



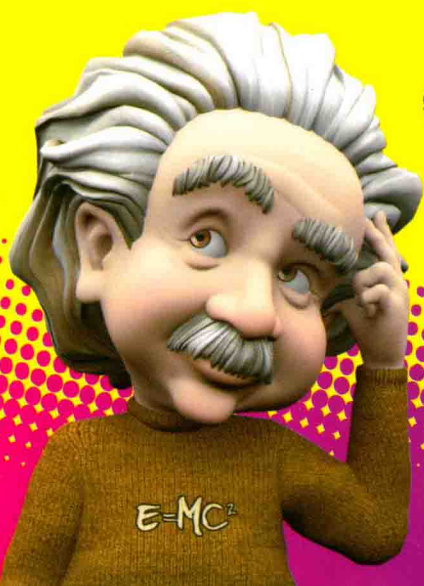
科普知识大观园 · 走进奇妙的科学实验世界

就地取材

玩物理II

想知道德国人是如何做物理实验的吗？
原来身边的材料也能做实验！

【德】D. 纳赫蒂加尔
J. 迪克赫费尔 G. 彼得斯
郑仁浩 译



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS



科普知识大观园 · 走进奇妙的科学实验世界

就地取材

玩物理II

【德】D·纳赫蒂加尔 J·迪克赫费尔 C·彼得斯 郑仁容◎著



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

废旧日光灯管能发光? 什么是世界上最忠诚的两性关系? 火柴能点亮电灯? 发光能指示电流方向? 天上的彩虹可以人工制造吗? 马路上油污的斑斓色彩来自哪里? ……日常生活中, 有太多的现象疑团吸引着我們好奇地思索。本书以实验、游戏、魔术等多种方式引导读者就地取材玩玩电磁学、电子学、光学三大方面的基础物理实验, 并探讨实验中众多千奇百怪现象背后的原因。希望读者在实验和探索之中, 体会学习物理之乐。

图书在版编目(CIP)数据

就地取材玩物理. 2/(德)纳赫蒂加尔等著. —上海: 上海

交通大学出版社, 2015

(科普知识大观园. 走进奇妙的科学实验世界)

ISBN 978-7-313-12594-1

I. ①就… II. ①纳… III. ①物理学—实验—普及读物

IV. ①04-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 015927 号

就地取材玩物理 II

著 者: [德]D. 纳赫蒂加尔 J. 迪克赫费尔

G. 彼得斯 郑仁蓉

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

出 版 人: 韩建民

印 制: 常熟市文化印刷有限公司

开 本: 787mm×960mm 1/16

字 数: 209 千字

版 次: 2015 年 3 月第 1 版

书 号: ISBN 978-7-313-12594-1/O

定 价: 36.00 元

地 址: 上海市番禺路 951 号

电 话: 021-64071208

经 销: 全国新华书店

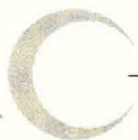
印 张: 12

印 次: 2015 年 3 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 0512-52219025



Preface

前言

本丛书包括 I, II 两册,第 I 册分力学、热力学、振动和波三大部分,第 II 册包含电和磁、电子学、光学三大部分。两册均以基础物理实验做引导,在就地取材玩物理、做实验的基础上,在探究实验现象产生的原因中认识、学习、理解物理,进而欣赏物理之美,享受学习物理之乐。

本丛书有三大亮点:

(1) 实验数目多,多达 365 个,力、热、声、光、电、磁、电子学等基础物理内容均有覆盖。读者通过一边阅读一边做实验会对物理科学涉及面之广泛有一个初步概念。

(2) 每个实验都有一个精华提炼、诱人耳目的副标题,实验材料、实施过程、注意事项均有较详细的介绍。实验形式也比较多样:有感觉认知、常见物理现象的再现、探索故事、游戏、魔术等,读者会在自己动手实验的进程中体会物理的细节和实验成功的喜悦。

(3) 在中学知识范围之内,对实验现象产生的原因进行了细致入微的讨论和顺势而为的应用拓展,间或穿插了一些相关的科学或科学家的小故事。读者会在感悟现象背后的物理思想之中实现知其然又知其所以然,顺便了解一点有趣的科学发展史。在内心深处好奇的精神需求得到一定满足的同时,体验到无比的愉悦。

以上三大亮点源自本丛书特殊的写作经历。此书的第一作

者 D. 纳赫蒂加尔 (Dieter K. Nachtigall) 是德国多特蒙特大学的教授, 一位享誉国际物理教育学界的知名学者, 是他提供了由他和他的两个学生撰写的、本丛书的初步手稿。因为德国人的文化背景、思维方式与中国人有所不同, 即使是同样的物理原理, 有时他们也会表现出与我们不完全相同的视角, 扩大了我们的视野, 让中国人很有新鲜感。这点在本丛书实验的选择上体现得淋漓尽致。

可惜纳赫蒂加尔教授于 2010 年不幸逝世, 于是除了翻译、还有大幅度补充、修改初稿的任务, 就落在了第四作者, 一位中国教育工作者的肩上, 加上出版社从出版角度提供的宝贵意见, 使此丛书又添加了明显的、读者熟悉的中国风格。

本丛书适合的读者包括:

(1) 中学物理老师、小学自然课老师、各种青少年活动中心的科学老师及他们的学生。此丛书为他们和他们的学生开展课外科技活动、启蒙学生的好奇心和对科学的兴趣提供思路、素材和参考教材。

幼儿园大班的学生可以观看老师选出来的演示实验, 潜移默化感受“科学”的熏陶; 小学生可以观看演示或模仿老师做一些合适的实验, 初步了解物质世界的神奇, 激发对“科学”的兴趣; 初中生可以在观看演示和动手中学到只靠课本学不到的、定性的或初步定量的物理实验和理论知识; 高中生则可在老师指导下动手做实验之中, 定性又定量地学习物理知识, 切实掌握实验中隐含的物理思想。

但愿此丛书能成为开启学生学科学的兴趣、点燃孩子们智慧之光的星星之火。

(2) 基础物理研究者。他们在利用本丛书直接或间接指导学生的过程中, 可以探索基础物理教学的规律, 帮助实现最佳教



学效果。

(3) 其他物理爱好者。物理是一门形象思维和逻辑思维紧密结合的实验学科,它还是我们研究看得见、看不见的整个物质世界的基础,是与生产生活密切相关的各种设施设备的重要原理基础。一旦进入,体会到其中的乐趣,会有一种欲罢不能的感觉。本丛书可以为这些好奇者们提供入门、进取或者消遣的借鉴。

因为各类读者的需求不同,本丛书的用法可以各取所需。做实验玩玩、探寻现象及其原因、甚至在本丛书的基础上进行更深入的研究。取其一、二、三单项或者多项,只要读者本人或读者群喜欢,都是不错的选择。

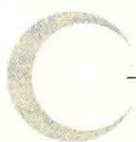
感谢上海交大出版社,感谢杨迎春博士、交大物理系孙扬教授、德国知名核物理学家 Peter. Ring 教授、德国多特蒙德技术(TU Dortmund)大学的 Werner Weber 教授;感谢原西南师大物理系、现西南大学物理学院的殷传宗、林辛未、陈志谦三位教授和纳赫蒂加尔教授的儿子 Christof Nachtigall 博士。是他们的热情帮助和支持,才使本丛书得以成形面世。

如果此丛书能得到中小學生、基础物理教育学界和其他爱好物理之人士的欢迎,将是对本丛书第一作者的最好纪念,也是对其余作者的最大奖励。

当然,本丛书在内容、写作方面的不足之处,也欢迎并感谢各位读者批评指正。

郑仁蓉

2015年1月于上海



Contents

目 录

第一部分 电和磁

一、静电学	3
实验 1 一把梳子的绝招——带电后吸引细屑、牵引乒乓球	3
实验 2 给纸充电——摩擦起电成“干浆糊”，把纸贴在了墙上	4
实验 3 给气球充电——带电气球靠近啥黏糊啥	4
实验 4 气球的“库仑定律”——同性相斥，越近越斥	5
实验 5 纸带条——越用力让两条纸带靠近，它们越是要各自纷飞	6
实验 6 纸蜘蛛——同种电荷的排斥力，让蜘蛛脚现形	6
实验 7 长筒袜的实验——电荷使袜筒张开	8
实验 8 蹦跳的纸屑——驱动之力，来自电荷	8
实验 9 出自鼻子的火花——人自身的尖端放电	8
实验 10 放电——人体也可放电	9
实验 11 废旧日光灯管也发光 I——摩擦激发荧光	10
实验 12 感应起电机——“感应”和“极化”有区别	10
实验 13 废旧日光灯管也发光 II——感应起电使废灯管在黑暗中 回光返照	12
实验 14 莱顿(Leyden)瓶——电容器的祖师爷，曲折诞生而成	13
实验 15 吉尔伯特(Gilbert)验电器——针尖为支点，跟随电荷动	14
实验 16 叶片验电器——叶片张合验电，靠近还是接触球体有讲究	15
实验 17 法拉第(Faraday)笼——静电屏蔽	19
二、静磁学	20
实验 18 磁效应——含铁物体对磁铁趋之若鹜	20

实验 19	磁场的远距离作用——只要磁力足够大,隔空吸铁也可能	21
实验 20	磁效应的屏蔽——软铁质、闭合空腔拒绝磁场进入	21
实验 21	对磁场的感觉——人类感官对磁场没感觉	23
实验 22	磁感线的图像——平凡的铁屑让磁场大现形	24
实验 23	用指南针标出的场线图像——回归本真的磁感线	25
实验 24	自制指南针——一场对耐心和毅力的考验	27
实验 25	磁化 I——让铁磁质物体内散漫的磁体单元整齐排队	27
实验 26	磁化 II——利用地球大磁场磁化软铁棒	28
实验 27	磁化 III——聚集的铁屑也能成磁铁	29
实验 28	三维场线图——让充斥在实际空间中的磁场现原形	29
实验 29	磁铁的吸引和排斥——遵守“同性相吸,异性相斥”的普适规律	30
实验 30	感应磁性和剩磁性 I——反向磁化退剩磁	31
实验 31	感应磁性和剩磁性 II——隔空磁化和反向磁化,让铁钉对铁屑吸放自如	32
实验 32	热抗磁——热提供能量,使磁体单元热运动而再度杂乱无章	32
实验 33	几个游戏——利用磁铁和磁性玩玩	33
实验 34	磁倾角——地处北半球高纬度的小磁针与地磁南极亲近导致倾斜	35
实验 35	单磁极不独在——世界上最忠诚的两性联姻	37
实验 36	磁铁的场线——小磁针运动的指引者	38
实验 37	居里(Curie)温度——克服因泡利不相容原理导致的自发磁化	40

三、直流电实验 41

实验 38	一个简单的电路——手电筒	41
实验 39	电池和灯泡的串联和并联——灯泡亮度及相互影响大不同	42
实验 40	一条街的照明——灯泡并联是常规	46
实验 41	短路——危险的电路故障	46
实验 42	简单的游戏	47
实验 43	一个开关——接通、断开灵活自如	49
实验 44	家里制造的灯泡——给金属丝两端提供高电压	50



实验 45	保险丝——牺牲自己,保护电路	50
实验 46	导体或者绝缘体——在电路中用灯泡检测物体的导电性质	51
实验 47	亮度调节器——用途广泛,理论基础是欧姆定律	52
实验 48	电流的磁效应——右手定则判断电流与磁场间的方向关系	52
实验 49	电磁铁——给铁质物体绕上线圈,通上直流电流	55
实验 50	通电导线的磁场 I——右手定则决定其磁场方向	56
实验 51	通电导线的磁场 II——铁屑的排列就像许多小指南针	57
实验 52	磁化螺丝刀——绕上线圈,接通电池	58
实验 53	通电螺线管的磁场——载流线圈制造条形磁铁	58
实验 54	电报机——开关操控电磁铁是关键	60
实验 55	一种铁路信号器——电报机原理的启发与扩展	62
实验 56	继电器——电磁开关	63
实验 57	铃铛——吸铁后立刻断电、放铁后立刻通电,巧妙如同人敲钟	64
实验 58	潜水员——中空的强磁场助铁钉穿越	65
实验 59	扩音器的作用原理——永久磁铁和通电线圈磁铁相互作用	66
四、洛伦兹(Lorentz)力和感应		68
实验 60	洛伦兹力 I	68
实验 61	安培(Ampere)的定义——载流导线所受的力定义电流单位	69
实验 62	洛伦兹力 II——磁铁影响黑白电视的播放	71
实验 63	感应电流——电流不一定总是来自电池	71
实验 64	旋转运动的制动——金属中涡流的电磁阻尼	72
实验 65	变压器——电磁感应改变电压	73

第二部分 电子学

一、电阻的基本电路	77
实验 1 电阻——最简单的电流回路	77

实验 2	电阻的串联电路——用实验检验定量公式	78
实验 3	二极管、发光二极管——连接的方向决定电流的通断	79
实验 4	欧姆定律——一个定量的实验	80
实验 5	电阻的并联——定量实验给出确定的公式表达	81
实验 6	可变电阻——手动式、光敏式、温敏式	82
实验 7	“点燃”灯泡——光敏电阻的妙用	85
实验 8	电流方向指示器——两个发光二极管的协作显神通	85
实验 9	电压的份额——基尔霍夫第一、第二定律	86
实验 10	一个稳定的、可调节的电压份额——合理使电位器	90
实验 11	惠斯登电桥——测定未知电阻或者校正电位器	91

二、有电容器的电路 93

实验 12	电容器的充电——用发光二极管指示其过程	93
实验 13	电容器的充放电 I——发光二极管显示电流方向	94
实验 14	电容器的串联和并联——与电阻串并联的规律相反	95
实验 15	电容和电阻——充放电伴侣	96
实验 16	电容器的充放电 II——定量规律的认识	97

三、晶体管 99

实验 17	晶体管允许电流通过的方向——三极管当作二极管应用 ...	100
实验 18	发射极和集电极之间的电流——三极共用,方显神通	101
实验 19	作为开关的晶体管——无延时、无接触损耗	102

第三部分 光学

一、光的直线传播和反射 105

实验 1	光的直线传播——最容易观察的光的基本性质	105
实验 2	针孔照相机——光线直线传播造就倒立实像	106
实验 3	自制烟盒——在“烟”、“黑”背景中观察光线	107
实验 4	平面镜反射 I——光线当笔画方格	108
实验 5	平面镜的反射 II——用烟盒观察光线的反射	109
实验 6	皮球的反射——宏观模拟光线反射,探究反射原理	109
实验 7	镜像 I——确定入眼光线,探寻实物与镜像之间的关系	110

实验 8	镜像Ⅱ——物像混淆,蜡烛丢失	111
实验 9	镜像Ⅲ——“水中”燃烧的蜡烛	111
实验 10	镜像Ⅳ——铅笔和镜子,物像关系汇总	112
实验 11	反射原理——反射角等于入射角	112
实验 12	后视镜——光线反射帮你克服后脑勺盲区	113
实验 13	镜里字体——透明纸上文字的正反面互为镜像	114
实验 14	镜像复制——玻璃板一物两用,手描镜像成真	115
实验 15	多次反射成像Ⅰ——单人“圆桌会议”	116
实验 16	多次反射成像Ⅱ——硬币与镜像排成一队	117
实验 17	散射——媒质的不均匀性导致光线反射定律宏观失灵	118
实验 18	魔幻剧院——玩具娃娃的数字游戏	119
实验 19	万花筒(kaleidoscope)——多次镜像反射的奇迹	120
实验 20	弯曲的镜子——咖啡杯里的怪影探秘记	121
实验 21	凸面镜、凹面镜——反射光线发散、会聚各不同	123

二、折射和透镜

125

实验 22	折射Ⅰ——铅笔变形	125
实验 23	折射Ⅱ——河底变浅,小心上当	125
实验 24	折射Ⅲ——暗环境+几滴脱脂牛奶,让光线在水中清晰可见	128
实验 25	折射定律——光线进入不同的媒质要按规矩“打折”	129
实验 26	烟盒里的折射——自制烟盒中观察光线在水中的折射	130
实验 27	聚焦镜Ⅰ——玻璃瓶底凸透镜,森林火灾的罪魁祸首	130
实验 28	聚焦镜Ⅱ——在自制烟盒中观察凸透镜的光线会聚功能	131
实验 29	放大镜——凸透镜的放大功能	132
实验 30	凸透镜成像——正倒、放大缩小、虚实皆有可能	132
实验 31	投影定律——验证形式简单的凸透镜的物像公式	135
实验 32	水透镜——自制临时放大镜	136
实验 33	全反射——让活人“身首分离”、“四肢变八肢”的超级魔术师	136

三、光的颜色和极化

139

实验 34	太阳光的光谱颜色——“纯净”的白光原来如此多彩	139
-------	-------------------------------	-----

实验 35	颜色光谱——水三棱镜,分解白光替代品	141
实验 36	虹——谁持彩练当空舞	141
实验 37	加法混色——异色光束在白屏上重叠	143
实验 38	彩轮——旋转失色	146
实验 39	黑白轮旋转——主角退位,小配角上岗	147
实验 40	减法混色——一束白光穿过重叠的异色滤光片,投射到 白屏上	147
实验 41	透视和反射的颜色大不同——显示色=白色-吸收色	150
实验 42	密码——只允许覆盖薄膜的颜色通过,信息自然消失	151
实验 43	天空蓝和夕阳红——“散射光强与波长的关系”成就的天空 美景	152
实验 44	机械波的偏振模拟——振动平面确定的波	153
实验 45	太阳光的极化——天空由亮变暗,又由暗变亮的“魔法”	154
实验 46	起偏镜和检偏器——真的是偏振光吗? 检查一下	156
实验 47	有色彩的偏振光——便宜的透明黏胶带成了上色剂	156
实验 48	起偏、检偏,一镜两用——怎么实现的?	157
实验 49	双折射晶体——一条光线入射,两条光线出射	158

四、干涉和衍射

实验 50	杨氏双缝干涉实验——最早的光波干涉实验	160
实验 51	薄膜干涉——油污色彩的化妆师	162
实验 52	肥皂膜——蝴蝶美丽的翅膀、孔雀漂亮的羽毛与此同理	163
实验 53	单缝衍射——最简单也最重要的衍射实验	164
实验 54	双缝衍射——干涉、衍射兄弟情义浓的最佳显现	166
实验 55	光栅衍射——单缝衍射和多缝干涉和谐共舞的结晶	167
实验 56	圆孔衍射——与单缝衍射定性相同	169
实验 57	洞眼照相机——洞眼越小,衍射花样越好	170
实验 58	小片衍射	171
实验 59	菲涅耳波带板——奇思妙想让复杂化为简单,让简单化为 神奇	171
实验 60	障碍衍射——障碍处发亮,障碍外变暗	178

参考文献

179

第一部分 电和磁

一、静电学

二、静磁学

三、直流电实验

四、洛伦兹(Lorentz)力和感应

一、静电学



实验 1

一把梳子的绝招——带电后吸引细屑、牵引乒乓球

材料:塑料梳子,细纸屑,乒乓球,100%羊毛的羊毛衫

用一把干净干燥的梳子用力快速地梳头,或者把它半包在一件干净、干燥的100%羊毛的羊毛衫上用力快速摩擦,直至你感觉到梳子发热。当把梳子靠近细小干燥的纸屑、羊绒毛、木屑等,会发生什么?你会发现,这些细小纸屑、羊绒毛、木屑等会被带电的梳子吸引,纷纷想跳到梳子上去,如图1-1所示。

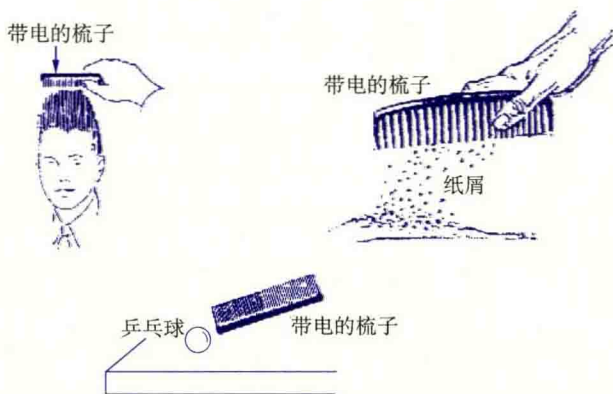


图 1-1

还可以做如下的实验:把一个干净干燥的乒乓球放在桌上,用带电的梳子背面,靠近而不触碰到它,然后拿着梳子缓缓地远离已经靠近的乒乓球,乒乓球会跟着梳子一起缓缓地滚动。这是因为梳子背所带的负电荷的电场极化排斥电子到乒乓球的内表面,使乒乓球的外表面带上正电荷,正是梳背负电荷和乒乓球表面的正电荷相互吸

引,使乒乓球跟着梳背的缓慢移动而移动。如果不小心梳背与乒乓球相接触,由于正负电荷中和,二者都不再带电,这时再把梳背移开,也不再能引导乒乓球运动。

早在公元前 600 年左右,摩擦起电的现象就被古希腊的学者泰勒斯(Thales)发现。现在,人们知道摩擦带电实际上是通过摩擦作用使电子从一个物体转移到另外一个物体的过程。经过摩擦而带电的物体之所以能够吸引小纸屑、绒毛屑等,能够像在实验中那样,引导轻小的不带电的乒乓球之类的物体运动,是因为带电物体上的电荷形成的电场使电介质发生极化,在靠近带电物体的地方产生与带电物体极性相反的束缚电荷。因为异种电荷相互吸引,电介质的细小屑末就会被带电物体吸引,乒乓球也会被引导而运动。



实验 2 给纸充电——摩擦起电成“干浆糊”,把纸贴在了墙上

材料:纸(比如干燥且未用过的 A4 复印纸),100%羊毛的羊毛衣衫,干净干燥无字的透明薄塑料袋,演讲用的透明投影胶片



图 1-2

取一张纸,用一只手将其压在一面干净干燥的光滑墙上(比如用瓷砖贴面的墙),再把手松开。你会发现纸张立刻往下掉。

这一次,用一只手将同样的纸张压在同一面墙上,再用纯羊毛成分的羊毛衣衫或者塑料口袋从上往下用力地摩擦纸张,直至能感觉到摩擦生热再把手松开,你会发现纸张就像粘到了墙上,并不马上掉下来。如图 1-2 所示。

如果以塑料薄膜(投影胶片)来代替纸张,会观察到更明显的效果,即投影胶片在墙上粘得更结实,粘的时间也更长。

这是因为,摩擦起电使纸张外表面生出电荷,这些电荷产生的静电场使纸张和墙壁相接触的两面产生了极性相异的束缚电荷而相互吸引,导致纸张像是贴在了墙上。



实验 3 给气球充电——带电气球靠近啥黏糊啥

材料:气球

把一个气球吹大后,将口扎紧,留下约 50 cm 的线头。现在,把气球在纯羊

毛的衣服上摩擦,或用纯羊毛头巾摩擦气球至你能感觉到摩擦生热为止。拿住扎气球口的线头的末端,对着墙壁、你的脸、你的肩膀等,观察发生的情况。你会发现,带电的气球试图往(光滑、干净、干燥的)墙壁、你的脸上或者肩头上贴。周围空气越干燥,效果越明显,如图 1-3 所示。



图 1-3

其原因当然还是摩擦起电使气球带电。在气球电荷的静电场中,不带电的墙壁、肩膀等因被极化而在与气球接触的近端产生了与气球电荷极性相反的束缚电荷,异性电荷相吸,就表现出了带电气球的黏糊劲儿。



实验 4 气球的“库仑定律”——同性相斥,越近越斥

材料:两个气球,线,100%羊毛的羊毛衫

把两个气球吹大,在开口处打一个结把口封住。用一根大约一米长的细线,把两个气球连接在一起。然后,抓住线 midpoint 把气球向高处拉,则两个气球会并排吊在一起。

现在,两手分别拿住两个气球,把两个气球同时在铺在沙发上的纯羊毛衫上摩擦,并分别不时地转动两个气球,以使气球的比较大的表面都能因摩擦而带电。

再重复以上实验,即抓住气球连线 midpoint 向上拉动两个气球,你会发现两个气球不再像前一次相互靠拢,而是被相互排斥得远远的,如图 1-4 所示。

也可以如下变更实验:把两个气球用两根一样长的线分别拴住,左手拿住一根线,右手拿住另一根线。现在你可以通过手的运动试图让摩擦带电的两个气

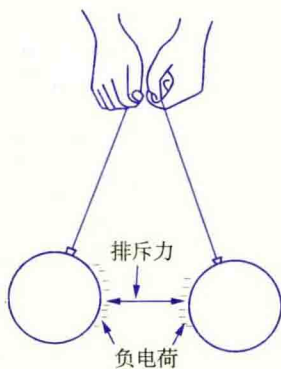


图 1-4