

高等教育“十二五”规划教材

# 普通物理 演示实验教程

主编 苏欣纺 / 副主编 魏京花 黎芳 / 主审 黄伟

清华大学出版社



# 普通物理演示实验教程

主编 苏欣纺 / 副主编 魏京花 黎芳

清华大学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书是在总结北京建筑大学大学物理演示实验教学经验的基础上编写的,实验内容涵盖了力学、振动与波动、热学、光学和电磁学五个部分,共计 100 个演示实验。对每个实验都分别按实验目的、演示装置、物理原理、实验步骤及演示现象、注意事项、探索与思考几部分进行介绍。本书绝大部分实验还设置了实验拓展部分,便于读者更好地理解实验原理,并将理论知识与现实生活联系在一起,达到学以致用的目的。

本书可作为各类高等院校“大学物理演示实验”的教材或参考书使用,同时本书具有很强的趣味性和科普性,语言通俗易懂,也可作为物理爱好者的读物。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

普通物理演示实验教程/苏欣纺主编. --北京:清华大学出版社,2014

ISBN 978-7-302-36620-1

I. ①普… II. ①苏… III. ①普通物理学—实验—高等学校—教材 IV. ①O4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 113532 号

责任编辑:邹开颜 赵从棉

封面设计:常雪影

责任校对:王淑云

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:12 字 数:292千字

版 次:2014年7月第1版 印 次:2014年7月第1次印刷

印 数:1~2500

定 价:24.00元

---

产品编号:041447-01

# 前言

FOREWORD

本书以“现象是物理学的根源”(杨振宁)、“兴趣是最好的老师”(爱因斯坦)为编写理念,以培养学生探索和创新精神为着眼点,突破了物理实验仅限于限定时间教师教、学生学的传统模式。内容包括力学、振动与波动、热学、光学和电磁学五个部分,共计 100 个演示实验。对每个实验都按实验目的、演示装置、物理原理、实验步骤及演示现象、注意事项、探索与思考几部分分别进行介绍。本书有如下特点:第一,书中绝大部分实验设有实验拓展部分,注重物理学在生活和高新技术领域的应用,有很强的时代性、趣味性和科普性,一方面巩固并加深了对普通物理理论课程的理解;另一方面从兴趣和提高关注度角度出发,开拓学生的知识视野,激发其参与的主动性,促进其对物理现象的思考,培养学生根据物理原理分析、解决实际问题的能力,进而提高其科学探索和研究的水平,培养其创新能力。第二,本书的物理原理部分尽量避免烦琐的物理公式,力求语言通俗易懂,实物及现象照片直观,使学生获得丰富的感觉和直觉,形成鲜明的表象,以达到通俗教育的目的。

本书由苏欣纺组织编著并负责统稿,由苏欣纺、魏京花和黎芳 3 位教师共同编写完成,其中苏欣纺编写第 1、5 章,魏京花编写第 2、3 章,黎芳编写第 4 章,全书由黄伟教授仔细审稿并定稿。本书在编写过程中参考了近年来出版的部分优秀大学物理演示实验教材(见参考文献)和北京交通大学物理演示实验仪器使用资料,同时也从网络上搜集了相关资料和图片作参考,在此对有关作者深表谢意!此外,还得到北京市优秀教学团队——北京建筑大学物理教学团队和北京高等学校青年英才计划项目全体教师的大力支持和帮助,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不当之处,恳请使用本教材的师生和其他读者随时提出宝贵意见。

编者  
2014 年 2 月



<b>第 1 章 力学</b> .....	1
实验 1.1 锥体上滚 .....	1
实验 1.2 逆风行舟 .....	3
实验 1.3 弹性碰撞 .....	4
实验 1.4 滚摆(麦克斯韦摆) .....	6
实验 1.5 转动定理演示仪 .....	8
实验 1.6 滚柱式转动惯量演示仪 .....	10
实验 1.7 滚球转动惯量演示仪 .....	11
实验 1.8 茹可夫斯基凳演示角动量守恒 .....	12
实验 1.9 直升机演示角动量守恒 .....	14
实验 1.10 角动量守恒转台 .....	15
实验 1.11 离心力演示仪 .....	16
实验 1.12 离心节速器 .....	17
实验 1.13 陀螺进动 .....	19
实验 1.14 科里奥利力演示仪 .....	23
实验 1.15 傅科摆 .....	27
实验 1.16 最速降线 .....	29
实验 1.17 伯努利原理演示(伯努利悬浮球) .....	31
实验 1.18 气体流速与压强的关系演示 .....	33
实验 1.19 飞机升力 .....	34
实验 1.20 转动液体压强分布 .....	37
实验 1.21 角速度矢量合成 .....	39
<b>第 2 章 振动与波动</b> .....	41
实验 2.1 弹簧纵驻波演示 .....	41
实验 2.2 弦线驻波演示 .....	42
实验 2.3 昆特管 .....	44
实验 2.4 声波可见 .....	47
实验 2.5 变音钟 .....	49

实验 2.6	激光演示李萨茹图形	51
实验 2.7	共振演示	52
实验 2.8	声悬浮演示实验	54
实验 2.9	鱼洗	56
实验 2.10	多普勒效应演示仪	57
实验 2.11	水波盘演示实验	58
实验 2.12	音叉	60
实验 2.13	拍合成实验	63
实验 2.14	超声雾化	65
<b>第 3 章</b>	<b>热学</b>	<b>68</b>
实验 3.1	双向旋转式伽尔顿板	68
实验 3.2	热声制冷	69
实验 3.3	麦克斯韦速率分布模拟演示实验	71
实验 3.4	蒸汽机模型	73
<b>第 4 章</b>	<b>光学</b>	<b>75</b>
实验 4.1	光的干涉演示	75
实验 4.2	帘式皂膜	77
实验 4.3	台式皂膜	79
实验 4.4	光衍射综合演示	80
实验 4.5	光学分形	83
实验 4.6	声光效应演示仪	84
实验 4.7	光栅视镜	85
实验 4.8	手持大偏振片	87
实验 4.9	偏振光干涉演示仪	89
实验 4.10	玻璃堆起偏与检偏	91
实验 4.11	旋光色散	93
实验 4.12	迈克尔孙干涉仪	95
实验 4.13	光学幻影	98
实验 4.14	海市蜃景	99
实验 4.15	视觉暂留	101
实验 4.16	窥视无穷	103
实验 4.17	普氏摆	104
实验 4.18	留影板	106
<b>第 5 章</b>	<b>电磁学</b>	<b>108</b>
实验 5.1	几种常见带电体的电场线	108

实验 5.2	静电现象(静电跳球、静电摆球)·····	110
实验 5.3	静电除尘·····	111
实验 5.4	静电植绒·····	113
实验 5.5	异形导体电场分布·····	117
实验 5.6	避雷针·····	118
实验 5.7	尖端放电(静电风轮、电风吹蜡、静电滚筒)·····	119
实验 5.8	雅各布天梯·····	121
实验 5.9	辉光球·····	122
实验 5.10	金属笼演示静电屏蔽·····	125
实验 5.11	高压带电作业·····	127
实验 5.12	法拉第笼·····	128
实验 5.13	电介质极化·····	130
实验 5.14	电介质对电容的影响·····	131
实验 5.15	手触式蓄电池·····	132
实验 5.16	帕尔帖效应演示·····	134
实验 5.17	绝缘体变导体·····	136
实验 5.18	压电效应与逆压电效应·····	138
实验 5.19	基尔霍夫定律演示·····	140
实验 5.20	投影式洛伦兹力演示仪·····	143
实验 5.21	阴极射线管演示洛伦兹力·····	144
实验 5.22	磁聚焦演示仪·····	146
实验 5.23	安培力演示实验·····	148
实验 5.24	巴比伦演示仪演示磁力矩·····	149
实验 5.25	矩形载流线框在磁场中的受力·····	150
实验 5.26	动态磁滞回线·····	152
实验 5.27	居里点演示仪·····	154
实验 5.28	热磁轮·····	155
实验 5.29	巴克豪森效应演示实验·····	156
实验 5.30	光点反射磁致伸缩演示实验·····	158
实验 5.31	等厚干涉磁致伸缩演示仪·····	159
实验 5.32	汤姆逊温差电磁现象演示·····	162
实验 5.33	亥姆霍兹线圈演示仪·····	167
实验 5.34	电磁感应演示实验·····	169
实验 5.35	楞次定律·····	171
实验 5.36	电磁炮·····	172
实验 5.37	电磁阻尼摆·····	174
实验 5.38	单相旋转磁场·····	175
实验 5.39	三相鼠笼式电动机·····	177

实验 5.40 通电、断电自感演示 .....	178
实验 5.41 互感效应演示 .....	179
实验 5.42 趋肤效应演示 .....	180
实验 5.43 能量转换轮 .....	182
参考文献 .....	184



## 力 学

## 实验 1.1 锥体上滚

## 【实验目的】

验证物体的运动趋势是从势能高的位置向势能低的位置运动。

## 【演示装置】

锥体上滚演示仪,如图 1.1.1 所示。



图 1.1.1 锥体上滚演示仪

## 【物理原理】

能量最低原理指出,物体或系统的能量总是自动趋向最低状态。实验中的双锥体为什么从低处向高处滚动呢?本实验巧妙地利用双锥体与轨道的形状,造成了双锥体从低处向高处自由运动的错觉。本实验仪器由固定的 V 字形双导轨和滚动的双锥体组成。两轨之间有一定间距,高端处分得开,低端处靠得紧,这样锥轮放在低处时,锥顶与两导轨接触,在远处时双锥体的中心部分与两导轨接触,从而使双锥体的质心在低处位置时比在远处位置时还要高,势能高,于是双锥体在重力的作用下,就会自动地从轨道较低的一端滚向较高的一端,使得锥体的质心逐渐降低,重力势能逐渐减小。

## 【实验步骤及演示现象】

- (1) 将一个圆柱体置于双导轨的高端,放手后自动滚落;
- (2) 将双锥体置于轨道高处时,松手后双锥体并不下滚;
- (3) 将双锥体置于轨道低处时,松手后锥体便会自动地沿轨道从低处到高处;
- (4) 重复步骤(3),仔细观察锥体上滚的情况。

**【注意事项】**

保证锥体的轴线与导轨平面平行,以免锥体滚动时脱离轨道砸坏底座。

**【探索与思考】**

证明:对于密度均匀的双锥体,要实现自动上滚,轨道的倾角 $\alpha$ 、锥体顶角 $\beta$ 和导轨夹角 $\gamma$ 之间应满足下面的关系:

$$\tan\alpha < \tan\frac{\beta}{2}\tan\frac{\gamma}{2}$$

**【实验拓展】****怪坡现象**

我国安徽省马鞍山市濮塘镇有一长约150米的“怪坡”,坡度约为 $35^\circ$ ,此怪坡是国内最长的怪坡。它怪就怪在“下坡如逆水行舟,上坡如顺风扬帆”,更奇怪的是雨后水往高处流,似乎“能量最低原理”在这里丝毫不起作用。但我们掌握了上面的实验原理就不难知道其中的奥秘了。

我们在这里先按怪坡现象的介绍,画一幅简单的示意图(见图1.1.2): $OA$ 表示从山脚到山腰的上坡路, $AB$ 转为下坡路, $BC$ 继续上坡。所谓怪坡就是指介于前后两段上坡路之间的这段下坡路 $AB$ 。

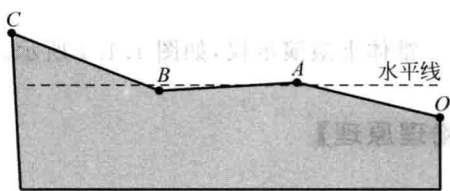


图 1.1.2 怪坡示意图

我们站在怪坡的起点 $B$ 向前望去,的确感到是一段下坡路。驱车前行,在20多米之后,确实有所谓下坡费力之感。转过头来再往回走,车也果真开始滑行,前几十米颇有自动上坡的感觉。这个感觉是下坡路的怪坡,其主体部分 $BA$ 实际上是一段上坡,不过比它前后两段路 $CB$ 和 $AO$ 坡度平缓得多罢了。人们将起初下坡,后来以上坡为主的道路 $CA$ 当成了从始至终的下坡。这就是怪坡的谜底。

**倾斜的小屋**

在中国科技馆里,有个房间叫做“倾斜小屋”,进过小屋的人都知道,“倾斜小屋”中有一种奇怪的现象——在小屋中木球是从低处向高处滚动的。仔细观察,我们发现,这个“倾斜小屋”房间地板都是倾斜的,但房子的墙壁是垂直于地面和天花板的,房间内摆设都以地面为参照物,与普通房间一样。由于倾斜房间被这样的外壳包围,就会造成木球向高处滚的假象。

## 实验 1.2 逆风行舟

【刘洋 章志】

### 【实验目的】

演示动量守恒原理的巧妙应用,加深对该原理的理解。

### 【演示装置】

“逆风行舟”演示仪,如图 1.2.1 所示。

### 【物理原理】

【张凤兰 索毅】

船在水中时的侧视图如图 1.2.2(a)所示。船底设有龙骨,其作用是使水对船的侧阻力加大,即使有外力从侧面作用于船,水对船的阻力总可与之相抵消,使船不会因此向侧面运动。船遇到风时,风对斜帆的冲量分解为两个分量,其一被龙骨阻力抵消,船在另一分量作用下逆风行进。具体分析如下:

风吹到斜帆上,其动量分析见图 1.2.2(b),风的动量  $p_3$  吹到斜帆上,斜帆给它以冲量  $p_5$ ,使它具有沿直帆向船后的动量。风对斜帆的冲量  $p_0$  分解为  $p_1$ 、 $p_2$ , $p_2$  与龙骨阻力产生的冲量抵消,船在  $p_1$  作用下沿逆风的方向行进。该仪器用来演示动量原理,特别是动量的矢量特点及其原理的实际应用。本仪器也可用来做帆板竞赛的数学模型。船可以逆风而行是因为风对船帆有作用力,且因帆的形状不同作用力方向也不同,调整好适当的帆形,船就可以逆风前进了,就像帆板运动员在风中要不断依据风向改变帆形使速度达到最快。这说明“船行八面风”都是利用了动量原理。

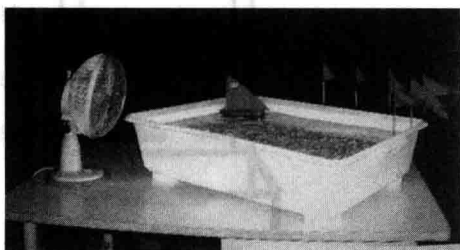


图 1.2.1 “逆风行舟”演示仪

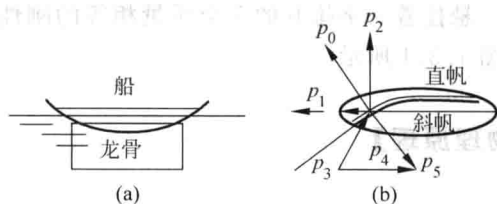


图 1.2.2 船的侧视图和船遇风时的动量分析图

### 【实验步骤及演示现象】

(1) 先设置好风道与水槽的方位,水面约低于槽沿 15mm,打开风扇的电源开关,调好帆形,把船放入水中,就可演示帆船逆风而行。

(2) 启动风扇使水池的水面有微风吹拂,把小舟放置于水面风力均匀处,调节小舟使其

斜帆方位与实验原理指示的一致, 放开小舟, 即可见到小舟沿侧逆风的方向行进。

### 【注意事项】

(1) 使水面上方风的方向一致, 风力均匀。

(2) 帆形、风向与船前进方向之间约为  $40^\circ$ ; 帆面的前  $1/3$  部分(即在导向板以前三角帆的长边部分)应始终保持与风向平行, 后  $2/3$  部分是拉紧的, 且平行于前进方向, 也就是帆使风改变方向朝正后方吹, 可以近似地说, 这类似于船向正后方“喷气”而得到向前的动力。但是要使船顺风行驶, 上述的帆面就不适用了。要把帆面放松, 使得风可以把帆吹成凸向正前方, 这是顺风船的帆形所必需的。

### 【探索与思考】

(1) 依据物理原理, 水中船与陆地上的车的运动有何相同点和不同点? 是否能像逆风行舟一样实现逆风行车?

(2) 水中的船能否利用某种特殊机构实现以正顶风为正逆风行进? 若可以, 说明机构的具体形式。

## 实验 1.3 弹性碰撞

### 【实验目的】

用于演示完全弹性碰撞, 理解完全弹性碰撞中的动量守恒定律和机械能守恒定律。

### 【演示装置】

悬挂着一字排开的 7 个质量相等的刚性球的弹性碰撞仪, 如图 1.3.1 所示。

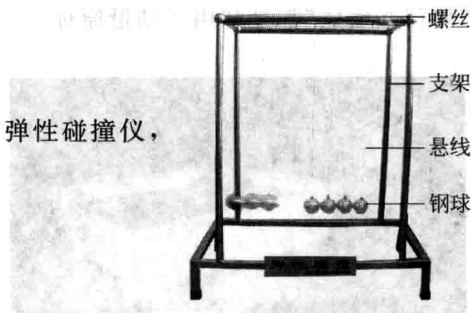


图 1.3.1 弹性碰撞仪

### 【物理原理】

当质点系所受的合外力为零时, 质点系动量守恒; 当质点系所受的合外力在某个方向上为零时, 则在该方向上动量守恒。由于碰撞过程中内力很大, 即使在某个方向上合力不为零, 仍然可以近似地认为动量守恒。

在一光滑水平面上, 发生碰撞的两个弹性小球  $m_1$  和  $m_2$ , 碰撞前后的速度分别为  $v_{10}$ 、 $v_{20}$  和  $v_1$ 、 $v_2$ , 碰撞前后系统的动量守恒, 根据动量守恒定律有

$$m_1 v_{10} + m_2 v_{20} = m_1 v_1 + m_2 v_2 \quad (1-3-1)$$

实验表明, 两物体碰撞后的分离速度与碰撞前的接近速度成正比, 称此比值为恢复系数

$e$ ,即

$$e = \frac{v_2 - v_1}{v_{10} - v_{20}} \quad (1-3-2)$$

如果恢复系数为 1,则称为弹性碰撞,满足机械能守恒;如果恢复系数小于 1,则为非弹性碰撞,不满足机械能守恒,一部分能量转变为内能;如果恢复系数为 0,则为完全非弹性碰撞,两个物体基本上贴在一起,没有任何弹跳运动。

对于发生完全弹性碰撞的两个物体,在碰撞前后速度满足

$$v_{10} - v_{20} = v_2 - v_1 \quad (1-3-3)$$

由式(1-3-1)和式(1-3-3)得

$$v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_{10} + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} v_{20} \quad (1-3-4)$$

$$v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_{10} + \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} v_{20} \quad (1-3-5)$$

如果  $m_1 = m_2$ ,  $v_{20} = 0$ ,即球 1 以速度  $v_{10}$  正碰静止的球 2,则  $v_2 = v_{10}$ ,  $v_1 = 0$ ,即发生完全碰撞后,两个球交换速度,球 1 静止,球 2 具有速度  $v_{10}$ 。本实验中,球 2 继续以此速度正碰球 3,依此类推,实现动量的传递,最后球 7 具有速度  $v_{10}$ ,故其摆幅几乎与球 1 的相同。实际上,两球碰撞时,能量总要有部分损失,所以摆动幅度将稍微有所减弱。

### 【实验步骤及演示现象】

- (1) 调整固定摆线的螺丝,使 7 个钢球的中心尽量在同一水平线上;
- (2) 拉起最左端的钢球然后释放,则看到钢球依次发生碰撞,末端的钢球弹起,其摆幅几乎等于拉起钢球的摆幅,而前面的 6 个钢球静止不动。

### 【注意事项】

- (1) 整个实验过程要注意保持 7 个碰撞钢球的中心处于同一水平线上;
- (2) 实际上,由于钢球在摆动过程中受到空气阻力,能量多少会有损失,所以球的摆幅不要太大,否则效果不是特别好;
- (3) 请勿用力拉钢球,以免悬线断开。

### 【探索与思考】

- (1) 若一次拉动两球、三球或四个小球时,试观察分析碰撞的情况。
- (2) 实验中采用质量和大小相同的小球,若采用质量不等的三个小球,观察碰撞过程,动量守恒吗?
- (3) 若改变碰撞条件,如斜碰,或者加上橡皮泥(非弹性碰撞)等,会发生什么现象?
- (4) 射击手在射击时为什么身体会后耸一下?
- (5) 假如你置身于一望无际的冰面上,冰面绝对光滑,你能想出脱身的办法吗?

(6) 一只小船静止在水中,若水的阻力不计,当先后以相对于地面相等的速率分别向船头和船尾水平抛出两个质量相等的物体,抛出时两物体的速度方向相反,则两物体抛出后,船的状态怎样?

(7) 在火箭发射时为什么火箭的动量比喷出的气体大?

## 【实验拓展】

### 反冲现象的利与弊

反冲的应用:

自动灌溉喷水器:当水从弯管的喷嘴喷出时,由于喷口的朝向稍有偏斜,弯管因反冲而旋转,可以自动地改变喷水的方向。

水电站内的反击式水轮机:水从转轮的叶片流出时,转轮由于反冲而旋转,带动发电机发电。反击式水轮机是大型水电站中用的最多的一种水轮机。

喷气式飞机是靠喷出气流的反冲作用而获得巨大速度的。现代的喷气式飞机靠连续不断地向后喷出气体,飞行速度能够超过 1000m/s。

反冲的危害和防止:

用枪射击时,子弹向前飞去,枪身发生反冲向后运动。枪身的反冲会影响射击的准确性,所以用步枪射击时要把枪身抵在肩部,以减少反冲的影响。炮车发射炮弹时,炮身的反冲会影响炮弹的出口速度和准确瞄准,为了减小反冲的影响,常常增大炮身质量,从而提高命中率。

## 实验 1.4 滚摆(麦克斯韦摆)

### 【实验目的】

用于演示机械能守恒(滚摆的平动动能、转动动能之和与重力势能之间的转化)。

### 【演示装置】

滚摆演示仪,如图 1.4.1 所示。

### 【物理原理】

滚摆受力如图 1.4.2 所示,由质心运动定律和转动定律得

$$\begin{cases} mg - T = ma_c \\ rT = J\beta \\ r\beta = a_c \end{cases}$$

式中,  $mg$  为滚摆所受的重力,  $T$  为滚摆所受绳的拉力,  $a_c$  为滚摆质心的加速度,  $r$  为轴的半径,  $J$  为滚摆的转动惯量,  $\beta$  为滚摆绕质心的角加速度。解得

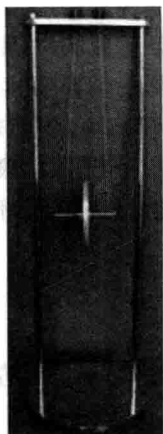


图 1.4.1 滚摆演示仪

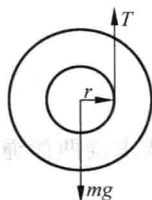


图 1.4.2 滚摆受力图

$$a_c = \frac{mgr^2}{mr^2 + J}, \quad T = \frac{mgJ}{mr^2 + J}, \quad \beta = \frac{mgr}{mr^2 + J}$$

捻动滚摆的轴,使滚摆上升到顶点从静止开始下降,经过时间  $t$ ,质心的平动动能为

$$E_{kp} = \frac{1}{2}mv_c^2 = \frac{1}{2}m(a_ct)^2 = \frac{m^3g^2r^4t^2}{2(mr^2 + J)^2}$$

绕质心的转动动能为

$$E_{kz} = \frac{1}{2}J\omega^2 = \frac{1}{2}J(\beta t)^2 = \frac{m^2g^2r^2t^2J}{2(mr^2 + J)^2}$$

总动能为

$$E_{kp} + E_{kz} = \frac{m^3g^2r^4t^2}{2(mr^2 + J)^2} + \frac{m^2g^2r^2t^2J}{2(mr^2 + J)^2} = \frac{m^2g^2r^2t^2}{2(mr^2 + J)}$$

又因为滚摆下降的高度为

$$h = \frac{1}{2}a_ct^2 = \frac{mgr^2t^2}{2(mr^2 + J)}$$

所以总动能为

$$E_{kp} + E_{kz} = mgh$$

这表明滚摆在下降过程中重力势能转变为质心的平动动能与绕质心的转动动能,即滚摆在运动中机械能守恒。

此外,实验中滚摆转轴的半径  $r$  远小于滚摆的半径  $R$ ,且摆轮的质量主要分布于摆轮的边缘,所以  $J \gg mr^2$ ,从而得  $E_{kp} \ll E_{kz}$ 。也就是说滚摆的质心平动动能很小,所以当滚摆旋转下降到最低点时,滚摆的转动动能达到最大值,然后由于转动的惯性,滚摆开始反向卷绕悬线上升,使转动动能转化为重力势能,直到到达最高点,然后又开始下落,如此反复。

### 【实验步骤及演示现象】

- (1) 调节滚摆两侧悬线的长度相等,使滚摆轴保持水平;
- (2) 捻动滚摆的轴,使悬线均匀地绕在转轴上,当滚摆到达一定高度时,放手让其平稳

下落。

实验观察到,滚摆开始旋转下降,转速越来越大,即势能逐渐转化为动能(平动动能和转动动能)。当悬线完全松开、滚摆不再下降时,转动角速度与下降平动速度达到最大值,动能最大。然后滚摆开始反向卷绕悬线上升,在上升过程中动能逐渐减小,势能却逐渐增加,上升到跟原来差不多的高度时,动能为零,而势能最大。如果没有任何阻力,滚摆每次上升的高度都相同,说明滚摆的势能和动能在相互转化过程中,机械能的总量保持不变。

### 【注意事项】

麦克斯韦摆要求摆两侧绳的长度一样,使滚摆平稳地上下运动,不能有左右摆动。

### 【探索与思考】

- (1) 分析滚摆下落时平动速度与位置高度的关系,以及转动角速度与位置高度的关系。
- (2) 分析滚摆上下平动的周期与转轴半径之间的关系。
- (3) 分析滚摆上下平动的周期与滚摆质量之间的关系。
- (4) 分析滚摆上下平动的周期与滚摆转动惯量之间的关系。

## 实验 1.5 转动定理演示仪

### 【实验目的】

验证刚体的定轴转动定律。定性地演示角加速度与力矩和转动惯量的关系。

### 【演示装置】

转动定理演示仪,如图 1.5.1 所示。

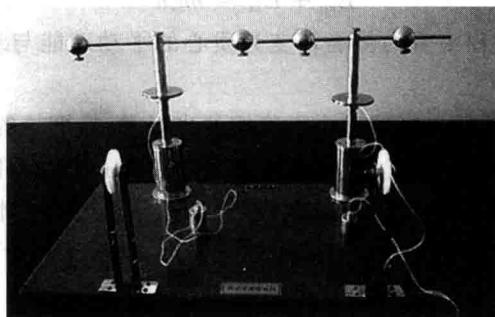


图 1.5.1 转动定理演示仪

一根水平刚性杆穿在竖直轴上可以转动,杆上套了两个小圆球,通过调节圆球在杆上的位置,即可改变杆的转动惯量。转轴上固定有一线轮,其上绕有轻绳,轻绳另一端跨过轻滑



轮与重物砝码相连。

### 【物理原理】

刚体在作定轴转动时获得的角加速度  $\beta$  的大小与刚体受到的合外力矩  $M$  的大小成正比,与刚体的转动惯量  $J$  成反比,方向与合外力矩相同,即

$$\beta = \frac{M}{J}$$

这就是刚体的定轴转动定律。

在相同力矩作用下,转动惯量相同,角加速度和转速也相同;力矩相同时,转动惯量越小,角速度越大;转动惯量相同时,力矩越大,角速度越大。

### 【实验步骤及演示现象】

用左右两套结构完全相同的装置作对比实验:

- (1) 将两套装置上的重物固定在距轴都相同的位置上。
- (2) 在两套装置的线轮上绕等长的线绳,线绳上挂质量相同的砝码。将两砝码都绕到最高位置,同时释放两个转动系统。使它们在砝码的力矩下开始转动。观察到两套系统在相同力矩作用下,转动惯量相同,角加速度和转速也相同。
- (3) 将一套装置上的重物固定在距轴最远处,而将另一套装置上的重物固定在距轴很近处。
- (4) 将砝码绕到最高位置,同时释放两个转动系统使它们在砝码的力矩下开始转动。观察到重物靠近轴的系统旋转得较快,另一个较慢。说明当力矩相同时,转动惯量越小,角速度越大。
- (5) 将两套装置上的重物固定在距轴相同的位置上,将两线绳中一个再增加一个砝码,使作用力矩增加一倍。将砝码绕到最高位置,同时释放两个转动系统,可观察到力矩大的系统旋转较快,另一个系统转动较慢。说明转动惯量相同时,力矩越大,角速度越大。

### 【注意事项】

- (1) 细线要绕在绕线轮的线槽内,砝码位置不能高于底板。
- (2) 横杆上的重物应固定牢靠,以免脱落伤人。

### 【探索与思考】

本实验装置中,刚体受到外力矩的大小是否就是  $mgr$ ,为什么? 其中  $m$  为砝码的质量, $r$  是线轮的半径。