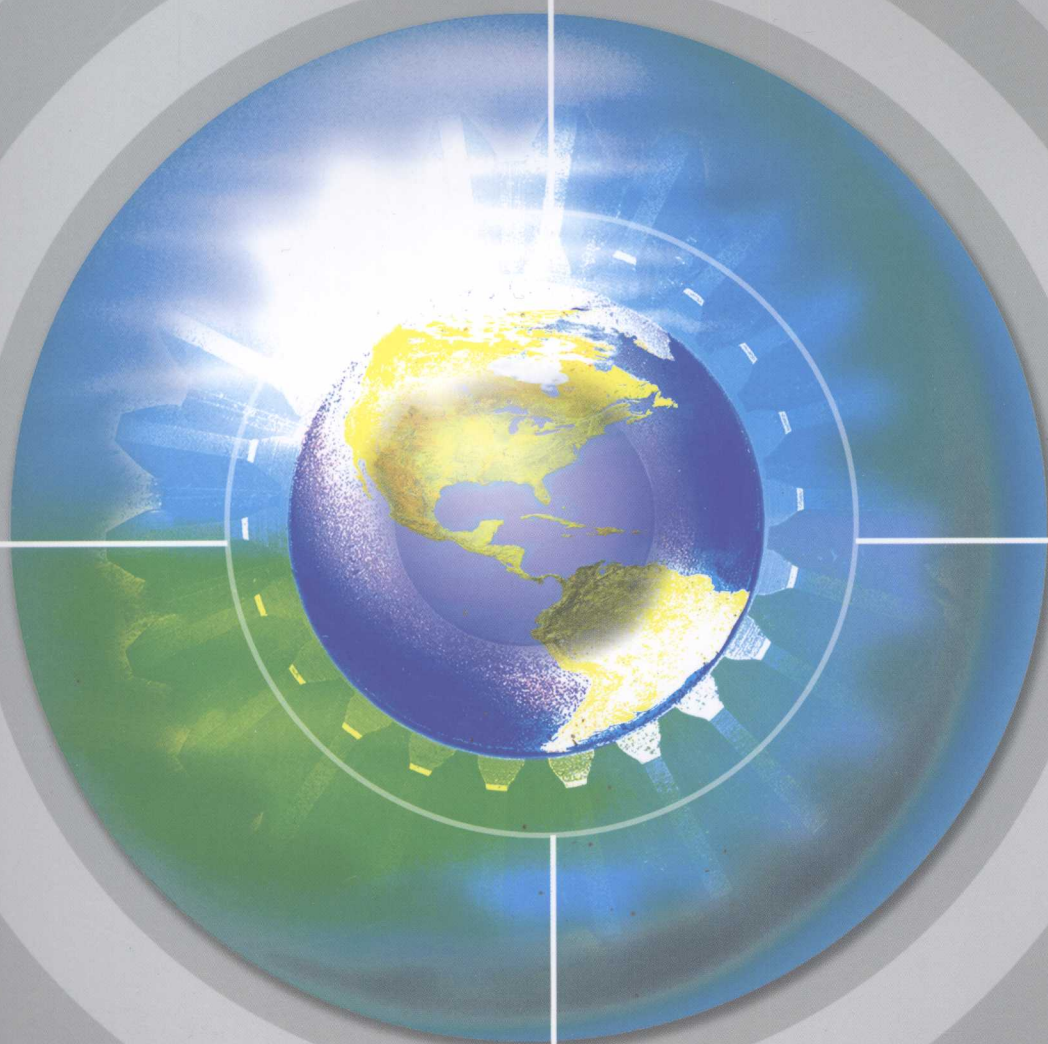


高等学校“十一五”规划教材(物理科学类)

大学物理 演示实验

聂喻梅 刘强 梁霄 肖汉光 彭川黔 周波 田源 编



兵器工业出版社

高等学校“十一五”规划教材(物理科学类)

内容简介

大学物理演示实验

聂喻梅 刘强 梁霄

肖汉光 彭川黔 周波 田源 编

兵器工业出版社

责任编辑：张小平
封面设计：李 楠
责任校对：李 楠
责任印制：张小平
开 本：787×1095 1/16
印 张：13.2
字 数：352千字
定 价：20.00元

出版发行：兵器工业出版社
发行电话：010-68653266, 68653261
邮 政：100089
社 址：北京市海淀区中关村大街10号
经 销：各地新华书店
刷 印：北京市登峰印刷厂
版 次：2007年6月第1版第1次印刷
印 数：1—4420

(类学理野)林建(设)“正一十”对学等高

内 容 简 介

本书是重庆工学院教师在物理实验及物理演示实验教学实践的基础上编写的, 主要涉及力学、热学、电磁学、光学及近代物理学等方面内容, 共计 107 个实验项目。每个项目由物理原理、演示方案、思考题及附录几部分组成。实验内容不仅通俗易懂, 而且注重相应知识在现实生产及生活中的应用拓展, 以激发学生的好奇心, 提高学生主动学习物理知识的兴趣。

本书既可作为大学本科学、工科专业学生的物理教学用书, 也可供文史类、经贸类专业学生使用和参考。

大学物理演示实验

图书在版编目 (CIP) 数据

大学物理演示实验/聂喻梅等编. —北京: 兵器工业出版社, 2007. 5

ISBN 978 - 7 - 80172 - 863 - 0

I. 大… II. 聂… III. 物理学 - 实验 - 高等学校 - 教材 IV. 04 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 063259 号

出版发行: 兵器工业出版社

发行电话: 010 - 68962596, 68962591

邮 编: 100089

社 址: 北京市海淀区车道沟 10 号

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市登峰印刷厂

版 次: 2007 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 1—4450

责任编辑: 张小洁

封面设计: 李 晖

责任校对: 全 静

责任印制: 赵春云

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 13.5

字 数: 325 千字

定 价: 20.00 元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

前 言

随着当前素质教育的逐步深入和社会对高素质复合型人才的需求,大学物理演示实验已经成为拓宽学生知识面的重要手段,在许多高校大学物理演示实验中已经成为大学物理课程的一个重要组成部分。

《大学物理演示实验》可以配合《大学物理》的课堂教学,加深学生对各种物理现象的理解。通过大量翔实生动的物理现象激发学生的学习热情,让学生在观察与实践中将理论与实际相结合,通过感性认识来加深对理性认识的理解。此外,由于受学时的限制,大学物理学基础课时主要学习的内容是19世纪及以前的物理学知识,可以通过大学物理演示实验让学生了解物理知识。

本书是重庆工学院物理实验中心全体教师多年教学经验的积累。编者对演示实验项目的内容进行了精心挑选,涵盖了力、热、光、电及近代物理各方面知识。在内容上力求以简明扼要的语言、实物相片和简图对各个演示实验项目进行说明,尽量避免繁琐的物理公式;在理论叙述上做到通俗易懂,深入浅出。本书不仅适合理工专业的学生使用,也同样适合文科、经济、管理等非理工专业的学生使用。

大学物理演示实验教学是一门探索性的教学,本书在教材编写过程中曾以讲义的形式在重庆工学院理、工科类专业试用了三届。在广泛征求同行专家和学生意见的基础上,重庆工学院物理实验中心全体教师对讲义进行了认真的修改直至最后定稿。希望本书能够增进读者对物理的了解和兴趣。

由于我们的水平有限,书中的缺点和不足之处在所难免,衷心希望各位专家和读者不吝给予宝贵意见,在此先表示我们真诚的谢意!

编 者

2007. 4. 17

目 录

第一篇 力学篇	(1)
实验一 伯努利方程演示	(3)
实验二 飞机升力	(5)
实验三 气体流速与压强反比演示	(7)
实验四 角速度矢量合成演示	(8)
实验五 角动量守恒演示	(9)
实验六 简谐振动演示	(11)
实验七 共振演示	(13)
实验八 多功能水波实验	(15)
实验九 机械振动信号的傅立叶分析与合成	(17)
实验十 陀螺仪	(19)
实验十一 进动仪	(21)
实验十二 固定弦振动	(23)
实验十三 喷水鱼洗	(25)
实验十四 弹性碰撞	(26)
实验十五 变音钟	(28)
实验十六 地动仪	(29)
实验十七 潮汐发电	(30)
实验十八 飞去来器	(31)
实验十九 锥体上滚	(32)
实验二十 虹吸现象	(34)
实验二十一 科里奥利力	(36)
实验二十二 颗粒状物体的自由堆积	(38)
实验二十三 溜溜球的“空转”	(39)
实验二十四 气体火焰驻波	(41)
第二篇 热学篇	(43)
实验二十五 热力学第二定律演示	(45)
实验二十六 永动机	(47)
实验二十七 饮水鸟	(50)
实验二十八 毛细现象	(51)

实验二十九 节流制冷	(53)
实验三十 热效率演示	(55)
实验三十一 布朗运动演示	(57)
实验三十二 麦克斯韦速率分布	(59)
实验三十三 空气炮	(62)
实验三十四 伽尔顿板	(64)
实验三十五 拉脱法测定液体表面张力系数	(65)
实验三十六 热辐射演示	(67)
第三篇 电磁学篇	(69)
实验三十七 太阳能热风发电机	(71)
实验三十八 静电跳球	(73)
实验三十九 静电屏蔽	(75)
实验四十 避雷针原理	(77)
实验四十一 范德格拉夫起电机	(79)
实验四十二 安培力演示	(81)
实验四十三 伏打电池	(83)
实验四十四 验电幡	(85)
实验四十五 绝缘体转化为导体	(87)
实验四十六 尖端放电——吹蜡烛	(89)
实验四十七 温差电磁铁	(91)
实验四十八 涡流热效应演示	(93)
实验四十九 压电效应	(95)
实验五十 雅各布天梯	(97)
实验五十一 电磁波的发射、接收和趋肤效应	(98)
实验五十二 电磁感应现象	(101)
实验五十三 电磁驱动	(103)
实验五十四 电介质对电容的影响	(105)
实验五十五 热磁轮演示实验仪	(106)
实验五十六 顺磁介质的磁化模拟投影	(108)
实验五十七 等厚干涉磁致伸缩演示	(110)
实验五十八 带电圆筒的电场分布	(112)
实验五十九 静电除尘	(114)
实验六十 温差发电	(115)
实验六十一 大型涡电流演示仪	(118)
实验六十二 电磁阻尼摆	(120)
实验六十三 电介质极化演示	(122)
实验六十四 三相交流磁场 (旋转磁场)	(123)
实验六十五 手蓄电池	(125)

实验六十六	投影洛伦兹力演示仪	(126)
实验六十七	小型涡电流演示仪	(128)
实验六十八	He - Ne 激光器的结构	(130)
实验六十九	磁聚焦	(132)
实验七十	磁悬浮飞碟	(134)
第四篇 光学篇		(135)
实验七十一	傻瓜相机的“Free Focus”	(137)
实验七十二	导光水柱	(138)
实验七十三	分辨本领概念演示	(140)
实验七十四	海市蜃楼	(142)
实验七十五	海市蜃楼镜	(145)
实验七十六	窥视无穷	(146)
实验七十七	光学幻影	(147)
实验七十八	真实的镜子	(149)
实验七十九	薄膜干涉	(151)
实验八十	散射光干涉演示	(152)
实验八十一	透视光栅立体画	(154)
实验八十二	二维光栅的图样	(155)
实验八十三	夫琅禾费衍射及光强分布的记录	(156)
实验八十四	偏振光实验	(158)
实验八十五	漫反射物体的菲涅耳全息摄影	(160)
实验八十六	位相物体的全息摄影	(162)
实验八十七	空间滤波实验	(164)
实验八十八	光学位相滤波与透明材料位相缺陷的检测	(166)
实验八十九	光学成像簇演示	(168)
实验九十	θ 调制与空间假彩色编码	(169)
第五篇 近代物理篇		(171)
实验九十一	光电光栅编码器	(173)
实验九十二	光纤全息照相	(175)
实验九十三	光纤通信演示	(177)
实验九十四	多普勒效应	(179)
实验九十五	激光多普勒效应	(181)
实验九十六	辉光盘	(183)
实验九十七	半导体制冷	(185)
实验九十八	气敏传感器演示实验	(187)
实验九十九	大型混沌摆	(188)
实验一〇〇	记忆合金水车	(190)

实验一〇一	云室实验演示	(191)
实验一〇二	α 粒子散射实验演示	(193)
实验一〇三	发现质子和中子的实验演示	(195)
实验一〇四	电子衍射实验演示	(197)
实验一〇五	法拉第效应 (磁光效应)	(199)
实验一〇六	扫描隧道显微镜的演示	(202)
实验一〇七	液晶	(204)

参考文献 (207)

(140)	.....	三十八
(141)	.....	四十
(142)	.....	五十
(143)	.....	六十
(144)	.....	七十
(145)	.....	八十
(146)	.....	九十
(147)	.....	一百
(148)	.....	一百一十
(149)	.....	一百二十
(150)	.....	一百三十
(151)	.....	一百四十
(152)	.....	一百五十
(153)	.....	一百六十
(154)	.....	一百七十
(155)	.....	一百八十
(156)	.....	一百九十
(157)	.....	二百
(158)	.....	二百一十
(159)	.....	二百二十
(160)	.....	二百三十
(161)	.....	二百四十
(162)	.....	二百五十
(163)	.....	二百六十
(164)	.....	二百七十
(165)	.....	二百八十
(166)	.....	二百九十
(167)	.....	三百
(168)	.....	三百一十
(169)	.....	三百二十
(170)	.....	三百三十
(171)	.....	三百四十
(172)	.....	三百五十
(173)	.....	三百六十
(174)	.....	三百七十
(175)	.....	三百八十
(176)	.....	三百九十
(177)	.....	四百
(178)	.....	四百一十
(179)	.....	四百二十
(180)	.....	四百三十
(181)	.....	四百四十
(182)	.....	四百五十
(183)	.....	四百六十
(184)	.....	四百七十
(185)	.....	四百八十
(186)	.....	四百九十
(187)	.....	五百
(188)	.....	五百一十
(189)	.....	五百二十
(190)	.....	五百三十

第一篇 力学篇

实验一 伯努利方程演示

该实验仪器可演示气体、液体流速大压强小，流速小压强大的现象，定性验证伯努利方程。

【物理原理】

1. 不可压缩流体连续性原理

当不可压缩流体在固定的流管中稳定流动时，通过流管各横截面的流量都相等，叫做不可压缩流体连续性原理。一般写作：

$$v_1 s_1 = v_2 s_2 = \text{恒量} \quad (1)$$

2. 伯努利方程

在惯性系中，当理想流体在重力作用下作稳定流动时，一定流线上（或细流管内）各点的量 $\frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh + p$ 为恒量。

一般而言，恒量 $\frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh + p$ 的数值因流线而异，但只要流线来自这样的空间，该处的流体微团在流动空间中均以相同速率沿同一方向做匀速运动，则此恒量对所有流线相等。

3. 装置 1

由伯努利方程：

$$P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \quad (2)$$

h_1 与 h_2 的差别微小，可略去：

所以：

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \quad (3)$$

因为：

$$v_1 s_1 = v_2 s_2 \quad s_1 > s_2 \quad (4)$$

所以：

$$v_1 < v_2, \text{ 从而 } P_1 > P_2 \quad (5)$$

水流速越大， v_1 和 v_2 的差别越大，从而 p_1 、 p_2 差越大。

4. 装置 2

由伯努利方程：

$$P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 = P_3 + \rho gh_3 + \frac{1}{2}\rho v_3^2 \quad (6)$$

略去 h_1 、 h_2 、 h_3 的项（三点几乎在同一高度），可得出：

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 = P_3 + \frac{1}{2}\rho v_3^2 \quad (7)$$

因为： $v_1 s_1 = v_2 s_2 = v_3 s_3$ ， $s_2 > s_1 > s_3$ ， $v_2 < v_1 < v_3$ ，可得：

$$P_2 > P_1 > P_3。 \quad (8)$$

【演示方案】

本实验采用 JDW - 9 型伯努利演示仪，其结构如图 1 - 1 所示。

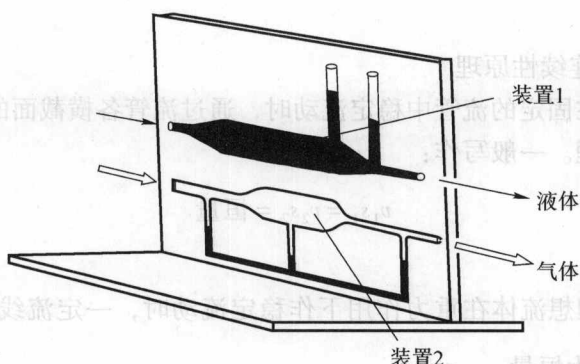


图 1 - 1 伯努利演示仪

将装置 1 水平放置，一端接水龙头。打开水龙头，使水流平稳流动，可见流管截面大处竖直管中的水柱较高，而截面小处竖直管中的水柱较低。这说明在稳定流动的流管内，流速小处压强大，流速大处压强小。适当开大水龙头，可以看到两竖直管水柱高度差增大。

用气泵从装置 2 左端向管内吹气，气流经水平管并从右端流出。可见三连通管中的水柱高度不同，中间管中的水柱低于两边管中的水柱，这表明两边气体压强小，中间处气体压强大。同时说明在水平流管中，流速大处压强小，流速小处压强大。

【思考题】

1. 请解释有关虹吸现象的原理。
2. 分析稳态情况下，转轴的垂直平面内气流的分布。

实验二 飞机升力

人类飞行的历史从早期的飞船和热气球，发展到现今的超音速飞机，甚至太空飞船，可以说都离不开空气动力学这门科学。

【物理原理】

根据流体的伯努利定理，在管道中以稳定速度流动的流体，如果是不可压缩的，而且能量既不增加，也不减少，那么，沿管道各点流体的动压与静压之和为常量。从而我们得出结论：在管道剖面面积大的地方，流体的速度小，静压大；在管道剖面面积小的地方，流体的流速大，静压小。

如图 2-1 所示，飞机能飞行起来靠的是机翼产生的升力，沿着飞机机身纵轴平行的方向剖开机翼，所剖开的剖面形状通常也称为“翼剖面”。最常见的翼剖面就是前端圆钝、后端尖锐，上边较弯、下边较平，上下不对称，很像一条去掉尾巴的鱼形状。这样飞机向前滑行时，根据伯努利定理，气流经过上翼面，气流受挤压流速加快，压力减小，而流过下翼面时气流受阻力影响流速缓慢，压力大。于是，这个压力差便形成了一种向上的升力，当这个升力大于飞机的重量时，飞机就飞起来了。

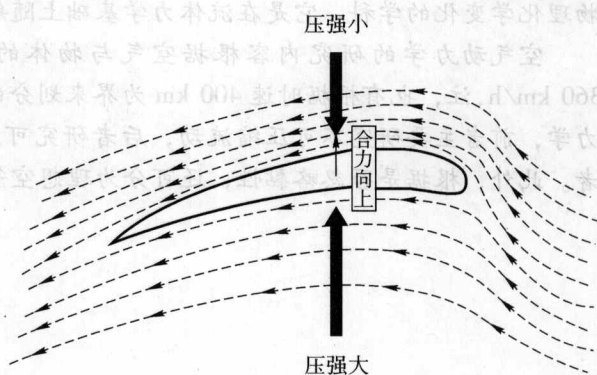


图 2-1 机翼受力

【演示方案】

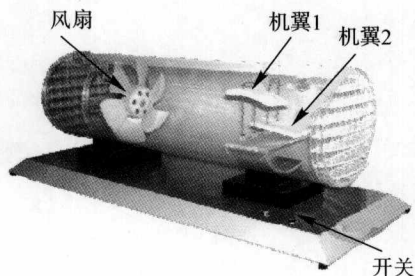


图 2-2 飞机升力演示仪

本实验选用 LE-5 型飞机升力演示实验仪，其结构如图 2-2 所示。

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。

【思考题】

1. 请解释热气球的飞行原理，并回答其原理是否与飞机的飞行原理相同。

2. 在飞机水平速度一定的情况下, 驾驶员是怎样控制飞机拉起或俯冲的?

【附录】

20 世纪最重大的发明之一是飞机的诞生。而 2000 多年前中国人发明的风筝，虽然不能把人带上太空，但它确实可以称为飞机的鼻祖。

20 世纪初美国莱特兄弟制造出了第一架依靠自身动力进行载人飞行的飞机——“飞行者”1 号，并且获得试飞成功。1910 年 12 月 10 日，在法国巴黎展览会上，罗马尼亚人亨利·科安达展示了其设计的最早的喷气发动机。30 年代后期，活塞驱动的螺旋桨飞机的最大平飞时速已达到 700 km，俯冲时已接近音速。1934 年德国设计师奥安获得离心型涡轮喷气发动机专利。1939 年 8 月 27 日奥安使用他的发动机制成 He-178 喷气式飞机。1947 年 10 月 14 日在美国加利福尼亚州的桑格菲尔地区，贝尔公司试飞能冲破音障的 X-1 火箭飞机，达到马赫数 1.06，高度 13000 m。

时至今日，各种飞行器的发展更是日新月异，但从其外形和控制的设计方面看都是依据空气动力学这门学科而设计的。空气动力学是流体力学的一个分支，是研究空气或其他气体的运动规律，空气或其他气体与飞行器或其他物体发生相对运动时的相互作用和伴随发生的物理化学变化的学科。它是在流体力学基础上随航空航天技术的发展而形成的一门学科。

空气动力学的研究内容根据空气与物体的相对速度是否小于约 100 m/s (即时速 360 km/h, 注, 也有根据时速 400 km 为界来划分的), 可分为低速空气动力学和高速空气动力学, 前者主要研究不可压缩流动, 后者研究可压缩流动。F1 赛车的研究的内容便属于前者。此外, 根据是否忽略黏性, 还可分为理想空气动力学和黏性空气动力学。

实验三 气体流速与压强反比演示

两列相向高速行驶的列车靠近时可能会造成车窗破裂；在火车站台候车时，人不能太靠近列车轨道，否则会被进站行驶而来的列车“吸”进去。为什么会有这种情况产生呢？

【物理原理】

根据伯努利原理：气体流速大的地方压强小，气体流速小的地方压强大。当火车高速行驶时带动其附近的空气高速运动，从而使其压强相对较小，外界的大气压会将车窗或人压向火车，从而造成车窗破裂或人跌落轨道。

【演示方案】

本实验采用 JDW-29 型气体流速与压强成反比演示仪，其结构如图 3-1 所示：圆形叶片可在直流电机的作用下绕轴旋转。当叶片旋转时，周围的空气也以一定的速度做圆周运动，在叶片各处的角速度都相同，但半径不同。由公式 $v = \omega r$ 可知：半径越大，速度也越大。那么叶片中部的气体速度大于上下两端，根据速度大、压强小的原理，下面的纸圆环被吸到中部。

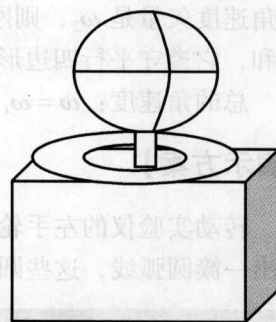


图 3-1 气体流速与压强成反比演示仪

【思考题】

1. 挂一本 16 开课本，让其中两页自然垂下，用力向着两页书中间吹气，能将这两页吹开吗？

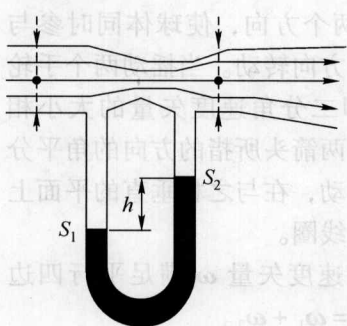


图 3-2 文特利流量计

2. 图 3-2 所示为文特利（Venturi）流量计。文特利管常用于测量液体在管道中的流量或流速。如图所示，在变截面管的下方，装有 U 形管，内装水银，测量水平管道内的流速时，可将流量计串联于管道中，根据水银表面的高度差，即可求出流量或流速。

已知管道横截面为 S_1 和 S_2 ，水银与液体的密度各为 ρ_1 和 ρ_2 ，水银面高度差为 h ，求液体流量，设管中为理想流体作稳定流动。请解释其测量原理。

实验四 角速度矢量合成演示

通常，转动物体的运动一般不仅仅是作匀角速度、绕固定轴转动，而是变角速度绕非固定轴转动，这是复杂的运动。然而，任何复杂的运动都是由简单的运动构成的。下面介绍几种不同方向的转动如何合成一个复杂的运动。

【实验原理】

若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 ，则刚体的合成转动的角速度矢量 ω 等于两个角速度矢量 ω_1 和 ω_2 矢量之和，它遵守平行四边形法则。

总的角速度： $\omega = \omega_1 + \omega_2$

【演示方案】

转动实验仪的左手轮，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相垂直的平面上。

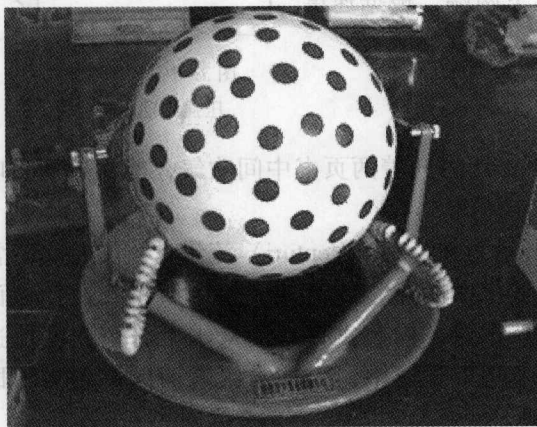


图 4-1 角速度矢量合成演示仪

移动仪器上半圆弧形刻度尺上的箭头 1，使其指示 ω_1 的方向；再单独转动实验仪的右手轮，沿圆弧刻度尺移动箭头 2，使其指示 ω_2 的方向。（半圆弧形刻度尺的框架及箭头见实物）

同时摇动两个手轮，使分角速度矢量分别沿 ω_1 和 ω_2 两个方向，使球体同时参与两个确定的转动方向转动。当摇动两个手轮转速相同时，即二分角速度矢量的大小相等，则球体绕与两箭头所指的方向的角平分线方向为轴作转动，在与之相垂直的平面上形成红色的圆弧线圈。

此时，合角速度矢量 ω 满足平行四边形运算法则： $\omega = \omega_1 + \omega_2$ 。

【实验原理】

$$\sum M_z = d(I_z \omega_z)/dt \quad (1)$$

即 $\sum M_z = 0$, 则 $I_z \omega_z = \text{恒量}$ 。

【演示方案】

Figure 10.10 consists of two diagrams, (a) and (b), illustrating the conservation of angular momentum. In diagram (a), a person is standing on a rotating platform with their arms extended horizontally, holding dumbbells. The platform is shown with concentric circles and arrows indicating rotation. In diagram (b), the person has pulled the dumbbells towards their chest, and the platform is shown rotating faster, indicated by more closely spaced concentric circles and arrows.

9