院校大学物理演示实验及仪器参考目录》。”《通知》要求：“有条件的学校要积极建立对学生开放的演示实验室，增加实验课时，加强课内外的实验室训练，以开阔学生的思维，培养操作能力和学习兴趣”。《通知》还特别说明：“目录所列演示实验及仪器设备并不是必备的，由各院校根据实际情况自主决定。”可以预期，在《通知》和《目录》的推动和指导下，我国各高等学校物理演示实验室的建设和物理演示实验教学将会出现一种新的局面。《通知》也为各校物理演示实验室的建设工作和物理演示实验教学与研究工作开辟了广阔的用武之地。

为了满足开设物理演示实验选修课及向学生开放实验室等各方面的需要，我们编写了这本书。

本书共收入了290个实验题目,其内容包括力学、流体力学、分子物理学和热学、电磁学、波动与声学、光学、原子物理学、心理物理学、物理游戏、微机实验、综合实验。其中大部分为演示实验,也包含相当数量的分组实验。本书选题内容广泛,方法新颖,语言简练。但愿它能对物理教学起到良好的作用。

对于书的体例,未作完全统一的规定,象物理游戏和微机实验这两部分,都是根据内容的特点单独选择体例编写的。教学仪器一般地都收入相关的章节中,但有一些多功能的综合性的仪器或实验则收入综合性实验中。这样安排对编写和阅读都较方便。对于一些新的实验,一般地都对实验装置的制作、理论分析和实验方法作了翔实的介绍,而对于一些比较熟悉的实验,则只作简要介绍,着重说明更新的部分,以期读者在使用这本书时能够感到,各部分的叙述详简适度。

本书材料主要来源于三个方面:一部分是本书作者近年来的研究成果,约占全书的1/3;另一部分选自《线和胶带纸实验》(R.D.Edge,《STRING & STICKY TAPE EXPERIMENTS》,American Association of Physics Teachers, 1987),约占全书的1/3以上;第三部分选自《物理学演示实验手册》(程吉辉、徐从兰、孟昭敏等编译,山东教育出版社,1987),约占全书的1/4。来自其他方面的材料一般地都在题目的后面注明了出处。作者还参考了其他方面的一些资料而未能一一具名。相信作为对广大读者的一种奉献,被使用了资料的老师们是会高兴的。

全国许多高等院校的教师参加了本书的编写工作,并通过本书把自己的研究成果奉献给了广大读者,使得本书内容更加充实。在此,对于这些老师们的热心合作和大力支持表示衷心的感谢。对于非本书编委的作者,均将他们的名字署在他们各自撰写的题目后面。

山东省物理学会顾问、山东大学物理系教授余寿绵先生和山东大学物理系教授陈鹏万先生对本书的编写给予了热情的支持和

指导。对此，谨致衷心的感谢。

由于时间仓促和作者水平的限制，本书难免会有缺点和错误，我们衷心希望同行专家和广大读者不吝赐教，以便今后改进。

段吉辉
于山东大学
1991年4月

目 录

一、力学

1-1	橡皮筋的拉伸	(1)
1-2	弹性力	(2)
1-3	扭力秤	(3)
1-4	吸管的弹性模量	(4)
1-5	微量天平	(6)
1-6	梁的应力	(8)
1-7	微小形变	(9)
1-8	力矩的效应	(10)
1-9	重心	(11)
1-10	“猴子爬树”	(14)
1-11	滑动摩擦	(16)
1-12	相对密度与比重计	(18)
1-13	浮力与相对密度	(19)
1-14	速度和加速度	(21)
1-15	重力加速度	(23)
1-16	失重	(25)
1-17	超重	(26)
1-18	阿特武德机	(27)
1-19	作用与反作用	(29)
1-20	射击猴子	(30)
1-21	势能和动能	(32)
1-22	滚动上升	(33)
1-23	碰撞	(35)

1-24	冲击摆.....	(38)
1-25	向心力.....	(39)
1-26	圆锥摆.....	(41)
1-27	单摆.....	(42)
1-28	“摆—钉实验”(单摆摆球的等高性实验)	(44)
1-29	用单摆测定重力加速度.....	(46)
1-30	惯性质量和引力质量.....	(48)
1-31	耦合振动和受迫振动.....	(51)
1-32	共振弹性片.....	(53)
1-33	激光李萨如图形.....	(55)
1-34	粉末图计时器.....	(56)
1-35	用粉末图计时法测定重力加速度.....	(58)
1-36	转动定律.....	(59)
1-37	转动惯量.....	(61)
1-38	惯性.....	(61)
1-39	吹球游戏.....	(63)
1-40	小车加速度计.....	(64)
1-41	傅科摆.....	(66)
1-42	科里奥利效应.....	(68)
1-43	角加速度.....	(69)
1-44	“飞车走壁”.....	(70)
1-45	陀螺.....	(72)
1-46	太阳的大小.....	(74)
1-47	艺术秤.....	(75)
1-48	频闪观察盘.....	(76)

二、流体力学

1-1	静止液体中压强的性质.....	(81)
-----	-----------------	--------

2-2	静止液体中压强的测量	(82)
2-3	静止液体中压强的传递	(83)
2-4	大气压	(84)
2-5	流动流体的压强和流速	(86)
2-6	伯努利效应	(89)
2-7	空吸作用	(93)
2-8	虹吸现象	(95)
2-9	小孔射流	(98)
2-10	物体在实际流体中的运动	(102)
2-11	粘滞性	(106)

三、分子物理学和热学

3-1	毛发湿度计	(112)
3-2	饮料吸管温度计	(113)
3-3	气体的等温压缩	(115)
3-4	对流	(115)
3-5	氨气的扩散	(116)
3-6	气体分子速率分布(一)	(118)
3-7	气体分子速率分布(二)	(120)
3-8	分子运动的统计规律	(121)
3-9	热力学第一定律	(122)
3-10	橡胶条的热特性	(126)
3-11	橡胶辐条热机(热力学第二定律演示仪)	(127)
3-12	简易恒温箱	(129)

四、电磁学

4-1	自制验电器	(132)
4-2	正负电荷检测器	(134)
4-3	摩擦起电	(135)

4-4	感应起电	(137)
4-5	起电盘	(138)
4-6	滴水感应起电	(139)
4-7	尖端放电	(140)
4-8	自由电荷与束缚电荷	(141)
4-9	半导体温差电堆	(142)
4-10	地磁场的方向	(143)
4-11	自制指南针	(144)
4-12	条形磁铁周围的磁力线	(145)
4-13	磁倾仪	(145)
4-14	用大头针演示磁力线	(146)
4-15	线圈周围的磁场	(147)
4-16	平行载流导线的相互作用	(149)
4-17	自感现象	(151)
4-18	磁性单摆	(152)
4-19	电磁阻尼与电磁驱动	(154)
4-20	趋肤效应	(155)

五、波动与声学

5-1	纵波的传播	(158)
5-2	横波的传播	(162)
5-3	波在两种媒质界面上的反射和透射	(165)
5-4	克洛娃 (Crova) 圆盘	(166)
5-5	弦线上的横驻波	(170)
5-6	用频闪仪观察弦线上的横驻波	(171)
5-7	线密度不同的两段弦线上的横驻波	(173)
5-8	线形和圆形的横驻波	(174)
5-9	尼纶薄膜中的横驻波	(177)
5-10	圆形金属薄板中的横驻波	(178)

5-11	正方形金属薄板中的横驻波	(179)
5-12	利用火焰管观察气柱中的纵驻波	(180)
5-13	利用改进型孔特管观察气柱中的纵驻波	(181)
5-14	利用带热丝的孔特管观察气柱中的纵驻波	(183)
5-15	波的干涉	(185)
5-16	水波槽	(187)
5-17	声音的产生及音调和频率的关系	(190)
5-18	拨弦的音调	(192)
5-19	可闻高频声波和超声波的定向传播	(194)
5-20	声波的干涉	(196)
5-21	声波的衍射	(197)
5-22	音叉共鸣	(198)
5-23	调谐共鸣箱	(199)
5-24	利用声共鸣现象测定声波在空气中的传播速度	(199)
5-25	声波在空气中的传播速度	(202)
5-26	用回声法测定声波在空气中的传播速度	(203)
5-27	用拍音箱演示拍音现象	(204)
5-28	用音叉演示拍音现象	(205)
5-29	用旋转的气笛演示声波的多普勒效应	(206)
5-30	用转台演示声波的多普勒效应	(207)
5-31	声波多普勒效应演示仪	(207)

六、光学

6-1	光的直线传播	(209)
6-2	针孔投影	(210)
6-3	针孔摄影机	(210)
6-4	光在光滑平面和粗糙平面上的反射	(211)
6-5	黑板光学—平面镜	(211)

6-6	光盘·····	(212)
6-7	像的位置·····	(212)
6-8	反像·····	(213)
6-9	全像镜的高度·····	(213)
6-10	角镜·····	(214)
6-11	两个平行平面镜中的像·····	(214)
6-12	黑板光学—凹面镜·····	(215)
6-13	黑板光学—凸面镜·····	(216)
6-14	光盘—曲面镜·····	(217)
6-15	凹面镜成像·····	(217)
6-16	瓶花的像·····	(218)
6-17	冷的烛焰·····	(219)
6-18	点燃纸片·····	(219)
6-19	凸面镜成像·····	(220)
6-20	椭圆筒成像·····	(220)
6-21	娱乐场的镜子·····	(220)
6-22	光在水面上的折射·····	(221)
6-23	黑板光学—折射·····	(221)
6-24	折射定律·····	(222)
6-25	棒“折断”了·····	(223)
6-26	表观(视在)深度·····	(223)
6-27	由表观深度求折射率·····	(224)
6-28	临界角·····	(224)
6-29	在水面以下的光·····	(225)
6-30	在水面上的全反射·····	(225)
6-31	黑球变成白球·····	(226)
6-32	在冰上散射的光·····	(226)
6-33	光导管·····	(227)
6-34	最小偏向角·····	(227)

6-35	像的倒置.....	(228)
6-36	一维二次反射.....	(229)
6-37	二维二次反射.....	(229)
6-38	光盘—光在曲面上的折射.....	(230)
6-39	水透镜.....	(231)
6-40	黑板光学—圆玻璃板.....	(232)
6-41	发散光束.....	(232)
6-42	黑板光学—薄透镜.....	(233)
6-43	薄凸透镜.....	(234)
6-44	薄凹透镜.....	(235)
6-45	黑板光学—透镜.....	(236)
6-46	眼睛模型.....	(236)
6-47	通过透镜组的光线.....	(237)
6-48	液体透镜.....	(237)
6-49	透镜焦距的测定.....	(238)
6-50	变换光束的尺寸.....	(239)
6-51	球面像差.....	(240)
6-52	用光圈改变像的清晰度.....	(241)
6-53	景深.....	(242)
6-54	畸变.....	(243)
6-55	光照度的平方反比律.....	(244)
6-56	罗姆福特光度计.....	(244)
6-57	油斑光度计.....	(245)
6-58	石蜡块光度计.....	(246)
6-59	表面亮度.....	(247)
6-60	凹面镜所成的像的亮度.....	(247)
6-61	透镜所成的像的亮度.....	(248)
6-62	人眼对绿光反应最灵敏.....	(249)
6-63	人眼对各种色光的反应速度.....	(250)

6-64	色散光谱	(250)
6-65	彩色的合成	(251)
6-66	彩色箱	(252)
6-67	使光谱复合	(252)
6-68	液体的色散	(253)
6-69	不同介质的色散	(254)
6-70	无色散情况下的偏向	(254)
6-71	无偏向情况下的色散	(255)
6-72	透镜中的色像差	(256)
6-73	彩虹	(257)
6-74	紫外光谱	(257)
6-75	黑光灯	(258)
6-76	电磁辐射的波动性	(259)
6-77	双缝干涉	(260)
6-78	微波的双缝干涉	(261)
6-79	双棱镜	(261)
6-80	肥皂膜	(262)
6-81	空气尖劈	(263)
6-82	牛顿环	(263)
6-83	迈克尔逊干涉仪	(264)
6-84	微波迈克尔逊干涉仪	(266)
6-85	薄板中的干涉	(267)
6-86	单缝衍射	(267)
6-87	微波单缝衍射	(268)
6-88	单缝衍射的示波器显示	(269)
6-89	多缝	(270)
6-90	二维光栅	(270)
6-91	晶格模型	(271)
6-92	衍射	(272)

6-93	菲涅耳环带	(273)
6-94	电磁波的偏振	(274)
6-95	反射时光的偏振 (一)	(274)
6-96	反射时光的偏振 (二)	(275)
6-97	晶体模型	(277)
6-98	光在单轴晶体内的波面	(277)
6-99	寻常光和非常光 (一)	(278)
6-100	寻常光和非常光 (二)	(279)
6-101	用投影仪演示双折射现象	(280)
6-102	寻常光和非常光的偏振	(281)
6-103	尼科耳棱镜	(282)
6-104	用尼科耳棱镜作为起偏振器和检偏振器	(284)
6-105	用偏振片作为起偏振器和检偏振器	(284)
6-106	半波片	(285)
6-107	圆偏振光	(286)
6-108	偏振光的干涉	(287)
6-109	晶体偏振锥光干涉镜	(288)
6-110	光弹性效应	(291)
6-111	糖溶液的旋光性	(292)
6-112	偏振光振动面的旋转	(293)
6-113	磁致旋光现象	(294)
6-114	光的散射	(296)
6-115	散射光的偏振	(297)
6-116	共振辐射	(297)
6-117	汞蒸气的影子	(298)
6-118	暗线光谱	(299)
6-119	钠的吸收线	(300)
6-120	全息图再现虚像	(301)
6-121	全息图的可分割性	(302)

6-122	全息图再现实像	(303)
6-123	平面全息图的两个再现像	(304)
6-124	平面全息图再现两个虚像或两个实像	(305)
6-125	阿贝成像原理	(306)
6-126	方向滤波	(307)
6-127	高通滤波和低通滤波	(308)
6-128	文字变换	(309)
6-129	黑白图像的假彩色处理	(309)
6-130	光电效应	(310)

七、原子物理学

7-1	分子的大小	(313)
7-2	原子核的横截面和硬币的大小	(314)
7-3	氢原子可见光谱	(315)
7-4	夫兰克—赫兹实验	(317)
7-5	塞曼分裂	(321)

八、心理物理学

8-1	错觉现象	(324)
8-2	光幻视	(327)
8-3	视觉暂留	(333)
8-4	本哈姆 (Benham) 陀螺	(336)

九、物理游戏

9-1	寻宝游戏 (矢量)	(339)
9-2	静力学游戏	(340)
9-3	举物体游戏 (力)	(341)
9-4	站起游戏	(341)
9-5	三米冲刺	(342)

9-6	蹲着拔河游戏	(342)
9-7	碰撞游戏	(344)
9-8	屈膝游戏(功和功率)	(344)
9-9	波动游戏	(345)
9-10	分子动理论游戏	(347)
9-11	导线中的电子游戏	(348)
9-12	密堆积游戏	(348)
9-13	核反应游戏	(350)

十、微机实验

10-1	参数方程作图法	(352)
10-2	隐函数方程的作图(微分作图法)	(354)
10-3	循迹作图法	(360)
10-4	蒙特卡罗作图法	(364)
10-5	扫描作图法	(370)
10-6	峰值线作图法	(372)
10-7	最小二乘作图法	(386)
10-8	实验数据的实时采集和显示	(396)

十一、综合实验

11-1	摆动综合演示仪	(400)
11-2	刚体平面运动综合演示仪	(404)
11-3	多功能角动量演示仪	(409)
11-4	一维势能函数	(413)
11-5	光干涉衍射演示仪	(419)
11-6	大屏幕投影式偏光演示仪	(422)
11-7	光通信暨互感现象演示仪	(423)
11-8	全光学无动镜傅里叶光谱仪	(430)

一、力 学

1-1 橡皮筋的拉伸

【目的】验证胡克定律。

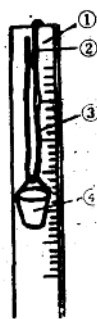
【器材】弹子、回形针、直尺、橡皮筋、纸杯。

【步骤】如图 1—1 所示，将回形针弯成 S 状小钩，上钩挂在竖直的直尺顶端，下钩挂上橡皮筋，橡皮筋下端悬吊一个小的纸杯。在杯中一个一个地放入弹子，每次都量出橡皮筋的长度，列表记录放入杯中的弹子数和测得的相应的橡皮筋长度，从而求出弹子数 m 与相应的橡皮筋伸长量 ΔL ；

$$\Delta L = L - L_0$$

式中 L_0 是未放入弹子时橡皮筋的长度， L 是放入弹子时橡皮筋的长度。根据实验结果作 $m-\Delta L$ 关系图线。

可以看到每增加一个弹子，橡皮筋就伸长大体上相等的长度；全部弹子的重量就是橡皮筋中的张力，也就是说橡皮筋中的张力与它的伸长量成正比。可见，所绘出的 $m-\Delta L$ 关系图线表示张力与伸长量的关系。在弹性限度内，橡皮筋所受拉伸力和伸长量成正比，这个规律称为胡克定律。然而，当负载过大时，橡皮筋的伸长变得比胡克定律预期的要大，绘的点子就偏离了直线，胡克定律不再有效。另外，当重复这一实验



①直尺 ②回形针弯钩
③橡皮筋 ④纸杯

图1—1