



普通高等教育“十一五”规划教材
21世纪物理实验丛书

DAXUE WULI
YANSHISHIYAN JIAOCHENG

大学物理 演示实验教程

李云宝 李 钰 主编



科学出版社
www.sciencep.com

·普通高等教育“十一五”规划教材·

21 世纪物理实验丛书

大学物理演示实验教程

李云宝 李 钰 主编

科学出版社

北 京

版权所有，侵权必究

举报电话：010-64030229；010-64034315；13501151303

内 容 简 介

本教程是在公共选修课“大学物理演示实验”课程讲义的基础上整理总结而成，其中融合了大部分的大学物理课演示实验。书中包括了 90 个演示实验，涵盖了力学、振动与波、热学、电磁学、光学和现代新技术等方面演示实验内容。书中对每一个实验都作了较详细的说明，读者可以根据此教程对实验原理、实验仪器、实验步骤以及注意事项进行深入和全面的了解。部分实验还设置了一些思考题，便于读者进一步探索实验所涉及的知识。

本书可以作为“大学物理演示实验”课程的教材，对于从事基础物理教学的教师、正在学习大学物理课的学生或对物理感兴趣的学生，也具有很好的参考价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

大学物理演示实验教程/李元宝，李钰主编. —北京：科学出版社，2009
(21 世纪物理实验丛书)
普通高等教育“十一五”规划教材
ISBN 978-7-03-023935-8

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 008284 号

责任编辑：冯贵层 高 嵘 / 责任校对：董艳辉

责任印制：彭 超 / 封面设计：苏 波

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

京山德兴印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 2 月第 一 版 开本：B5 (720×1000)

2009 年 2 月第一次印刷 印张：12 1/2

印数：1—3 000 字数：239 000

定价：21.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

前 言

20 世纪是科学技术飞速发展的世纪,以信息和计算机技术为代表的高新技术推动了人类物质文明和社会文明的进步。追溯其源,皆来自以物理学为代表的基础自然科学的发展。掌握物理学的基本知识、基本概念、基本规律和基本方法,不仅是学生继续学习专业课程和其他科学技术的基础,而且有助于培养和提高学生的科学素质、科学思维方法和科学研究能力。因此,物理课是一门重要的基础课。

杨振宁先生在谈到物理学时指出:“很多学生在学习中形成一种印象,以为物理学最重要的部分就是一些演算。演算是物理学的一部分,但不是最重要的部分。物理学最重要的部分是与现象有关的。绝大部分物理学是从现象中来,现象是物理学的根源。一个人不与现象接触不一定不能做重要的工作,但是他容易误入形式主义歧途;他对物理学的了解不会是切中要害的。”现象是物理学的根源,通过观察现象来学习物理是一条有效的学习途径。有些现象,如力学中的陀螺进动,不通过实验演示,是很难让学生在脑海里形成清晰的物理图像的。演示实验可以激发学生的学习兴趣,促进其对现象的思考,加深其对知识的理解,提高其科学探究水平,开阔视野,从而促进全面发展,在人才创新能力培养和科学素质培养中起着不可替代的作用。

本教程包括了我校现在开设的绝大部分物理演示实验。书中对每一个实验都作了较详细的说明,尤其是对实验原理作了详细的讲述,读者可以根据此教程对每个实验的实验仪器、实验原理、实验内容及步骤以及注意事项进行全面和深入的了解。部分实验还设置了一些思考题,便于读者进一步理解实验所涉及的知识。对于从事基础物理教学的教师以及相关技术人员和正在学习物理课的学生来说,本书具有很好的参考价值。

目前,我们开设的演示实验有 90 个,这些资源凝聚了许多教师多年的辛勤劳动和心血,他们既是演示实验仪器的使用者,又是物理演示实验的建设者。本书由李云宝、李钰任主编,周怡、戴厚梅、王辉、徐千山任副主编。参加编写的还有童明强、蒋超、衡伯军、李新、魏然、侯阳来、徐麦荣、闵永泉、季玲玲等。本书的编写工作也受到了武汉科技大学应用物理系全体教师的热情支持和帮助,在此对他们表示由衷的感谢。

限于编者水平,本教程难免存在不足与错漏,敬请专家、同仁和读者批评指正,不吝赐教。

编 者

2008 年 10 月

目 录

第一章 力学演示实验	1
实验一 伯努利悬浮器	3
实验二 飞机的升力	4
实验三 进动仪	5
实验四 科里奥利力演示	7
实验五 力学锥体上滚	8
实验六 刚体转动综合演示	9
实验七 双节混沌摆	11
实验八 傅科摆	12
实验九 质心运动演示	14
实验十 离心力演示	15
实验十一 角速度矢量合成演示	16
实验十二 滚摆	18
实验十三 弹性碰撞演示仪	20
实验十四 逆风行舟	21
实验十五 导轨滚球演示仪	23
实验十六 导轨滚柱演示仪	24
第二章 振动与波演示实验	27
实验十七 共振	29
实验十八 奇妙的“鱼洗”	30
实验十九 简谐振动的合成	31
实验二十 受迫振动	32
实验二十一 孤立波	33
实验二十二 波动综合演示	35
实验二十三 液体驻波	36
实验二十四 水波实验	37
实验二十五 多普勒效应演示	38
实验二十六 音叉演示拍	40
实验二十七 超声喷泉	41
实验二十八 变音钟	43

第三章 热学演示实验	45
实验二十九 家用冰箱、空调制冷系统原理	47
实验三十 热力学第二定律开尔文表述演示	49
实验三十一 热力学第二定律演示	50
实验三十二 热效率演示	51
实验三十三 麦克斯韦速率分布演示	53
实验三十四 伽尔顿板	55
实验三十五 记忆合金热机	57
第四章 光学演示实验	59
实验三十六 白光再现全息图	61
实验三十七 分辨本领实验	64
实验三十八 光通信及互感现象	66
实验三十九 光纤通信演示	72
实验四十 偏振光演示	74
实验四十一 会聚偏振光干涉	77
实验四十二 色度学实验	80
实验四十三 双折射现象	84
实验四十四 激光几何光学演示	85
实验四十五 激光综合光学演示	87
实验四十六 激光李萨如图形演示	89
实验四十七 光学幻影	91
实验四十八 龙飞凤舞	92
实验四十九 铜镜透字	94
实验五十 海市蜃楼	95
实验五十一 帘式肥皂膜演示仪	97
实验五十二 方解石模型	99
实验五十三 方解石的双折射	100
实验五十四 二氧化碳激光器	101
实验五十五 氦氖激光器	103
第五章 电磁学演示实验	105
实验五十六 安培力演示实验	107
实验五十七 电磁波的发射、接收与趋肤效应	108
实验五十八 电磁驱动演示实验	111
实验五十九 法拉第电磁感应定律演示	112
实验六十 阻尼摆与非阻尼摆	113

实验六十一	电光调制说明	115
实验六十二	静电现象演示实验	117
实验六十三	热磁轮演示	121
实验六十四	手掌蓄电池	122
实验六十五	跳环式楞次定律演示	123
实验六十六	亥姆霍兹线圈磁场演示	124
实验六十七	涡流热效应演示	126
实验六十八	雅格布天梯	128
实验六十九	RC 电路时间常数演示	129
实验七十	RLC 串联与并联谐振演示实验	131
实验七十一	电路混沌效应	132
实验七十二	基尔霍夫定律的演示	137
实验七十三	磁化模拟演示实验	138
实验七十四	光点反射磁致伸缩演示仪	139
实验七十五	互感演示实验	141
实验七十六	静电植绒	142
实验七十七	通电、断电自感演示实验	144
实验七十八	滴水自激感应起电	145
实验七十九	静电荷在曲面上的分布	146
实验八十	日光灯的静电启辉	147
实验八十一	鸟笼演示静电屏蔽	149
实验八十二	电介质极化	150
实验八十三	闪光灯演示电容器储能	152
第六章 现代新技术演示实验		155
实验八十四	神州号飞船仿真模型——太阳能应用	157
实验八十五	燃氢汽车	158
实验八十六	氢燃料电池组	159
实验八十七	超导磁悬浮列车演示	160
实验八十八	变压器设计与特性研究	162
实验八十九	动力学系列实验	170
实验九十	热辐射系列实验	186

第一章

力学演示实验

实验一 伯努利悬浮器

【实验目的】

演示伯努利定律。

【实验仪器】

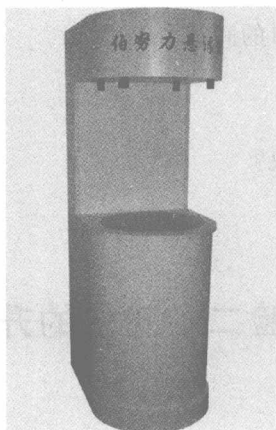


图 1-1 伯努利悬浮器

【实验原理】

18 世纪瑞士物理学家丹尼尔·伯努利发现,理想流体在重力场中做稳定流动时,同一流线上各点的压强、流速和高度之间存在一定的关系:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2 + \rho gh_2$$

此关系式即为伯努利方程。

若在同一水平流线上,则有

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2$$

式中, ρ 为流体密度; P_1 、 V_1 为一处流体的速度和压强; P_2 、 V_2 为另一处流体的速度和压强。显然,当流体流过物体表面时,如流速大,则压强小,如流速小,则压强大。

【实验内容及步骤】

(1) 打开电源开关,气流从风口涌出。

(2) 将圆盘托起到空气出口处,空气沿圆盘四周高速流出。根据伯努利方程,因为圆盘上方气体的流速比下方大,故圆盘上方的压强小,而下方压强大,对圆盘产生一个向上的推力。

(3) 在一定的情况下(注意圆盘和空气出口之间的间隙),当这个推力大到足以抵消圆盘自身的重力时圆盘就会悬浮起来。

【注意事项】

注意调整圆盘和空气出口的间隙。

【思考题】

生活中有哪些伯努利现象?

实验二 飞机的升力

【实验目的】

了解飞机升力的产生。

【实验仪器】

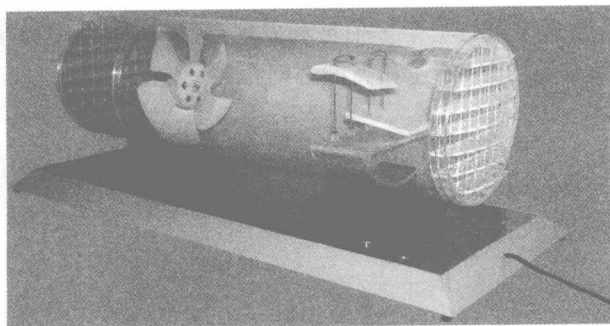


图 2-1 飞机升力演示仪

【实验原理】

流体流动时,在同一水平流线上的压强 p 与流速 v 存在一定的关系:

$$p + \frac{\rho v^2}{2} = \text{恒量 (伯努利方程)}$$

它表明:流速大的地方压强小,流速小的地方压强大。飞机能在空中飞翔就是利用这一原理。

飞机机翼的形状是经过精心设计的,呈流线型,下面平直,上面圆拱,飞行时能使流过机翼上方空气的流速大于机翼下方的空气流速。从伯努利方程来看,在速度比较大的一侧压强要相对低一些,因此机翼下表面的压强要比上表面大,形成一个向上偏后的总压力,它在垂直方向上的分力叫举力或升力(图 a)。实验指出,举力与机翼的形状、气流速度和气流冲向翼面的角度有关。正是举力的作用使飞机机翼向上举起。如果机翼的上下形状相同(图 b),那么上下压强相同,就不存在压力差,即没有升力。

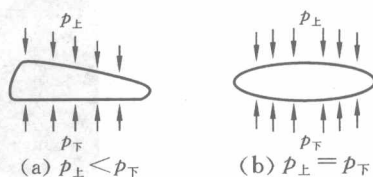


图 2-2 机翼的受力

【实验内容及步骤】

打开电扇开关,让气流流过机翼,模拟飞机向前飞行。观察两种不同形状机翼的运动情况:流线型机翼向上升起,平直机翼纹丝不动。

【注意事项】

实验时,模拟流动空气的出口与机翼调整好一定的方向与角度,否则现象不明显。

【思考题】

飞机的类型与升力。

实验三 进 动 仪

【实验目的】

演示刚体的进动和陀螺的定轴性这一物理现象。

【实验仪器】

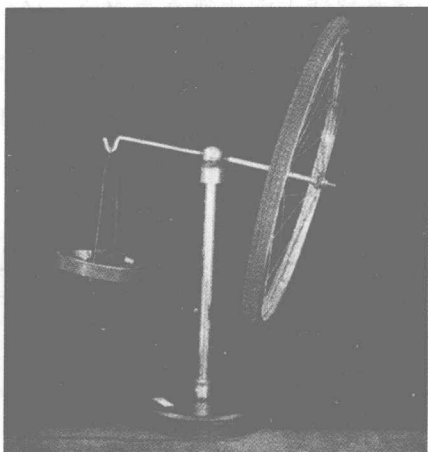


图 3-1 进动演示仪

【实验原理】

绕旋转对称轴以很大的角速度转动的物体(陀螺),如果没有外力矩的作用,由于惯性,物体转动轴的方向保持不变。迅速转动的陀螺受外力矩(如重力力矩)作用时,它并不是立即倾倒,而是转动轴绕着某固定轴缓缓转动,即进动。由于摩擦等因素使陀螺绕对称轴转动的角速度逐渐变小,才慢慢地倾倒下来。该仪器可以直观地演示出刚体的进动和陀螺的定轴性这一物理现象。

【实验内容及步骤】

调节配重水平位置,使转盘静止时,转轴水平。转动转盘,转轴仍可水平。调节配重位置,转轴将以支架为轴,顺时针或逆时针方向转动,即进动现象。

【注意事项】

操作时,注意进动仪在开始和结束进动时,防止自转仪掉下摔坏仪器和伤害操作者。

【思考题】

定向转动以及进动和章动现象的关系。(观察陀螺的运动)

实验四 科里奥利力演示

【实验目的】

演示科里奥利力。

【实验仪器】

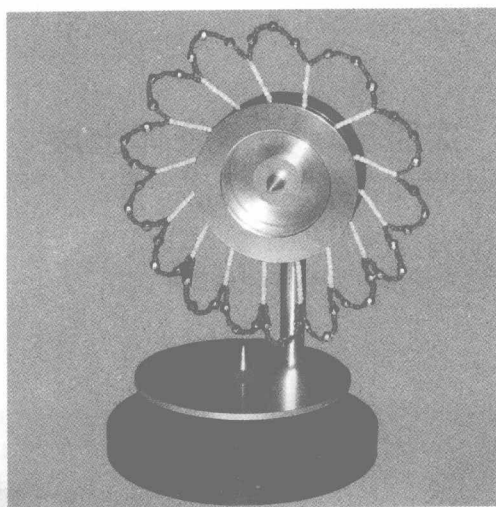


图 4-1 科里奥利力演示仪

【实验原理】

使陀螺的自转轴绕水平轴转动,并适当调节陀螺轴的位置固定之。手持陀螺,使陀螺轴水平,驱动陀螺后随之释放。陀螺的质量对水平轴形成力矩。在此力矩的作用下,整个陀螺绕垂直轴转动-进动。其关系为

$$M = I\omega \times \Omega$$

式中, ω 为陀螺角速度矢量; Ω 为进动角速度矢量。

【实验内容及步骤】

使陀螺的自转轴固定,驱动陀螺再使之绕垂直轴转动,可见飞轮轮缘上所穿的

塑料珠处于上下端时向内外偏移最明显,偏移的原因就是受到科氏力的作用。其关系为

$$f = 2m \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}$$

式中, f 为科氏力; v 为质点——塑料珠的线速度; ω 为绕垂直轴转动的角速度。

【注意事项】

注意保护实验仪器。

【思考题】

试分析水池里的水流入下水口的涡旋方向,将理论与实验结果作一比较。

实验五 力学锥体上滚

【实验目的】

验证物体运动的趋势是使重力势能降到最小。

【实验仪器】

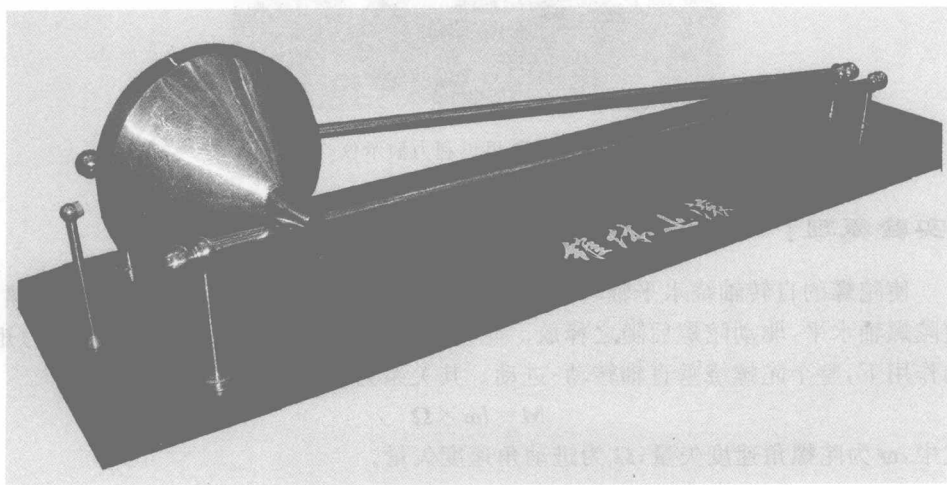


图 5-1 锥体上滚演示仪

【实验原理】

物体运动的趋势是使重力势能降到最小。

仪器的固定部分是导轨,高端处两轨相距较大。低端处两轨相距较小。可以滚动的部分,则作成锥体形状的滚轮,具体的参数保证锥形滚轮处于高端处。与导轨接触处是锥体的锥顶部分,横截面的圆半径小,使得锥形滚轮的重心最低——重力势能最小。锥形滚轮处于低端处,与导轨接触处是接近锥体的锥底部分,横截面的圆半径大,使得锥形滚轮的重心最高——重力势能最大。因此,从导轨底端处,释放滚轮,滚轮就沿导轨从底端滚向高端,在滚动过程中由于导轨的间距逐渐增大,使得滚轮的重心逐渐降低,重力势能逐渐减小。

【实验内容及步骤】

把双圆锥体放在 V 字型轨道的低端,松手后锥体便会自动滚上这个斜坡,到达高端后停止。

【注意事项】

注意不要将锥体搬离轨道。

【思考题】

若放置锥体于轨道上略有倾斜,研究锥体的运动,并通过实验证实。

实验六 刚体转动综合演示

【实验目的】

演示角动量的矢量合成、角动量守恒、进动现象。

【实验仪器】

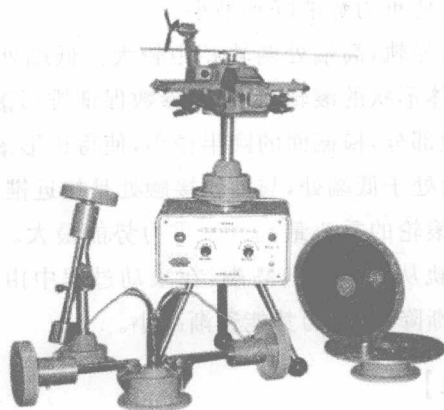


图 6-1 刚体转动综合演示仪

【实验原理】

角速度矢量 ω 的合成满足平行四边形法则, 而一个系统在合外力矩为 0 的条件下, 角动量守恒。由一个厚而重、形状对称的刚体绕对称轴高速自转的装置叫回转仪, 它具有奇特的回转效应(进动)。

该套综合演示仪, 可演示角速度、矢量示角速度、矢量的合成、角动量守恒、进动现象等。如图所示, 其主要特点有:

(1) 由于这套仪器的基本件是一个可接入两对导线的转动台, 而其他均属附件, 因此, 除了现有附件外, 还可以根据不同的教学对象、教学内容的需要, 不断制作新的附件, 进行教学演示。

(2) 转动台采用交流电源。

另外, 此仪器可在教学班进行单件演示, 也可以作为阶段性的综合演示, 使用方便, 适用范围较广。

【实验内容及步骤】

(1) 角动量矢量合成。开动电机, 使转碟转动起来, 具有一个向左的角动量 L_1 ; 然后用手推动底座大圆盘逆时针转动, 使转碟又具有一个向上的角动量 L_2 。则转碟的总角动量 L 等于 L_1 和 L_2 的矢量和, 其方向指向左上方。于是, 转碟的旋转面将改变为指向左上方。控制底座圆盘的转速, 就是控制 L_2 具有不同的大小, 即转碟转面的倾角不同。