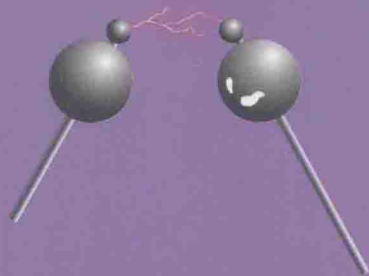


Mc
Graw
Hill
Education



手把手教你做125个物理小实验，让科学流行起来

科学鬼才

(修订版)

物理科学实验125例

[美] Jerry Silver 著 张辉 张娜 译 王秀莲 审

125 PHYSICS
PROJECTS
FOR THE
EVIL GENIUS

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

科学鬼才 物理科学实验 125例(修订版)

125 PHYSICS
PROJECTS
FOR THE
EVIL GENIUS

[美] Jerry Silver 著
张辉 张娜 译 王秀莲 审

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

物理学实验125例 / (美) 西尔弗 (Silver, J.) 著;
张辉, 张娜译. — 修订本. — 北京: 人民邮电出版社,
2015.1

(科学鬼才)

ISBN 978-7-115-37564-3

I. ①物… II. ①西… ②张… ③张… 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(2014)第297158号

版权声明

Jerry Silver

125 Physics Projects for the Evil Genius

978-0071621311

Copyright © 2009 by McGraw-Hill Education.

All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized Chinese translation edition is jointly published by McGraw-Hill Education and POSTS & TELECOM PRESS. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan.

Copyright © 2014 by McGraw-Hill Education and POSTS & TELECOM PRESS

版权所有。未经出版人事先书面许可, 对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播, 包括但不限于复印、录制、录音, 或通过任何数据库、信息或可检索的系统。

本授权中文简体字翻译版由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司和人民邮电出版社合作出版。此版本经授权仅限在中华人民共和国境内(不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾)销售。

版权© 2014 由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司与人民邮电出版社所有。

本书封面贴有 McGraw-Hill Education 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

◆ 著 [美] Jerry Silver

译 张 辉 张 娜

责任编辑 紫 镜

执行编辑 魏勇俊

责任印制 周昇亮

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京艺辉印刷有限公司印刷

◆ 开本: 800×1000 1/16

印张: 27

2015年1月第2版

字数: 732千字

2015年1月北京第1次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2012-1724号

定价: 79.00元

读者服务热线: (010) 81055339 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021号



内容提要

现在你不用花费大量的精力就可以证明你所学的物理学原理了。《科学鬼才——物理科学实验125例》包含了物理学关键领域中的许多动手探索实验。最重要的是，这些实验不需要在正规的实验室中进行，也不需要庞大的预算或者多年的技术经验！

实验中使用的很多材料和工具都是我们日常生活中触手可及的，本书为你提供了多种读者可以独立完成的物理实验。实验内容包括运动、重力、能量、声、光、热、电等。而且针对书中每一个实验都介绍了所需的实验材料、详细的实验方法、预期的实验结果、相关的实验拓展，并解释了实验原理。

总之，本书是面向各年龄段的学生以及爱好者的实验大全，每个人都能在身边找到实验材料，继而自己尝试这些有趣的物理实验，并且通过实验了解神奇的物理世界。

本书写给我的妻子琼妮和我的孩子阿莉和丹尼

致谢

ACKNOWLEDGMENTS

作者非常感谢史蒂夫·格拉波斯基、丹·斯利威、丹妮尔·翠西·詹姆逊、迈克尔·德肖维茨、沃尔什一家、布鲁克海文实验室、约翰·肯尼以及为本书提供插图的PASCO的工作人员。此外，对史蒂夫·格拉波斯基、克里斯·爱丽友、蒂贝留、罗宾·诺尔特、汤姆·金·费尔特雷表示特别感谢，感谢他们让我加入这样一个令人推崇、促进及分享物理知识的世界。

前言

PREFACE

读者对象

本书写给所有对于探索物理世界感兴趣、热爱或是有好奇心的人们。本书中的实验旨在给各个级别的老师在为学生设计实验活动时提供资源同时帮助他们获得一些演示的想法。本书同样帮助那些不直接参与物理授课的人,包括家长、爱好者等,以使他们在兴趣的带领下探索物理世界的奥秘。小朋友们以及那些热爱教育事业的人直观上都会喜欢本书中的很多实验,可能有一天还会对它们进行深层次的改进。

如果你在寻找科学实验新点子,那么你应该可以在本书中找到能进行操作的东西。高中一年级的学生或物理系的大学生将会对本书的整体编排顺序感到熟悉,但愿阅读本书时不会有很大的障碍。

作者假设那些参考本书物理实验点子的读者具有广泛的兴趣面,多样的背景,不同的资源条件。因此,本书编写的实验通过不同的方式提供给读者,并分为不同等级。大多数的实验都为读者提供了一种不需要精密仪器即可操作的方式。

结构框架

每一个实验开头都列出了所需要的材料,接着是实验步骤。由于进行实验的方法通常不止一种,因而我们提供了多种选择以适应读者不同的实验方式、资源以及兴趣水平。

给出预期的实验结果可以帮助读者解释实验现象。首先你会找到定性的直观见解,接着就是越来越详细的描述。对于那些感兴趣的读者(也仅对那些感兴趣的读者),我们还提供了物理学公式来对实验原理进行解释。读者可以根据自己的喜好来追求细节的多少。本书不是一本有关物理理论的教科书。但是作者已经努力帮助读者与他们可能会涉足的领域联系起来。为保险起见,每个实验都含有一个结论,列举出了实验包含的知识点。

探索与再探索

物理学史上不止一次出现这样的情况,最伟大的进步都发生在当传统观点认为所有的奥秘都已经被发现,而能做的仅仅是补充细节时。这里提供的亲自动手的方法就是为了帮助读者直接对物理现象进行(再)探索(作者唯一的要求就是当你获得诺贝

尔物理奖，进行演讲时，能为本书美言几句）。

一般情况下很多实验的操作方法都不止一种。每个实验至少给出了一种完整的步骤。但是在很多实验中也可以找到一系列的可选步骤及拓展。希望本书能让你有一些想法，不仅仅是关于如何进行实验，同时关于怎样提出你自己的实验想法。

实验材料

本书的每一个实验都有特定的零件清单，名为“实验材料”。由于不同读者拥有的装备类型不同，因此提供了可选的实验步骤。在本书末尾的附录A中列出了主要的提供商。

接下来列举的都是一些实验中需要用到的物品。大多数的物品在一般的物理实验室都可以获得，并且很多都可以临时提供。

- 秒表——0.1秒的精度就足够了，因为更高的精度很容易超出人的反应时间。
- 环架——本书的很多实验都需要支撑或固定住其他元件的装备。然而还可以通过其他方式实现，拥有一套基本的环架以及一些夹具可以让你获得更多的时间建立实验。
- 米尺——大部分的米尺都是厘米刻度。米尺除了测量外还具有多种功能，比如支撑镜头和镜片。在光学实验中，较薄的镜片如果有支撑的话通常装配得更好。
- 卷尺——大部分的测量都是以米为单位。尽管很容易将英尺转化为米，但是如果选择的话，以米为刻度的卷尺还是更加可取的。
- 尺子——毫米刻度。
- 弹簧——若有不同强度的弹簧可供选择，将会比较方便。最好的选择是那些可以被适当重量的物体部分拉伸的弹簧。
- 滑轮——摩擦系数及质量越小越好。
- 细绳及绳索——不同种类。需要一些强韧的细绳。能够扯断的细绳在实验24中也需要用到。
- 重物——10g~1kg质量范围内的重物。它们的顶端应有连接点，更为理想的情况是底部也有。
- 弹簧秤——不同量程，从2.5N（255g）的满量程到50N（5100g）的满量程。如果你是在人群前进行展示，应选择标有超大号文字的圆形大弹簧秤（不是吹毛求疵，但重量是以N为单位的力来表示，而质量是对物体惯性的量度，单位为g。物理主义者肯定更喜欢以N为单位衡量物体的重量）。我们的大部分工作都是基于国际单位制（SI），为了高度简化，将SI作为公制系统的特定新名。弹簧秤同样有以N为标度的（在没有选择时，也有可能以英磅为标度，这个单位现在基本没什么人使用）——如果你碰巧有这样的弹簧秤，则可进行一下数学转换。附录B中能找到相应的转换因子。

- 天平——低档的电子秤比较便宜，不到50美元即可购买到。还有一些其他选择，包括模拟三梁天平或更精确的数字天平。
- 电线——几米的绝缘电线，例如美国线规 (AWG) 18、20 或 22。
- 跨接线——不同连接组合的跨接线可以使电子实验进展更加顺利。有一种终端叫作香蕉插头，它可以很容易地将电路连接到仪表或电源供应端。还有一种弹簧夹，它以弹簧承载，紧夹在电气连接器上（在英国，一些人将它们称为“鳄鱼”夹。作者并不是凭空捏造的）。
- 直流电源（或带电线连接的电池）——一些实验还要求能够调节电压。这就需要有一个可以调节的供电电源，它可以作为元器件购买到。如图 I-1 所示的供电电源 (PASCO, 零件号 SE-8828) 花费不到150美元，但是本书中凡是需要用到直流电源的实验都可使用它。同样可以从 Sargent-Welch 购买到合理价格的直流电源，零件号 WLS-30972-81，还有 Flinn 的产品，零件号为 AP5379。一些实验的实验台上也配有可调电源。如果你的直流电源是由电池提供，则可以使用不同组合的电阻器调节电压值。电源还可以选择通过人工调节曲柄产生电压的便携式发电机（例如 PASCO，零件号 EM-8090 或 SE-8645，以及 Sargent-Welch，零件号 WL2420）。



图 I-1 供电电源，由 PASCO 提供

- 电池——C 或 D 太阳能电池及电池座。除了实验 113 外，如果你有直流电源，就不需要电池了。

- 电子仪表——非常有用，功能最多的仪表就是万用表。万用表同时具有电流表、电压表、欧姆表的功能，并且很多还能用作数字温度计。不到50美元就能买到一个万用表，大多数情况下，万用表比单独的电流表或电压表还便宜。有些实验同时需要电流表和电压表，因此这些实验则需要两个万用表。如果没有万用表，则需要独立的电流表和电压表。图I-2显示的是Sargent-Welch的万用表，零件号为WLS-30712-60（同样来自PASCO，零件号SE9786A或Frey，零件号15-531978-21），可以在本书的所有实验中使用。要注意的是：大多数场合，万用表比专用的电流表和电压表更通用。但是如果使用不正确，例如使用时电流太大，则会熔断保险丝，情况严重的话会损坏仪表。



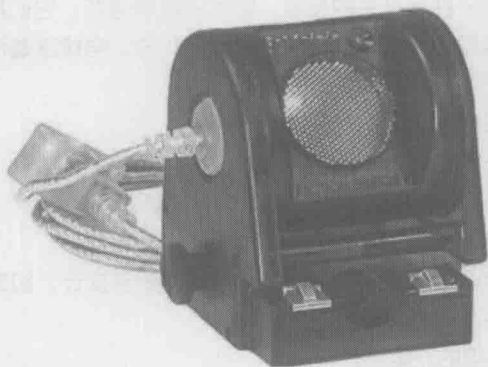
图I-2 万用表，由PASCO提供

- 检流计——检流计是一种非常灵敏的电流表，可以测量小电流。
- 验电器——一种很简单的装置，能够测量静电荷。它们很便宜并且市面上可以买到。美国的版本有一个连着电线的小球。电线连着两个金属箔片，玻璃外壳防止放电和气流影响。
- 磁铁——磁铁棒或马蹄形磁铁。
- 玻璃器皿——烧杯和长颈瓶。
- 橡皮塞——适合长颈瓶的两孔及无孔橡皮塞。
- 电炉——最好可调节，陶瓷顶。
- 酒精温度计——很多实验室都禁止使用水银温度计，因为破裂的时候会带来环境污染。
- 高压电源供电的充氢管。
- 计算器——物理学里的观点和重要见解通常都是通过计算揭示和发现的。一个简单的计算器，如TI-30或同类产品，在本书的很多实验中都很有用。

- 计算机——用途很多，包括：
 - ✦ 从运动传感器或其他测量装置（如光、声音、力、电流以及电压传感器）采集数据。
 - ✦ 在电子表格上分析数据，如Excel，确定数学模型。
 - ✦ 声卡示波器（见实验64）。
- 激光棒——从长远角度看，一个用可替换（最好是能再充电）AA电池的激光棒最通用。在很多1元店能买到的简单激光棒工作性能较好，但是不大可靠。
- 镜片——凸的、凹的、半圆的、矩形的、45°角的、60°角的以及直角的棱镜。有一些镜片是“烟雾的”，玻璃内含有散射颗粒，可以使我们在镜片内看到光束。其他镜片有磁性衬背，使它们更方便安装在磁性黑板或白板上。这使光线在黑板上追踪更容易。可以将强磁铁粘在镜片上，由此可以将它们安装在黑板上。
- 镜子——平的、凹的、凸的。
- 胶带——管带、封口胶带、绝缘带。物理中经常被忽略的一点是：胶带永远不嫌多。

能进一步完善实验的工具

- 运动传感器——用小于一台游戏机的花费，你就能够获得一台连接计算机的运动传感器。运动传感器（如PASCO，零件号PS-2303A）能够在不同时间对物体的位置进行测量。图I-3显示的即为运动传感器。PASCO运动传感器携带的Data Studio软件可以帮你在对该仪器没有太多使用经验的情况下生成“位移-时间”图、“速度-时间”图以及“加速度-时间”图。运动传感器需要一个连接计算机的简单接口。最简单的方法是连在计算机的USB口上（PS-2100A），这样不需要额外的电源。通过PS-2001可以将3台传感器连接到计算机。



图I-3 运动传感器，由PASCO提供

- 便携式数据记录器，如PASCO的Xplorer GLX（零件号PS-2002），功能与

各种传感器相类似，因而不需要用到计算机。它同样可以在更远距离的地方进行测量。

- 示波器——用手机采集的声音波形或电信号可以显示在示波器上。如果有一台示波器，你可以进行各种有趣的实验。由于每台示波器都各不相同，因此你需要一本较详细的手册或一个耐心的朋友指导你入门。如果你没有物理示波器，可用一款较便宜的软件代替，它可以使从计算机上获得的声卡成为一部函数发生器。实验64中说明了这样做的具体步骤。
- 干冰——实验125中描述的云室使用了干冰，这可以从焊接供应公司或化学用品公司获得。如果你能弄到干冰，你可能还会想多要一些来进行其他物理实验。因为干冰通常状况下是固态二氧化碳，它的温度很低，应该避免长时间接触身体。当你使用干冰时，尤其是将它弄成碎块时，要戴上护目用具。
- 冰球——一些物理实验室使用气垫导轨来减小摩擦。最低成本的选择就是采用冰球，它可以在地面上以几乎无摩擦的方式移动。在本书的一些实验中，它是一种可选方式。冰球可以从PASCO获得，零件号SE-73358，以及Sargent-Welch的Kick It Stick，零件号WLS-1764-09。
- 液氮——液氮在实验106中用来使陶瓷材料保持足够低的温度，以形成超导材料。与干冰相比，液氮有它自己的特点，在实验92中有所研究。将两种物体的作用做一下对比也很有意义。我们了解到的是：在实验106中干冰不能达到足够低温，实验125不建议采用液氮，因为它的温度太低。液氮必须储存在特定的保温容器内，名为液氮杜瓦瓶，它能安全地处理液氮变暖时生成的压力。不能使用带有密闭塞子的普通热水瓶或其他任意类型的密闭容器。液氮盛在特别设计的存储汽缸内，分配给那些做低温研究、测试产品可靠性的热循环实验以及大量使用气态氮的组织。
- 真空泵——在实验18、实验41及实验94中会用到真空泵。

心愿实验单

几年前，一些伟大的物理实验仍然只是在一些专属大学的普通人难以接触到的物理实验室内进行。如今，很多物理研究院仅需适度的预算就能进行这些实验。由于进行这些实验的价格标签都是上千而不是上百美元，对于我们中的大多数人，只能将它们当作心愿实验单。对于其中的每一个设备，我们都提出了另一种简单的低预算选择。本书涉及如下三个心愿实验单。

- 密立根油滴实验（PASCO，零件号AP-8210和Flinn Scientific，零件号AP5671）。
- 光电效应仪，如Daedelon EP-05（可以从www.daedelon.com获得或用Flinn Scientific，零件号AP5768）。
- 卡文迪许引力常数（PASCO，零件号AP-8215）。

庭院旧货

降低实验预算的另外一方面就是使用那些改装后可以在物理实验室中使用的物品。正如过去很多伟大的科学家展示的那样,很多实验是可以通过足智多谋以及心灵手巧来实现。除了四处寻觅便宜货和旧货,有时还可以看到物理爱好者在庭院旧货中搜寻不被人注意的珍宝,其他人往往都不能看到它们的真实价值。这儿有一些你可能会想要加入你智囊袋的物品。

- 保龄球——保龄球可以做成一个很好的单摆,由此可以非常精确地测出重力加速度值。保龄球可以用在实验 19、实验 22、实验 26 或实验 66 中。负重荷的螺孔可以通过敲进一个小于螺丝直径的导孔来固定住。进行实验前,仔细全面地测试你的机械连接。在观察碰撞的实验中也可以使用保龄球。
- 转椅——需要一个摩擦尽量小的转椅。在角动量守恒的实验中要用到。座位的下端部分可以用来研究旋转物体。
- 体重秤——可以用来研究静态平衡和力矩。
- 吹风机——吹风机是一种能够产生较为平稳气流的方便手段。在实验 43 探索伯努利定律时会用到。
- 鱼缸——在使用激光束的光学实验中,一个玻璃底的鱼缸将会非常有用。在实验 125 中鱼缸可能被做成云室,或在实验 123 中用作“捕鼠-裂变”演示的容器。
- 幻灯片放映机——旧的幻灯片放映机或移动投影都可以成为很好的光源。
- 激光水准仪——可以像激光棒一样使用。光束能够在墙上产生一条可见的线,这对于光线追踪非常有利。输出的可能不是光线最集中的点源,因此这不是最佳选择,例如可以与衍射光栅结合使用。
- 转盘——转盘可以改装用到旋转实验中。(这同样可以让身处数字时代的人看到类似留声机这样的具有历史意义的装置。)
- 空中曲棍球游戏装置——这是一种研究弹性碰撞的好方法。
- 滑板、直排轮滑——演示牛顿第三定律。
- 吹叶机——如果你有一台吹叶机,那么你具备了组装一部单人气垫船的大部分材料。在演示伯努利原理时,仅需直角开口,就可以用它们浮起一个沙滩排球(实验 43)。
- 自行车轮——它可以成为很好的陀螺仪,例如在实验 57 中用来进行角动量实验。
- 圣诞树灯——这是一种研究电路实验的较为划算并且方便的方法,如实验 100。它们通常是串联的或并联的。

你绝不会想到还有什么其他的東西會很有用,如桶、繩索、電線、電板、螺絲鉗、圓轉盤、高爾夫球、各種工具以及發動機。睜大你的眼睛。

目录

CONTENT

第1章 运动

- 2 | 实验1 启动，匀速运动，受到阻力
- 5 | 实验2 运动成像，运动起来
- 9 | 实验3 龟兔赛跑，你追我赶
- 12 | 实验4 力的组成：帆船如何迎风航行
- 16 | 实验5 加大油门
- 20 | 实验6 测量加速度：物体从斜坡上滚下
- 23 | 实验7 水平运动与垂直运动的独立性：从旋转的椅子上抛出篮球
- 26 | 实验8 射击练习：从桌面水平抛射物体
- 29 | 实验9 瞄准，射击目标
- 33 | 实验10 周一晚上的足球比赛，跟踪轨迹
- 36 | 实验11 猴与椰子

第2章 圆周运动

- 40 | 实验12 地球卫星的速度是什么方向呢？
- 42 | 实验13 向心力——保持行星在其轨道上运动的作用力
- 48 | 实验14 重力井
- 50 | 实验15 向心力和摩擦力：你可以绕着曲线跑多快？

- 52 | 实验16 向心力：在烧杯中赛跑的乒乓球
- 55 | 实验17 把一桶水旋过你的头顶

第3章 地心引力

- 58 | 实验18 羽毛与硬币
- 61 | 实验19 物体以多快的速度下落？
- 66 | 实验20 钱币停在这里（下落的美元），米尺测量时间
- 69 | 实验21 失重的水，在电梯内失重的物体
- 72 | 实验22 我们身处什么行星？通过摇摆物体来计算重力加速度

第4章 力与牛顿定律

- 76 | 实验23 牛顿第一定律：感恩节的晚餐上将肉汁撒在桌布上了该怎么办？
- 79 | 实验24 牛顿第一定律：扑克牌筹码、连接细绳的重物以及无摩擦冰球
- 82 | 实验25 牛顿第二定律：使物体加速
- 88 | 实验26 牛顿第三定律：作用力与反作用力
- 91 | 实验27 牛顿第三定律：“瓶制火箭”实验为何需要用到水？
- 94 | 实验28 对水的作用力，在卡车内飞行的鸟
- 96 | 实验29 滑倒与滑动
- 98 | 实验30 弹簧：拉得越远，绷得越紧
- 100 | 实验31 阿特伍德机：垂直方向“拔河”
- 102 | 实验32 极限速度，慢速下落
- 105 | 实验33 平衡：支架上的“画家”
- 108 | 实验34 悬挂标牌

111	实验 35 大气压力：爆裂的罐头
114	实验 36 大气压力：撑起杯中的水
116	实验 37 大气压力：有时报纸也会非常沉
118	实验 38 阿基米德原理：是什么使你的船浮起来了？
120	实验 39 浮沉子
122	实验 40 气压喷泉
125	实验 41 吹棉花糖：为什么宇航员在太空中不使用刮胡膏
127	实验 42 躺在钉床上
130	实验 43 伯努利原理：将悬挂的罐头吹分离
132	实验 44 质心：如何平衡扫帚
134	实验 45 一项简单的挑战，将手指放在米尺中间
136	实验 46 重心：一摞书能够超出桌沿多远的距离
139	实验 47 质心：比萨斜塔

第5章 能量/动量

144	实验 48 单摆与物理老师的明朝花瓶
146	实验 49 两个斜坡：不同角度，相同高度
149	实验 50 双珠竞走：高道与低道哪个速度更快？
154	实验 51 线性动量：在哪能找到完美的 90° 角？
158	实验 52 弹性碰撞
161	实验 53 非弹性碰撞
165	实验 54 冲量和动量：疯狂的鸡蛋
167	实验 55 利用重力移动小车
170	实验 56 冲击摆：CSI 如何测量初速？
172	实验 57 角动量：骑自行车
174	实验 58 惯性力矩：溜冰人与哑铃

- | | | |
|-----|-------|----------------------|
| 176 | 实验 59 | 是什么导致航天器指向错误的方向? |
| 179 | 实验 60 | 转动惯量: 汤的移动与滚动 |
| 181 | 实验 61 | 生成波 |
| 185 | 实验 62 | 向上滚动 |
| 187 | 实验 63 | 越过圆环, 初始时过山车需要离地面多高? |

第6章 声音和波

- | | | |
|-----|-------|-------------------------------------|
| 192 | 实验 64 | 声波看起来像什么? 示波器波形 |
| 199 | 实验 65 | 波纹箱 |
| 204 | 实验 66 | 简谐运动: 钟摆 |
| 207 | 实验 67 | 简谐运动: 弹簧振子 |
| 210 | 实验 68 | 生成正弦波 |
| 213 | 实验 69 | 自然频率 |
| 215 | 实验 70 | 共振频率: 本生灯管风琴 |
| 218 | 实验 71 | 共振: 弹簧和电磁铁 |
| 221 | 实验 72 | 声速: 测量老学校里的回声时间, 为什么伽利略不能用这个方法来测量光速 |
| 223 | 实验 73 | 声速: 缸里的共振现象 |
| 226 | 实验 74 | 多普勒效应: 与声音赛跑 |
| 228 | 实验 75 | 叠加声音, 合拍频率 |
| 230 | 实验 76 | 钟摆波 |
| 233 | 实验 77 | 利用声波测量声速 |

第7章 光学

- | | | |
|-----|-------|-----------------|
| 240 | 实验 78 | 光学射线: 用激光追踪光线路径 |
|-----|-------|-----------------|