



“十三五”普通高等教育应用型规划教材

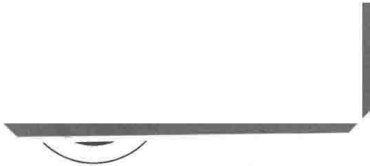
大学物理演示实验

DAXUEWULI YANSHISHIYAN

主 编 姜 义 曹 萍
岳巾英 李素文



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



普通高等教育应用型规划教材

大学物理演示实验

主 编 姜 义 曹 萍
岳巾英 李素文
副主编 岳 明

北京邮电大学出版社
• 北京 •

内 容 简 介

本书是在总结基础实验教学改革成果的基础上编写而成的。本书分为力学、热学、振动与波、电磁学、光学、现代新技术 6 章,共有 105 个演示实验内容。每个实验项目从实验目的、实验装置、实验原理、实验步骤、注意事项 5 个方面分别进行介绍。

本书可作为高等学校理工科专业和文科专业学生的大学物理演示实验教材,也可供从事物理实验教学的相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理演示实验/姜义等主编. -- 北京:北京邮电大学出版社,2016. 8

ISBN 978-7-5635-4888-0

I. ①大… II. ①姜… 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(2016)第 189269 号

-
- | | |
|------|--|
| 书 名 | 大学物理演示实验 |
| 主 编 | 姜 义 曹 萍 岳巾英 李素文 |
| 责任编辑 | 刘国辉 |
| 出版发行 | 北京邮电大学出版社 |
| 社 址 | 北京市海淀区西土城路 10 号(100876) |
| 电话传真 | 010-82333010 62282185(发行部) 010-82333009 62283578(传真) |
| 网 址 | www3.buptpress.com |
| 电子信箱 | ctrd@buptpress.com |
| 经 销 | 各地新华书店 |
| 印 刷 | 北京泽宇印刷有限公司 |
| 开 本 | 787 mm×960 mm 1/16 |
| 印 张 | 12 |
| 字 数 | 261 千字 |
| 版 次 | 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷 |
-

ISBN 978-7-5635-4888-0

定价: 25.00 元

如有质量问题请与发行部联系
版权所有 侵权必究

前 言

物理学是研究物质运动变化的一般规律和物质结构的自然科学,它是以实验为本的科学,所有的物理概念、物理规律都是在实验的基础上总结和概括出来的。许多新技术领域的开拓都源于物理实验的重大进展。人们在大学物理演示实验中,对丰富多彩的物理现象进行观察和探究,将抽象的物理概念形象化、物理规律直观化。

近年来,随着科技的发展和进步,物理演示实验的演示手段、演示仪器也在不断发展创新,演示内容也早已超越传统的课堂教学内容。通过接触这些趣味性、科普性和时代性的演示实验,可扩展理工科和文科大学生的知识背景,增进他们对现代技术的了解,激发他们学习的兴趣。

为进一步发展基础实验教学,深化新常态下大学物理实验教学改革,结合长春工程学院应用型本科办学特色及教学特点,特组织编写了本书。根据物理学自身的学科体系,本书内容共分为6章,共计105个演示实验内容,每个实验均按照实验目的、实验装置、实验原理、实验步骤和注意事项的结构编写。本书第1章为力学,演示了运动合成及动量守恒定律。第2章为热学,演示了热力学第二定律,并介绍了一些常见的热能与动能转化模型。第3章为振动与波,演示了受迫振动与共振类相关实验。第4章为电磁学,演示了一些静电实验和电磁感应实验。第5章为光学,有干涉类、衍射类及光栅类演示实验。第6章为现代新技术,介绍物理学在现代科技中的应用。

本书由姜义统稿。第1、3、6章和附录由姜义、李素文、岳明编写,第2、4章由曹萍编写,第5章由岳巾英编写。

由于编写时间紧迫,加之作者水平有限,本书内容难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者
2016年5月

CONTENTS 目 录

第 1 章 力学	1
1.1 锥体上滚	1
1.2 角速度矢量合成	3
1.3 动量守恒演示	5
1.4 刚体综合演示	8
1.5 会飞的碗	11
1.6 能量转换轮演示	12
1.7 无源之水实验	13
1.8 台式肥皂膜演示	14
第 2 章 热学	18
2.1 布朗运动	18
2.2 麦克斯韦分布率	19
2.3 斯特林热机	22
2.4 热力学第二定律(开尔文表述)	24
2.5 热力学第二定律(克劳修斯表述)	26
2.6 汽油机模型演示	29
2.7 柴油机模型演示	31
第 3 章 振动与波	34
3.1 简谐振动的合成	34
3.2 鱼洗	36
3.3 纵波	39
3.4 弦线驻波	41
3.5 声波波形演示	44
3.6 水波盘	45
3.7 超声雾化	47
3.8 击鼓共振实验	48

3.9	红外接收演示	49
3.10	激光李萨如图形演示	50
第4章	电磁学	52
4.1	维氏起电机	52
4.2	静电摆球	56
4.3	静电跳球	58
4.4	静电感应盘	59
4.5	静电滚筒	60
4.6	静电除尘	61
4.7	尖端放电	63
4.8	富兰克林轮演示	64
4.9	辉光球	65
4.10	辉光盘	67
4.11	雅格布天梯演示实验	68
4.12	高压带电作业	69
4.13	跨步电压	71
4.14	压电效应	73
4.15	绝缘体转换为导体	74
4.16	滴水感应起电机	75
4.17	热效率演示	77
4.18	潮汐发电	78
4.19	磁力演示	79
4.20	磁聚焦现象演示	80
4.21	投影式洛伦兹力	83
4.22	安培力演示	84
4.23	巴比伦	85
4.24	电磁波的发射和接收	86
4.25	电磁炮	89
4.26	电磁感应现象演示	90
4.27	法拉第圆盘发电机	92
4.28	趋肤效应	93
4.29	阻尼摆与非阻尼摆	95
4.30	对比式楞次定律	96
4.31	电磁驱动演示	97
4.32	涡流热效应	99

4.33	通电、断电自感	100
4.34	互感概念	103
4.35	磁光调制	104
4.36	介电常数的测定	106
4.37	电介质对电容的影响	108
第5章	光学	110
5.1	夫琅禾费单缝、双缝和三缝衍射	110
5.2	单丝灯光源与多缝衍射花样	112
5.3	一维光栅衍射	114
5.4	正交光栅衍射	115
5.5	旋转式小孔衍射	116
5.6	分辨本领演示	118
5.7	动态窥视无穷	120
5.8	凹面反射镜成像	121
5.9	幻影合成	123
5.10	再现全息图	124
5.11	反射光栅立体画	127
5.12	透射光栅立体画	128
5.13	反射起偏与检偏	129
5.14	偏振光干涉、投影演示	131
5.15	双折射	133
5.16	双面镜干涉	134
5.17	散射光干涉	136
5.18	波带片成像	138
5.19	导光水柱	139
5.20	光导纤维	141
5.21	气体光谱灯(光栅光谱仪)	142
5.22	声光调制	143
5.23	电光调制	145
5.24	视错觉	148
5.25	神秘的普氏摆	149
5.26	模拟海市蜃楼	150
5.27	梦幻点阵	151
5.28	三基色灯演示	153
5.29	激光琴	155

5.30	天文望远镜·····	156
5.31	真实的镜子演示实验·····	158
5.32	同自己握手演示实验·····	159
5.33	无皮鼓实验·····	160
第6章	现代新技术·····	162
6.1	太阳能宇宙飞船实验·····	162
6.2	超导磁悬浮·····	163
6.3	氢电池·····	165
6.4	人造火焰·····	166
6.5	龙卷风的形成·····	169
6.6	风力发电实验·····	170
6.7	风洞实验·····	172
6.8	智能型太阳能综合演示实验·····	175
6.9	光纤通信实验·····	177
6.10	温度报警器演示实验·····	178
附录	历年诺贝尔物理学奖·····	180

第1章 力 学

1.1 锥 体 上 滚

一、实验目的

- (1)通过锥体上滚运动的演示,观察与思考沿斜面轨道上滚运动的现象。
- (2)深入了解在重力场中,物体总是以降低重心、力求稳定的规律。

二、实验装置

实验装置如图 1.1 所示。

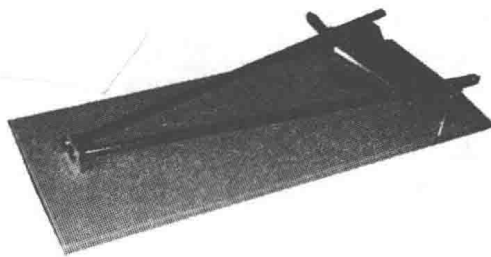


图 1.1 锥体上滚轮装置

三、实验原理

能量最低原理指出:物体或系统的能量总是自然趋向最低状态。实验中的锥体怎么从低处向高处滚动呢?原因在于:本实验导轨的低端两根导轨的间距小,锥体停在此处重心被抬高了;相反,在高端两根导轨较为分开,锥体在此处下陷,重心实际上降低了。实验现象仍然符合能量最低原理。其核心问题在于刚体在重力场中的平衡问题,而自由运动的物体在重力的作用下,总是平衡在重力势能极小的位置。本实验演示锥体在斜双杠上自由滚动的

现象,巧妙地利用锥体的形状,将支撑点在锥体轴线方向上的移动(横向)对锥体质心的影响同斜双杠的倾斜(纵向)对锥体质心的影响结合起来,当横向作用占主导时,甚至表现为出人意料的反常运动,即锥体会自动滚向斜双杠较高的一端。

如图 1.2 所示为锥体上滚轮原理图。在本装置中,影响锥体滚动的参数有三个,即导轨的坡度角 α 、双轨道的夹角 γ 和双锥体的顶角 β 。 β 角是固定的,夹角 γ 与 α 是可调的。双锥体重心 O 能否移动与此三个角的大小有关系。

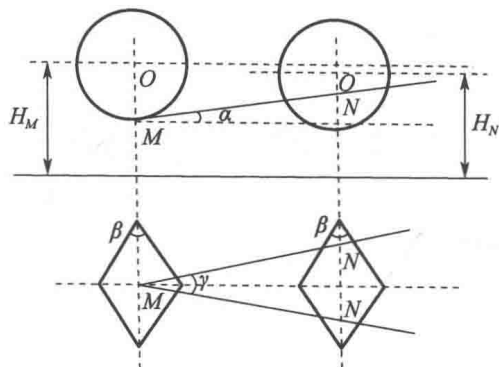


图 1.2 锥体上滚轮原理图

双锥体重心 O 位于锥体轴线的中点,当锥体置于轨道最低点时(见图 1.2),锥体在轨道上的支点为 M ,重心 O 距底座台面的高度为 H_M ;当锥体位于轨道较高处时,由于两轨道存在夹角而变宽,使锥体支于 N 点,重心 O 距台面高度降低为 H_N ,由于 $H_N < H_M$,此时重心 O 下降,锥体所以才上滚,这种现象主要是由在重力作用下,重心 O 下降引起的。计算表明,当角 α 、 β 、 γ 满足下面关系:

$$\tan \frac{\beta}{2} \tan \frac{\gamma}{2} > \tan \alpha \quad (1.1)$$

就会出现锥体主动上滚的现象。

四、实验步骤

(1)通过螺母调节 α 和 γ 的大小使之满足上述关系。

(2)将双锥体置于轨道低处,松手后锥体沿轨道自低处向高处滚动。调节 α 和 γ 中的一个角度,使之不满足上述关系,双锥体将不能上滚。

1.2 角速度矢量合成

一、实验目的

通过角速度合成演示仪,演示角速度物理量是一个矢量,证明其合成角速度矢量与两个分角速度矢量间遵守矢量合成的平行四边形法则。

二、实验装置

实验装置如图 1.3 所示。

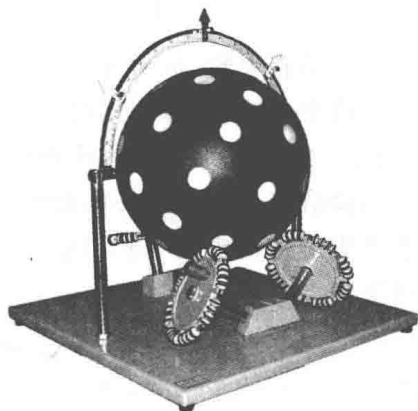


图 1.3 角速度矢量合成装置

三、实验原理

若刚体(球体)参与两个不同方向的转动,一个方向转动的角速度矢量为 ω_1 ,另一个方向转动的角速度矢量是 ω_2 ,则刚体的合成转动的角速度矢量 ω 等于两个角速度矢量 ω_1 和 ω_2 的矢量和,它们遵守平行四边形法则(见图 1.4)。

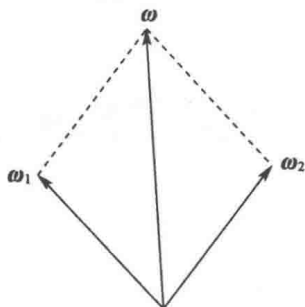


图 1.4 平行四边形法则图形

四、实验步骤

(1) 摇动左手轮,使球体沿一确定的转轴匀速转动,观察者可以看到球上的圆点扫描出一簇圆弧线,这些圆弧线位于与确定方向相垂直的平面上,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。转动半圆弧形标尺并沿弧移动箭头,使其箭头指向 ω_1 的方向。

(2) 按(1)中所述的操作步骤,摇动右手轮,移动箭头示出角速度矢量 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,则圆点所描出的一簇圆圈恰位于与两箭头所指的方向的分角线方向相垂直的平面上,且此圆圈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:

$$\omega = \omega_1 + \omega_2 \quad (1.2)$$

(4) 若左手轮摇动的转速大于右手轮的转速时, $|\omega_1| > |\omega_2|$, 与圆点扫描出的一簇圆圈平面相垂直的方向(合成矢量角速度的 ω 的方向)向 ω_1 箭头所指的方向靠拢,如图 1.5(a) 所示;若 $|\omega_1| < |\omega_2|$ 时,则 ω 的方向向 ω_2 的方向靠拢,如图 1.5(b) 所示。

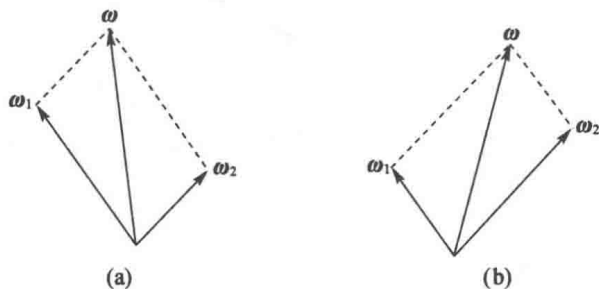


图 1.5 角速度矢量分析

在两个分角速度矢量的方向不变的情况下,改变 ω_1 和 ω_2 矢量的大小,通过演示仪可以

定性地观察到合成角速度矢量 ω 与分角速度矢量 ω_1 和 ω_2 满足平行四边形矢量合成法则，这说明角速度是一个矢量。

1.3 动量守恒演示

1.3.1 球摆碰撞演示

一、实验目的

- (1) 演示等质量弹性球的对心碰撞。
- (2) 演示动量守恒与角动量守恒的区别及相关条件。

二、实验装置

实验装置如图 1.6 所示。

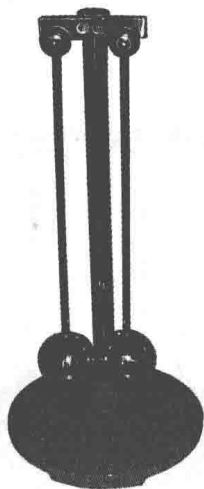


图 1.6 球摆碰撞演示装置

三、实验原理

根据牛顿第三定律，作用力与反作用力大小相等、方向相反，据此可推知，若物体系统在

某一方向所受外力为零,即使物体内部相互作用力很大,物体在该方向的动量也总守恒;参与弹性碰撞的两球质量相同时,则 $v_1 = v_2$, $v_2 = v_1$, 两球交换速度。

四、实验步骤

拉起一个摆球至一定高度,放手令其自由摆下与另一摆球碰撞,观看碰撞前后两摆球运动状态的变化。

五、注意事项

拉起一个摆球的启动高度不要太高。

1.3.2 等质量五连摆球碰撞演示

一、实验目的

- (1)演示几个等质量球的弹性碰撞过程,加深对动量原理的理解。
- (2)演示弹性碰撞时的最大传递。

二、实验装置

实验装置如图 1.7 所示。

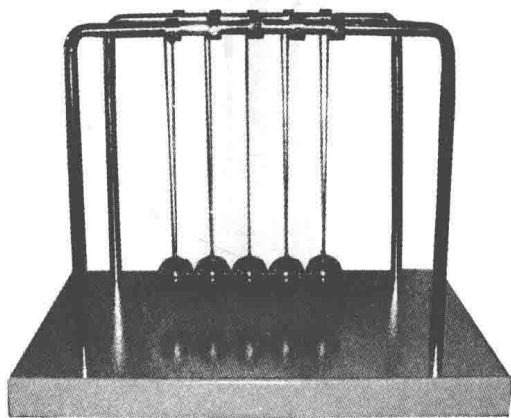


图 1.7 等质量五连摆球实验装置

三、实验原理

由动量守恒和能量守恒原理可知,两个等质量刚体弹性正碰时,它们将交换速度。人们可自由组合连球数量,进行不同质量的交换速度碰撞实验。

四、实验步骤

- (1)拉动一个球使其偏离竖直方向一定角度,松手令它与球碰撞,观察碰撞过程。
- (2)一次拉动两球、三球、多球,令它们与余球碰撞,观察碰撞过程。

1.3.3 不等质量三连摆球碰撞演示

一、实验目的

- (1)演示三个不等质量球参与的弹性碰撞过程,加深对动量原理的理解。
- (2)演示小球的超弹性碰撞,使学生深刻理解弹性碰撞的动量原理,进而理解小航天器绕过大质量天体时的弓矢效应。
- (3)演示非线性耦合产生的周期运动的同步现象。

二、实验装置

实验装置如图 1.8 所示。

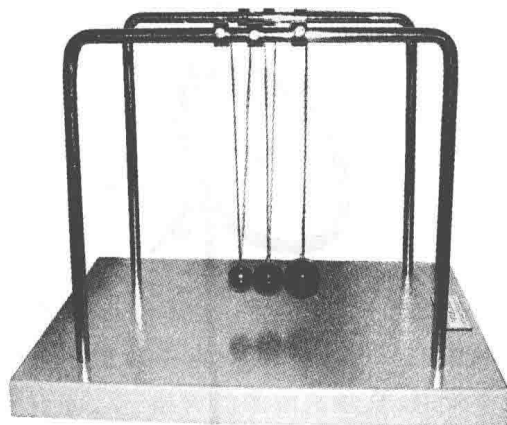


图 1.8 不等质量三连摆球实验装置

三、实验原理

两个弹性球对心碰撞的结论是:较小质量的球撞向静止的、较大质量的球时,小球的动量改变最大时其动量改变方向;而当小球与迎面运动的较大质量的球碰撞时,小球的动量改变可以大得多;而当有一中等质量的球介入大小球之间,令小球和中等质量的球一同撞向大球时,小球动量的改变量将更大。小球与中等质量球的质量比例搭配合适时,两球弹性碰撞前的动能将全部或大部变为小球的动能,因此小球的动量改变较单球弹性碰撞时大得多。

若球之间的碰撞不是弹性碰撞时,即使由于摆线长度不等,周期略有差别,但最后它们总趋于同步摆动。

1.4 刚体综合演示

1.4.1 回转仪

一、实验目的

演示回转仪保持其转轴方向不变的特性。

二、实验装置

实验装置如图 1.9 所示。



图 1.9 回转仪装置

三、实验原理

所谓回转仪,就是绕几何对称轴高速旋转的边缘厚重的物体,它表现出一些奇妙而有趣的特征。常平架回转仪有保持自转轴方向恒定的特性,被用于飞机航空地平仪、船舶的稳定器和回转罗盘等,在实际中得到了广泛的应用。

均质的回转仪绕其几何对称轴高速转动,回转仪的转动轴可以相对支架的方位充分地选择,而回转仪仅受轴承与空气阻力矩的作用。由于轴承光滑,在不太长的时间内,阻力的冲量矩大小和回转仪的角动量大小相比是很小的,可近似认为角动量守恒,矢量方向不变表现为转轴方向不变,大小不变表现为回转仪的恒定角速率转动。

四、实验步骤

(1)首先调节平衡体与回转仪部分,使其平衡,旋松螺钉,用手转动轮缘使其旋转,此时若改变水平角度,回转仪将保持其轴向不变。

(2)调节平衡体使横杆一头稍重,即施一力矩于回转仪上,一手扶住圆环使横杆保持水平,如上述方法使转轮迅速转动,松手后横杆并不倾斜,而将在水平方向上转动,即产生进动现象。

五、注意事项

由于平衡体较重,操作时一定要旋紧螺钉,防止转动时脱出伤人。

1.4.2 进动仪

一、实验目的

演示进动现象。

二、实验装置

进动仪装置结构示意图如图 1.10 所示。在支柱 1 上面装着可沿竖直轴转动的外环 2,外环 2 里面装着可以相对于外环绕水平轴转动的内环 3,在内环 3 中安装进动仪 4,进动仪可以相对于内环 3 绕轴 OO' 转动。三根转动轴相互垂直,并交于进动仪的质心,所有轴承都非常光滑,进动仪 4 具有三个自由度,这种装置常叫作进动仪。5 是指活动基座和把手,6 是指带有槽形导轨的整个进动仪的基座,7 是指驱动进动仪高速转动的穿线孔,8 是指用以固定和调整进动仪在自由轴上的相对位置的螺母。