



TEACHING MATERIALS
FOR COLLEGE STUDENTS

高等学校教材

大学物理演示实验教程

主 编 刘 冰 陈文娟

副主编 王 龙 袁顺东 彭爱华

Physical Experiment

中国石油大学出版社



大学物理演示实验教程

主 编 刘 冰 陈文娟

副主编 王 龙 袁顺东 彭爱华



中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理演示实验教程/刘冰,陈文娟主编. —东营:
中国石油大学出版社,2012.10
ISBN 978-7-5636-3811-6

I. ①大… II. ①刘… ②陈… III. ①物理学—实验—高等学校—教材 IV. ①O4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 243832 号

中国石油大学(华东)规划教材

书 名: 大学物理演示实验教程

主 编: 刘 冰 陈文娟

副 主 编: 王 龙 袁顺东 彭爱华

责任编辑: 袁超红 (电话 0532—86981532)

封面设计: 青岛友一广告传媒有限公司

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: shiyoujiaoyu@126.com

印 刷 者: 青岛锦华信包装有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社 (电话 0532—86981532, 86983437)

开 本: 180 mm×235 mm 印张: 21.5 字数: 433 千字

版 次: 2013 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 35.00 元

Preface 前言

根据教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会颁布的《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2010年版)的基本精神:“应充分利用演示实验帮助学生观察物理现象,增加感性知识,提高学习兴趣。大学物理课程的主要内容都应有演示实验。”为辅助大学物理课程教学,帮助学生加深理解大学物理教学内容,培养学生分析问题和解决问题的能力以及创新精神,充分发挥物理演示实验在大学物理教学中的重要作用,结合中国石油大学(华东)多年来的大学物理教学实践、教学改革成果、精品课程建设及演示室的现有条件,我们编写了本教程。

本书包括了中国石油大学(华东)现在开设的绝大部分物理演示实验,所列演示实验力求紧密配合大学物理课程教学,分为力学、振动与波动、光学、热学、电磁学和近代物理高新技术六部分,并包含了部分自制演示实验,实验内容力求层次分明、趣味性强及有利于大学物理课程的分类教学。全书共编入173个演示实验,基本涵盖了大学物理教学体系的主要内容。每个实验项目按照实验目的、实验仪器、实验原理、实验步骤、注意事项和思考讨论六个方面编写,对每个演示实验都作了较为详细的说明。其中,实验原理便于学生深度阅读;实验步骤可使学生留有自主探索空间;思考讨论引导和启发学生进一步拓展实验。

本书由中国石油大学(华东)理学院的教师编写,编写分工如下:第1章和第2章由刘冰编写;第3章由陈文娟编写;第4章由袁顺东编写;第5章由王龙编写;第6章由彭爱华编写。本书编写工作得到了王殿生教授、焦志勇教授和徐军副教授的热情支持及无私帮助,在此对他们表示由衷的感谢。中国石油大学(华东)教务处、理学院领导和物理与光电工程系

大学物理课程组的全体教师多年来对物理演示室的建设给予了支持和帮助,在此表示衷心感谢。本书编写中参考了大量兄弟院校的教材和网络资料,在此向相关作者致以深深谢意。

限于编者水平,书中难免存在错漏与欠妥之处,敬请专家、同行和读者批评指正。

编 者

2013年3月

Contents 目录

第 1 章 力 学	1
实验 1.1 角速度矢量合成演示	1
实验 1.2 向心力演示	2
实验 1.3 离心力演示	4
实验 1.4 科里奥利力演示	5
实验 1.5 傅科摆	6
实验 1.6 滚 摆	9
实验 1.7 离心轨道演示	11
实验 1.8 怪坡演示	13
实验 1.9 大型碰撞球	15
实验 1.10 转动定律演示	17
实验 1.11 滚动式转动惯量演示	19
实验 1.12 茹可夫斯基凳	21
实验 1.13 角动量守恒转台	22
实验 1.14 悬挂式角动量守恒	24
实验 1.15 离心节速器	25
实验 1.16 刚体转动综合演示	27
实验 1.17 转轮进动演示	29
实验 1.18 杠杆回转仪	31
实验 1.19 多功能回转仪	32
实验 1.20 流体负压演示	34
实验 1.21 伯努利悬浮乒乓球	35
实验 1.22 伯努利悬浮球	37
实验 1.23 伯努利悬浮器	38
实验 1.24 飞机升力演示(一)	39
实验 1.25 飞机升力演示(二)	41

第 2 章 振动与波动	44
实验 2.1 单摆	44
实验 2.2 弹簧振子	46
实验 2.3 共振摆	48
实验 2.4 共振小人演示	50
实验 2.5 音叉共振	51
实验 2.6 声波可见演示	54
实验 2.7 振动合成演示	55
实验 2.8 激光李萨如图形演示	57
实验 2.9 纵波演示	60
实验 2.10 智能驻波演示	61
实验 2.11 手电筒式驻波演示	63
实验 2.12 弹簧纵驻波演示	64
实验 2.13 均匀弦振动仪	66
实验 2.14 气体火焰驻波	68
实验 2.15 直投式发波水槽演示水波	70
实验 2.16 昆特管演示	71
实验 2.17 超声喷泉	73
实验 2.18 超声雾化	75
实验 2.19 激光多普勒效应演示	76
实验 2.20 大型混沌摆	77
实验 2.21 孤波演示	79
第 3 章 光 学	81
实验 3.1 窥视无穷演示	81
实验 3.2 光学分形	82
实验 3.3 光学幻影成像(一)	83
实验 3.4 光学幻影成像(二)	86
实验 3.5 光学多像簇演示	87
实验 3.6 双曲面镜成像	88
实验 3.7 复眼原理	90
实验 3.8 台式肥皂膜	92
实验 3.9 帘式肥皂膜	94
实验 3.10 半透膜	95
实验 3.11 洛埃镜	96
实验 3.12 劈尖干涉	98

实验 3.13	显微镜观察劈尖	101
实验 3.14	显微镜观察牛顿环	102
实验 3.15	反射牛顿环	104
实验 3.16	透射光牛顿环	106
实验 3.17	迈克尔逊干涉	107
实验 3.18	散射光干涉	112
实验 3.19	光的衍射实验	113
实验 3.20	双棱镜干涉测定光波波长	115
实验 3.21	分辨本领概念演示	119
实验 3.22	莫尔条纹	121
实验 3.23	透射光栅立体画	122
实验 3.24	透射光栅变换画(芭蕾舞演员)	124
实验 3.25	光栅光谱(气体元素光谱管)	125
实验 3.26	偏振光的产生与检测	127
实验 3.27	反射起偏与检偏	129
实验 3.28	光的偏振实验	130
实验 3.29	动态流水画	133
实验 3.30	玻璃片堆反射	134
实验 3.31	偏振光干涉	135
实验 3.32	消光旋光现象	137
实验 3.33	旋光色散现象	138
实验 3.34	红外接收	140
实验 3.35	光纤树	141
实验 3.36	视音频光纤通讯	144
实验 3.37	光纤通讯	145
实验 3.38	激光光纤通讯	147
实验 3.39	视觉暂留	148
实验 3.40	扫描成像原理	149
实验 3.41	梦幻时钟	151
实验 3.42	旋转字幕球	152
实验 3.43	普氏摆	153
实验 3.44	立体电视	155
实验 3.45	全息照片(卡尺)	156
实验 3.46	步行恐龙动感透射全息	158
实验 3.47	激光光学综合实验(一)	160

实验 3.48	激光光学综合实验(二)	161
实验 3.49	θ 调制	163
实验 3.50	超声光栅(声光调制)	165
实验 3.51	电光调制	168
实验 3.52	法拉第效应	171
第 4 章	古科学及热学	176
实验 4.1	西汉透光镜	176
实验 4.2	变音钟	179
实验 4.3	鱼洗	180
实验 4.4	伽尔顿板	182
实验 4.5	麦克斯韦速率分布	184
实验 4.6	分子二维运动模型	186
实验 4.7	投影气桌	188
实验 4.8	热气机	190
实验 4.9	菱形制冷机(热泵)	191
实验 4.10	能量转换演示	196
实验 4.11	卧式单缸蒸汽机	198
实验 4.12	排气式发动机	199
第 5 章	电学、磁学及电磁综合	201
实验 5.1	库仑扭秤	201
实验 5.2	范氏起电机	203
实验 5.3	韦氏感应起电机(静电感应起电机)	205
实验 5.4	雅各布天梯	208
实验 5.5	电风吹焰	210
实验 5.6	避雷针放电原理	211
实验 5.7	静电风轮(富兰克林轮)	213
实验 5.8	高压带电作业	214
实验 5.9	高压带电	216
实验 5.10	静电感应跳球	218
实验 5.11	静电除尘	219
实验 5.12	静电植绒演示	221
实验 5.13	静电屏蔽	222
实验 5.14	静电感应乒乓球	223
实验 5.15	曲面网演示电荷分布	225

实验 5.16	手摇发电机	226
实验 5.17	手触电池(接触电势差)	228
实验 5.18	温差电磁铁	229
实验 5.19	电介质极化现象演示	230
实验 5.20	亥姆霍兹线圈磁场	232
实验 5.21	磁聚焦现象演示	236
实验 5.22	居里点演示	239
实验 5.23	铁磁材料居里点测试	241
实验 5.24	磁滞回线演示	243
实验 5.25	电磁感应定律	246
实验 5.26	电磁感应演示	247
实验 5.27	电磁驱动演示	248
实验 5.28	跳环式楞次定律演示	250
实验 5.29	阻尼摆与非阻尼摆	253
实验 5.30	磁悬浮及电磁感应定律、楞次定律	254
实验 5.31	涡流管	256
实验 5.32	多功能电涡流演示	257
实验 5.33	磁悬浮球	259
实验 5.34	涡流热效应	261
实验 5.35	三相旋转磁场	262
实验 5.36	电磁炮	265
实验 5.37	能量转换轮	268
实验 5.38	互感概念演示	269
实验 5.39	电磁波模型	271
实验 5.40	J2435 型电磁波发送和接收	272
实验 5.41	电磁波发送、接收与趋肤效应	273
实验 5.42	电磁波干涉、衍射、偏振演示	276
第 6 章	近代物理高新技术及自制实验	279
实验 6.1	晶格模型	279
实验 6.2	辉光球	280
实验 6.3	辉光放电盘	282
实验 6.4	超导磁悬浮列车	283
实验 6.5	超导磁力测量	286
实验 6.6	超导零电阻	288
实验 6.7	光电效应	290

实验 6.8 普朗克常数测定	291
实验 6.9 夫兰克-赫兹实验	294
实验 6.10 电子衍射	297
实验 6.11 半导体制冷	299
实验 6.12 记忆合金	301
实验 6.13 神舟飞船	303
实验 6.14 LD 物性测量及无线光通信	304
实验 6.15 紫外线作用	306
实验 6.16 X 射线	308
实验 6.17 磁性液体浮力变化	310
实验 6.18 磁流变体制动特性	313
实验 6.19 声源定位的 GPS 模拟	317
实验 6.20 雷 达	323
实验 6.21 非线性电路混沌实验	325
参考文献	334

第1章 | 力 学

实验 1.1 角速度矢量合成演示

【实验目的】

演示角速度是一个矢量,合成角速度与两个分角速度之间遵守矢量合成的平行四边形法则。

【实验仪器】

如图 1.1 所示。

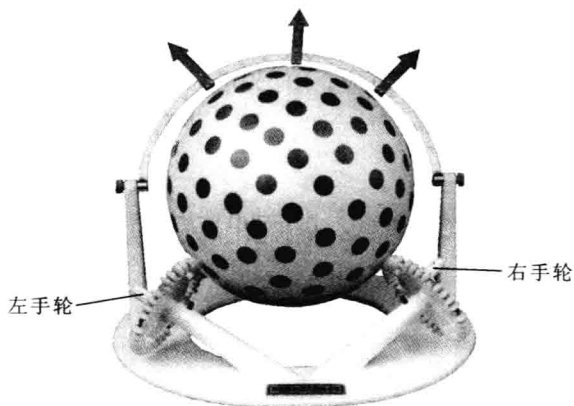


图 1.1 角速度矢量合成演示仪

【实验原理】

若刚体参与两个不同方向的转动,一个方向转动的角速度矢量是 ω_1 ,另一个方向转动的角速度矢量是 ω_2 ,则刚体的合成转动角速度矢量 ω 等于两个分角速度矢量 ω_1 和 ω_2 的矢量和,它遵守平行四边形法则。

【实验步骤】

1. 转动左手轮,使球体沿一确定的转轴匀速转动,观察者可以看到球上的红点描绘出一簇圆弧线,这些圆弧线位于与确定方向垂直的平面上。这些圆弧线转动方向按右手法则旋进的方向就是分角速度矢量 ω_1 的方向。转动半圆弧标尺并沿弧移动箭头,使其箭头指示 ω_1 的方向。

2. 按 1 中所述的操作步骤,摇动右手轮,并移动另一个箭头,使其指示出分角速度矢量 ω_2 的方向。

3. 用左、右两手分别同时摇动两个手轮,使球体同时参与两个确定的转动方向转动,使分角速度矢量沿 ω_1 和 ω_2 两个方向。当摇动两个手轮的转速相同时,即两个分角速度矢量的大小相等,则圆点所描绘出的一簇圆点位于与两箭头所指的方向的分角线方向垂直的平面上,且此圆点转动方向按右手法则旋进的方向(分角线的方向)就是合角速度矢量 ω 的方向,它们满足平行四边形运算法则: $\omega = \omega_1 + \omega_2$ 。

【注意事项】

摇动两手轮时切勿用力过猛,以免损坏仪器。

【思考讨论】

选定球面上一点 P ,令球沿 ω_1 的方向转 45° ,再沿 ω_2 的方向转 90° ,设点 P 转动后到达的位置为点 P' 。改变操作顺序,令球先沿 ω_2 的方向转 90° ,再沿 ω_1 的方向转 45° ,到达点 P'' 。两点 P' 和 P'' 是否重合?

实验 1.2 向心力演示

【实验目的】

演示物体受到的向心力与物体质量、物体到轴的距离、转速之间的关系。

【实验仪器】

如图 1.2 所示。

【实验原理】

能够使物体作匀速圆周运动的大小不变、方向时刻改变的力称为向心力。向心

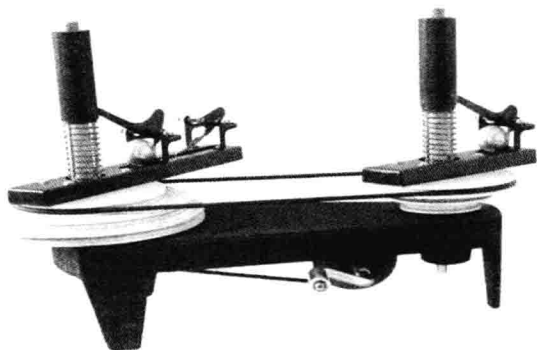


图 1.2 向心力演示仪

力大小的计算公式为：

$$F_{\text{向}} = m \frac{v^2}{R} = mR\omega^2$$

式中, m 为物体的质量; R 为圆周运动的半径; ω, v 分别为角速度和速度的大小。

【实验步骤】

1. 演示向心力与质量的关系：

(1) 将质量分别为 m_1, m_2 的钢球放在长、短悬臂上, 两球到轴的距离相等。

(2) 将橡皮带套在两个大小相同的变速轮上, 使两小球转动的角速度相同, 即 $\omega_1 : \omega_2 = 1 : 1$ 。

(3) 摇动手柄可以看到, 若 $m_1 = m_2$, 两示力标尺的读数相同, 说明两球所需向心力相同; 若 $m_1 \neq m_2$, 两示力标尺读数不同, 质量越大, 示数越大, 说明所需向心力越大。

2. 演示向心力与轨道半径的关系：

(1) 将质量相等的两钢球分别放在离轴距离不等的长、短悬臂上。

(2) 将橡皮带套在半径不同的转轮上, 使它们的转速不同, 即 $\omega_1 \neq \omega_2$ 。

(3) 摇动手柄, 可看到离轴距离越大的钢球, 其示力标尺读数越大, 说明所需向心力也越大。

【注意事项】

手摇手柄时不要用力过大, 克服惯性加力要缓慢, 以免损坏仪器。

【思考讨论】

试分析物体作一般曲线运动时所受到的向心力。

实验 1.3 离心力演示

【实验目的】

通过观察弹性圆环在转动时的变扁现象,感受离心力的存在与作用。

【实验仪器】

如图 1.3 所示。

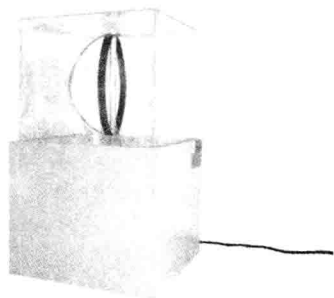


图 1.3 离心力演示仪

【实验原理】

一个水平放置并可以转动的圆盘上沿径向开一光滑的槽,将一小球放在槽里并靠近转轴。当转盘转动时小球沿径向由里向外运动,小球不作圆周运动,地面上的观察者认为这是小球缺少向心力的缘故;转盘上的观察者则认为小球作直线加速运动,必有一力向外拉小球,这个向外拉的力称为离心力。由于建在转动的转盘上的参照系是非惯性系,所以那个向外拉的力称为惯性力。

用钢片做成的圆环,侧面打孔穿在转轴上,下侧固定在转轴上,上侧与轴不固定,以便留有变形余地。当转轴转动时,钢片环与轴一起转动,离心力向外拉钢片,钢片环变扁。由于离心力 f 的大小为:

$$f = -m \frac{v^2}{r} = -mr\omega^2$$

式中, m 为物体的质量; r 为物体至轴心的距离; v, ω 分别为速度和角速度的大小。

由上式可知,转速越高,离心力越大,平衡离心力所需的弹性力也越大,于是钢片环变形越严重。当转速稳定时,钢片环保持一定的形状。

【实验步骤】

首先接通电路,再打开电源开关,电机开始旋转,钢片环也随之转动,同时开始变扁。随着转速的加快,钢片环越来越扁,直到电机转速稳定下来,钢片环的形状处于稳定。关闭电机开关,电机转速逐渐降低直至停止,钢片环变扁的程度逐渐减轻直至恢复原状。

【注意事项】

实验时切勿将仪器上的玻璃罩取下,以免高速转动的钢片割伤操作者。

【思考讨论】

1. 匀速转动与变速转动的参照系都是非惯性系吗?
2. 水桶里放一片树叶,搅动水使其旋转,树叶将处在什么位置?

实验 1.4 科里奥利力演示

【实验目的】

演示科里奥利力的存在。

【实验仪器】

如图 1.4 所示。



图 1.4 科里奥利力演示仪

【实验原理】

1835年,法国气象学家科里奥利(Coriolis)提出,为了描述旋转体系的运动,需要在运动方程中引入一个假想的力,这就是科里奥利力。

科里奥利力来自物体运动所具有的惯性。在旋转体系中进行直线运动的质点,由于惯性的作用,有沿着原有运动方向继续运动的趋势,但是由于体系本身是旋转的,在经历了一段时间的运动之后,体系中质点的位置会有所变化,而它原有的运动趋势的方向,如果以旋转体系的视角去观察,就会发生一定程度的偏离。

科里奥利力的计算公式为:

$$\boldsymbol{F} = 2m\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{\omega}$$

式中, \boldsymbol{F} 为科里奥利力; m 为质点的质量; \boldsymbol{v} 为质点的运动速度; $\boldsymbol{\omega}$ 为旋转体系的角速度。

本实验中,竖直平面内的圆盘边缘上串有小珠的细链,用手拨动圆盘使其旋转,则珠帘也会随着转动。当水平面的圆盘也旋转后,可以明显看到珠帘有偏转,就好像有一个力在拉动使其发生倾斜偏转一样。

【实验步骤】

用手拨动竖直平面内的圆盘使细链转动,然后轻轻转动水平面上的圆盘,仔细观察现象。

【注意事项】

拨动转盘不要用力过猛,以免损坏装置。

【思考讨论】

试举出几个日常生活中能验证科里奥利力存在的例子。

实验 1.5 傅科摆

【实验目的】

通过演示单摆摆动平面的旋转,直观地观察科里奥利力的存在和作用,验证地球的自转。