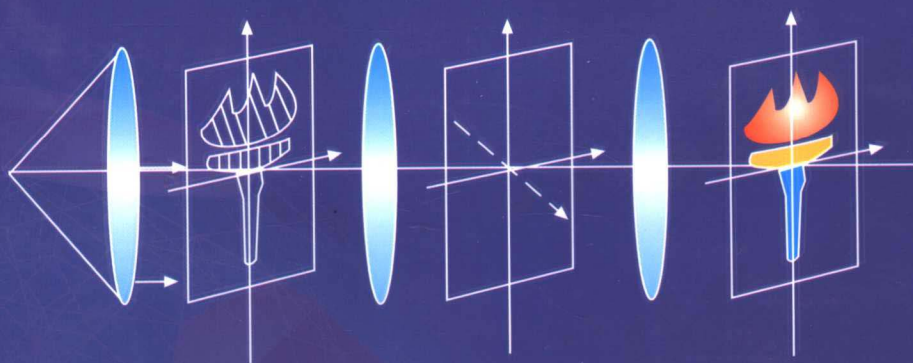




普通物理实习实验

孙敬姝 吕天全 王秉超 主编



科学出版社
www.sciencep.com

21 世纪高等院校教材·国家理科基地教材

普通物理实习实验

孙敬姝 吕天全 王秉超 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

为辅助普通物理理论课教学,吉林大学物理学院物理演示实验室在“物理演示与实习实验基地”内开设了力学、热学、电磁学和光学的实习实验课。此课程作为“物理演示与实习实验基地建设”项目的一部分,1997年获得国家级教学成果一等奖,本书就是在其多年教学的基础上编辑整理而成的配套教材。

全书分为力学、热学、电磁学和光学4部分,其中力学9个实验项目,热学4个实验项目,电磁学15个实验项目,光学22个实验项目。本书适合于普通高等院校本科生普通物理实习实验课教学,也可供开放自学实习实验使用。

图书在版编目(CIP)数据

普通物理实习实验 / 孙敬姝等主编. —北京:科学出版社,2005

21世纪高等院校教材·国家理科基地教材

ISBN 7-03-014951-3

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第007233号

责任编辑:昌盛 张邦固 / 责任校对:包志虹

责任印制:安春生 / 封面设计:陈 敏

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>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年4月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2005年4月第一次印刷 印张:11 1/2

印数:1—4 000 字数:218 000

定价:16.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

前 言

物理学是一门实验科学,人类知识的积累与更新,尤其是物理概念的形成、物理规律的发现与验证,全部来源于对物理实验现象的观察、分析和归纳总结,并不断地在实验中得到检验.作为物理学的基础,普通物理(力学、热学、电磁学和光学)更离不开对物理实验现象的观察.因此,为了辅助普通物理理论课教学,我们在“物理演示与实习实验基地”内开设了力学、热学、电磁学和光学实习实验课.这门实习实验课不同于普通物理基础实验课,它是在学生学完一个单元理论课后,结合教学中的难点和重点问题,安排学生到“基地”上一次实习实验课,让学生自己动手组装和调试实验仪器,观察和分析实验结果,并在理论知识指导下,归纳总结实验规律.

我们开设的普通物理实习实验课程在人才素质中实验能力方面的培养占有重要的地位和作用,多年的实践表明:

1. 实习实验课教学是课堂教学的继续和发展,使学生所学的知识得到进一步深化和补充.

2. 实习实验课教学是丰富和完善所学的理论,扩大知识面,开阔视野,调动学生学习的积极性与创造性,培养学生发现问题、分析问题和解决问题能力的有效形式.

3. 实习实验的教学模式,改变了学生只重视书本知识而忽视实践的倾向,培养了学生尊重实践、努力实践以及求真务实的好作风,以一种生动的形式,体现并强调物理的实验科学本质.

4. 实习实验的教学模式,促进了课堂教学方法的改进,提高了课堂教学的效果.同时,也为今后专业课程的学习以及科学研究打下了坚实基础.

本教材是在吉林大学物理学院物理演示实验室多年教学的基础上编辑整理出来的,供基础课教学后上实习实验课时选用,也可供开放自学实习实验使用,学生可以自己安排时间,选做部分自己感兴趣的实习实验题目.

本书光学部分的 22 个实验由孙敬姝、王秉超主编,力学、热学部分的 13 个实验由吕天全主编,电磁学部分的 15 个实验由王秉超主编.在本书的编写过程中得到了闫羽教授、国秀珍教授的帮助,也得到了演示实验室的梁浩老师、李志有老师的大力支持,在此一并感谢.

由于编者水平所限,疏漏和错误之处在所难免,恳请读者批评指正.

编 者
2004 年 12 月

目 录

前言

力 学

实习实验一	角动量守恒·····	3
实习实验二	机械振动及振动的合成·····	5
实习实验三	科里奥利力的实验观察·····	7
实习实验四	驻波现象的实验观察·····	11
实习实验五	压电晶体在力学中的应用·····	15
实习实验六	水面波及其干涉·····	17
实习实验七	角速度合成·····	20
实习实验八	声波系列实验·····	22
实习实验九	转动液体内部压强分布实验观察·····	24

热 学

实习实验一	热力学第二定律·····	29
实习实验二	观察布朗运动·····	33
实习实验三	临界现象的实验观察·····	35
实习实验四	液体表面张力实验观察·····	37

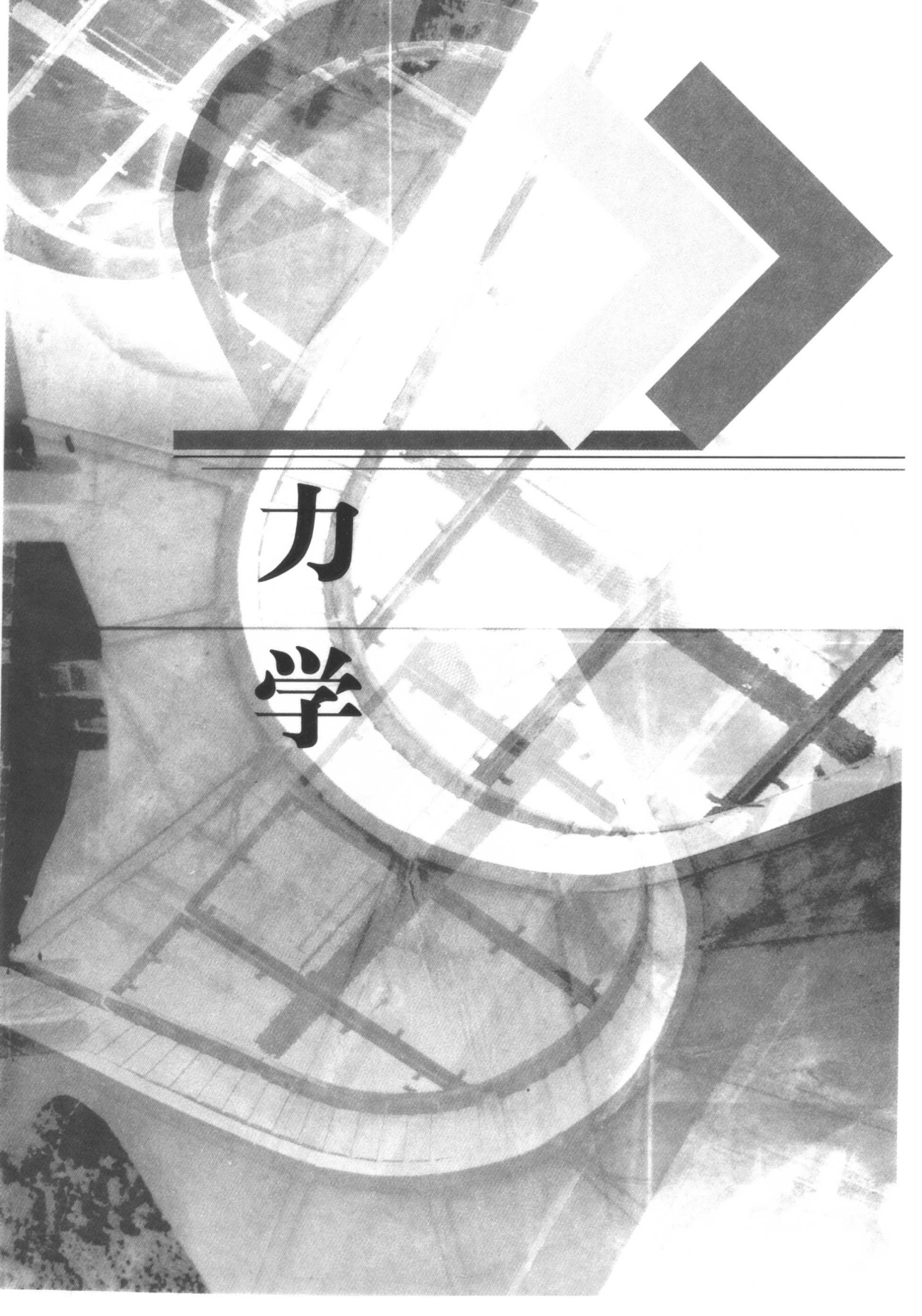
电 磁 学

实习实验一	带电体周围电场线与等势面的测绘·····	43
实习实验二	静电系列实验的观察·····	48
实习实验三	模拟高压带电作业·····	50
实习实验四	电磁感应现象的观察·····	53
实习实验五	交流电路的谐振(一)—— RLC 电路的串联谐振·····	55
实习实验六	交流电路的谐振(二)—— RLC 电路的并联谐振·····	59
实习实验七	静电在复印机上的应用·····	62
实习实验八	库仑定律的验证·····	70
实习实验九	滴水自激静电感应起电·····	77
实习实验十	高温超导材料现象的实验观察·····	79

实习实验十一	佩尔捷效应	83
实习实验十二	铁磁质的磁化及磁致伸缩现象的观察	88
实习实验十三	永磁材料的制备及其磁化规律的实验测定	92
实习实验十四	电磁波的发射与接收	95
实习实验十五	低温下一些材料物理性质的观察	98

光 学

实习实验一	几何光学仪器的组装和成像规律的研究	103
实习实验二	各种干涉和衍射装置及现象的观察	107
实习实验三	双面镜干涉	109
实习实验四	对切透镜的实验装置与双光束干涉现象的观察	112
实习实验五	多缝动态夫琅禾费衍射及光强的实时测量	117
实习实验六	各种偏振光的产生与检验	122
实习实验七	模拟海市蜃楼	125
实习实验八	光阑的作用	128
实习实验九	散射光干涉	131
实习实验十	等倾干涉	134
实习实验十一	巴比涅原理	137
实习实验十二	分辨本领	139
实习实验十三	全息波带片的制作与成像	142
实习实验十四	全息照相	146
实习实验十五	空间滤波	149
实习实验十六	θ 调制	152
实习实验十七	偏振光分析计算机实时显示	155
实习实验十八	偏振光的干涉	159
实习实验十九	等密度假彩色编码	163
实习实验二十	晶体电光调制与激光通讯	167
实习实验二十一	声光调制	173
实习实验二十二	光学双稳、非稳、混沌及其应用	175
参考书目		178



力学

原书空白页

实习实验一 角动量守恒

一、实习目的

观察物体的角动量守恒现象,并能解释有关角动量守恒的实际现象,加深对转动惯量概念的理解.

二、实习实验装置

装置结构如图 1.1.1 所示.

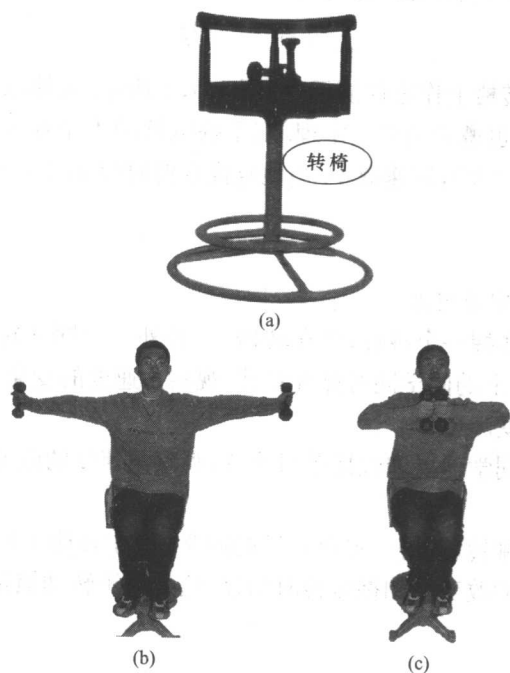


图 1.1.1

三、实习实验原理

一个刚体绕某定轴的转动惯量

$$I = \sum_i \Delta m_i \rho_i^2 \quad (1.1.1)$$

其中 ρ_i 为质元 Δm_i 到转轴的距离. 转动惯量反映刚体转动状态改变的难易程度,

也就是其大小反映刚体转动惯性的 大小.

如果刚体作定轴转动, 则对定轴的角动量为

$$L = I\omega$$

当刚体所受外力对定轴的力矩的矢量和等于零时, 角动量不变, 即角动量守恒. 其数学表示式为

$$I\omega = \text{常量} \quad (1.1.2)$$

如果物体对固定轴的转动惯量 I 可变, 且任意时刻物体所受外力对固定转轴的力矩矢量和等于零, 则当 I 增大时, ω 减少; I 减小时, ω 增大. 若有几个物体所组成的系统, 绕着一个公共的固定转轴转动. 由于物体之间的相互作用力是系统的内力, 全部内力作用的结果不会改变系统的总角动量, 因而, 若系统所受外力对公共转轴的力矩矢量和等于零时, 系统的总角动量守恒. 即

$$\sum_i I_i \omega_i = \text{常量}$$

这样的结论可以在转椅上作定性演示, 如图 1.1.1 所示. 人体虽然不是刚体, 但却是质点系, 在运动中也遵守角动量定理. 双手握哑铃的人坐在旋转的转椅上, 当他同时伸开双臂时 (I 增大), 转速减小. 当他收拢双臂时 (I 减小), 转速增大.

四、实习实验内容

观察角动量守恒现象

一个同学双手各握一个哑铃, 坐在转椅上, 另外一个同学转动转椅, 获得一定的角动量, 坐在转椅上的同学同时伸开双臂, 观察角速度的变化. 然后收拢双臂, 观察角速度又如何改变.

坐在转椅上的同学伸展和收拢单只手臂, 观察角速度的改变, 转动同学的感受与前会有不同.

如果双手不握哑铃, 获得一定角动量的同学 (坐在转椅上), 伸展和收拢双臂, 你会观察到角速度的改变不如握哑铃时明显, 这是由于转动惯量的改变并不大.

五、思考题

① 芭蕾舞演员表演时, 如欲在原地飞快地旋转, 需要收拢伸展的双臂, 为什么?

② 为提高跳远成绩, 运动员落地前为什么应尽量使腿和臂同时向前伸展?

③ 高台跳水运动为了完成空翻两周或三周的动作, 为什么要团身?

④ 将一个生鸡蛋和一个熟鸡蛋在桌上旋转, 你能判断哪个是生鸡蛋, 哪个是熟的吗? 理由是什么?

实习实验二 机械振动及振动的合成

一、实习目的

- ① 通过实习加深对机械振动运动形式及其基本概念的理解;
- ② 深化对简谐振动合成规律的认识和理解.

二、实习实验装置

装置结构如图 1.2.1 所示.



图 1.2.1

三、实习实验原理

如果一个质点作一维简谐振动,离开平衡位置的位移

$$x = A \cos(\omega t + \varphi)$$

其中, A 为振动的振幅, ω 为振动的角频率, $\omega t + \varphi$ 叫做相位, φ 为初相位. 任何一个复杂的振动都可以看成是若干简谐振动的合成. 为了在实验上演示合振动, 可以把机械振动转化为电振动, 这是由于若干个电振动合成的电振动可以利用示波器或计算机方便地显示出来. 但力-电振动的转换必须是线性的. 力-电振动的转换是由图 1.2.2 所示的装置实现的.

振子是由能够产生简谐机械振动的装置来驱动的. 水槽中有两块平行放置的金属极板, 其间可以建立匀强电场. 若选取平行极板且位于两极板正中间平面的电势为零, 当振子到零电势面的距离为 x (振子在零电势面上方, x 取正值; 在下方时, x 取负值) 时, 其电势

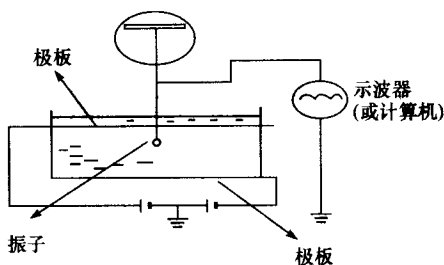


图 1.2.2

$$U = Ex$$

E 是匀强电场的电场强度. 若 x 以简谐规律随时间变化, 由振子取出的电信号也是随时间、以相同频率作简谐规律的变化. 实现了力-电振动的转换. 电信号可以通过示波器或计算机显示, 这样就可以间接地显示机械振动的图线. 若在同一电场中有多个振子同时振动, 每个振子的振动情况都可以在示波器或计算机显示屏上显示出来, 借助示波器或计算机实现几个简谐振动的合成. 观察合振动的状态.

四、实习实验内容

- ① 观察不同频率简谐振动的振动图线, 并进行比较.
- ② 观察两个相互垂直振动的合成现象. 两个振动的频率可取

$$\omega_1 : \omega_2 = 1 : 1, 1 : 3, 1 : 5, \dots$$

并用所学理论解释观察到的现象.

- ③ 观察三个不同频率、沿同方向振动的合成现象.

五、思考题

- ① 在示波器上或计算机显示器上观察到的图形的横坐标是哪个物理量?
- ② 通过观察李萨如图形, 怎样判断两个互相垂直振动的频率之比?

实习实验三 科里奥利力的实验观察

一、实习目的

通过实习实验,使学生能够加深对匀角速转动参考系、惯性离心力和科里奥利力等概念的理解,能够解释由科里奥利力引起的自然现象,如贸易风等.

二、实习实验装置

实验现象的演示利用流水式科里奥利力演示仪,其结构如图 1.3.1 所示.

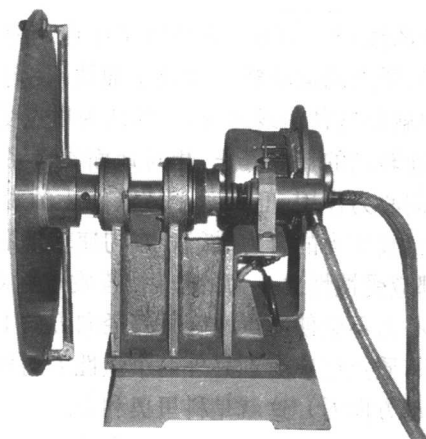


图 1.3.1

1. 机座、电机和输水管部分

通过传动带可带动整个转动系统绕水平轴转动,转动速度由调速装置调节. 输水管是由共轴的进水管和出水管组成.

2. 仪器显示部分

由固定在转动输水管上的大圆盘和软橡胶管组成. 当转动输水管时,带动圆盘和胶管一起转动,圆盘上沿与胶管垂直方向划有刻度,以标记胶管弯曲的大小(见图 1.3.2).

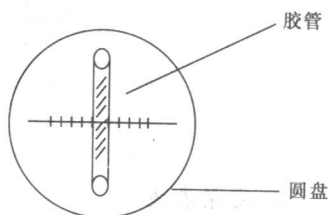


图 1.3.2

三、实验实验原理

1. 物体在转动参考系上运动时受到惯性力作用的定性说明

若一质点相对惯性系作匀速直线运动,则相对转动参考系而言表现为曲线运动.如图 1.3.3 所示,设转盘绕过 O 点垂直盘面的竖直轴以角速度 ω 逆时针转动.一质点自转盘中心出发相对地面(惯性系)沿一给定的方向作匀速直线运动(如 OA),相对转盘静止的观察者看到的是地面将绕 O 点顺时针方向转动,地面上线段 $\overline{OA}$ 与盘上线段 $\overline{OA'}$ 在 $t=0$ 时重合.经过一段时间,质点相对于地面沿直线 OA 从 O 点运动到 1 点,但相对于转盘静止的观察者却看到地面上的线段 OA 也转过一个角度,从而质点位置应为 $1'$,以后有 $2'$ 、 $3'$ 点与 2、3 点对应.质点相对于转动参考系的运动路径是一条曲线 $\overline{O1'2'3'B'}$.在惯性系中作匀速直线运动的质点,相对于匀速转动的非惯性系,质点的运动轨迹却成了曲线.在匀速转动的非惯性系中,为了形式上用牛顿定律解释这种曲线运动,必须认为质点受虚拟的力,即惯性力的作用.若质点相对于匀速转动的转盘静止,相对地面参考系(惯性系)而言,质点作等速圆周运动,应有一向心力作用.但相对于转盘静止的观察者认为质点静止,有一惯性离心力与向心力(真实力的合力)抵消.在匀速转动的非惯性系中,观察者认为无论质点是否运动都应受惯性离心力的作用.若质点相对匀速转动的非惯性系运动,惯性离心力与向心力不会使质点改变垂直径向方向上的运动状态,因而相对于匀速转动的非惯性系,质点还应受到另外一个惯性力的作用,其方向应指向运动方向的右侧一边(沿运动方向看).这就是科里奥利力.

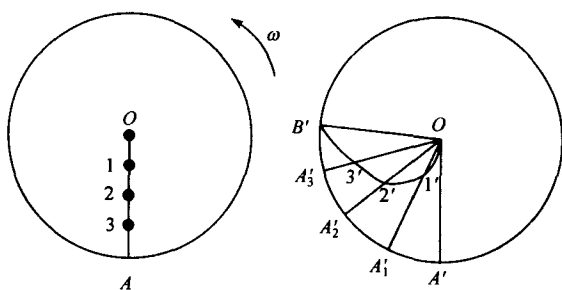


图 1.3.3

2. 定量表述

设质量为 m 的质点相对于圆盘以速度 $\mathbf{v}'$ 运动,其运动方程为

$$m\mathbf{a}' = \mathbf{F} - m\boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}) - 2m\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}' \quad (1.3.1)$$

其中, a' 为质点相对于转盘的加速度, ω 为匀角速转动参考系相对于惯性系的角速度, 它是恒量, r 是质点的位矢. 上式右边第二项是惯性离心力

$$f_i = -m\omega \times (\omega \times r) \quad (1.3.2)$$

它与质点相对于盘的运动速度无关, 但与其所在位置和匀角速转动参考系的角速度有关. 右边第三项为科里奥利力

$$f_{\text{cor}} = -2m\omega \times v' \quad (1.3.3)$$

它与转动参考系的角速度和质点相对于转动参考系的速度有关, 若质点相对盘静止, 它不受科里奥利力作用.

为明显演示科氏力的作用, 必须有一个高速转动的转盘, 质点在其上的运动速度 v' 也较大. 演示仪上有一转盘, 其上沿一直径安装一根乳胶管, 其中可以通过流水. 若乳胶管中有流水, 由于科氏力的作用, 乳胶管相对于转盘会变弯曲, 且偏离直径, 如图 1.3.4 所示. 乳胶管变形大小与科氏力的大小相关, 若科氏力大, 变形大, 从而可通过乳胶管变形大小定性考查科氏力与 ω 和 v' 的关系, 定性验证公式 (1.3.3).

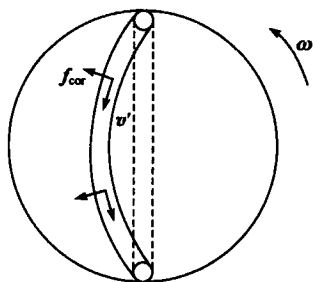


图 1.3.4

四、实习实验内容

① 固定转盘的角速度大小, 使流水流动方向发生变化, 通过乳胶管变形方向确定科氏力的方向, 再由 ω 与 v' 的方向验证公式 (1.3.3) 中科氏力方向. 改变 ω 方向再观察, 验证一次.

② 定性验证 f_{cor} 与 ω 大小之间的关系.

固定水流流速, 改变 ω 大小, 从乳胶管偏离的程度可以判断科氏力大小, 进而可以定性验证科氏力的大小与 ω 成正比.

③ 定性验证 f_{cor} 与 $m v'$ 大小之间的正比关系.

固定转盘 ω 不变, 改变水流流速的大小, 可从乳胶管的偏离大小定性说明上述关系.

④ 乳胶管中水不流动, $\omega \neq 0$, 观察乳胶管是否偏离直径. 让水流动, 而令转盘不转动, 观察实验现象, 看一看乳胶管是否变形. 两种情况下, 乳胶管不变形, 说明什么?

五、思考题

① 贸易风: 在地球上, 热带的空气, 因受热而上升, 并在高空向地球两极推进, 两极的空气, 因遇冷而下降, 并在地面附近向赤道推进, 形成了一种对流, 即出现了

贸易风. 但北半球地面附近向南的贸易风, 称作东北贸易风. 而在南半球地面附近向北的贸易风为东南贸易风. 这是为什么?

② 1850 年傅科在巴黎做了一个著名的实验, 后来叫做傅科摆实验. 在当时实验中, 傅科取摆长为 67 m, 摆球为直径 30 余 cm、重达 28 kg 的铁球. 傅科发现摆的振动平面不断旋转. 由此证明了地球的自转运动. 假如在北极悬置一摆, 使之作微振动, 你是相对地球静止的观察者, 你会发现振动平面在旋转. 你能由此说明地球在自转吗?

③ 为什么地球上河流的两岸总是有一侧被水冲刷得较厉害?

实习实验四 驻波现象的实验观察

一、实习目的

实验观察线形驻波、气体火焰驻波现象,研究驻波产生的条件.

二、实习实验装置

1. 线形驻波演示装置结构(如图 1.4.1 所示)

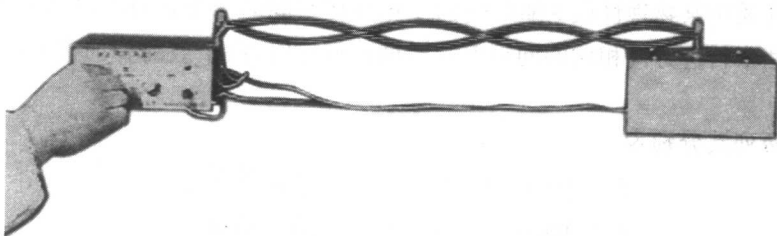


图 1.4.1

(1) 电振荡器

产生电振动信号,通过信号输出插口输出电信号.其频率和功率可由频率调节旋钮和功率调节旋钮调节.

(2) 振动源

把电振荡器输出的电信号通过引线从振动源的信号输入插口输入,使振动杆产生机械振动.

(3) 附件

90cm 长松紧带 1 根;直径 1mm、长度为 90cm 的钢丝 1 根;长 20cm、宽 1.5cm 的弹簧片 1 片.

2. 气体火焰驻波演示装置(如图 1.4.2 所示)

(1) 信号源

调节频率和幅度调节旋钮,可改变输出信号和频率及其幅度,信号源与扬声器连接.

(2) 金属管

金属管上钻有一排等间距、孔径大小相同的小孔,一端封闭,另一端开口,开口