

西南交通大学 323 实验室工程系列教材



大学物理演示实验教程

主编 陈汉军

主审 西南交通大学实验室及设备管理处



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

04-33/214

2007

西南交通大学“323 实验室工程”系列教材

大学物理演示实验教程

主编 陈汉军

主审 西南交通大学实验室及设备管理处

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 简 介

本书是根据西南交通大学物理演示实验室现有的实验编写而成。内容包括力学、分子物理与热学、电磁学、振动与波动、光学、近代物理与综合,总计 155 个实验。对每个实验分别按实验目的、实验仪器、实验原理、操作与现象、注意事项和思考题几个部分进行介绍。

本书可作为各类高等学校本科和专科物理教学的参考读物,也可作为物理爱好者的读物。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理演示实验教程 / 陈汉军主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2007.10
(西南交通大学“323 实验室工程”系列教材)
ISBN 978-7-81104-798-1

I. 大… II. 陈… 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 162190 号

西南交通大学“323 实验室工程”系列教材

大学物理演示实验教程

主编 陈汉军

*

责任编辑 孟苏成

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川锦祝印务有限公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 10.5

字数: 261 千字 印数: 1—2 000 册

2007 年 10 月第 1 版 2007 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-81104-798-1

定价: 15.00 元

图书如有印装问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

物理演示实验是大学物理教学中常用的教学手段,其结构简单、操作简便、现象直观,深受学生欢迎。物理演示实验在教学中具有以下基本作用:① 通过演示实验能使使学生获得丰富的感觉、知觉,形成鲜明的表象,再通过思维建立起正确的概念,使学生养成科学的学习态度和方法;② 演示实验可以极大地引起学生的学习兴趣,激发学生的学习主动性;③ 演示实验可使学生开阔眼界,扩大知识面;④ 演示实验有利于培养学生的科学素质,激发学生的创新意识。

物理演示实验的内容包括实物物理实验、模拟物理实验、音像资料和计算机多媒体资料。随着大学物理教学改革的深入,教学条件和环境的改善,物理演示实验教学的形式也由过去单一的课堂实物演示,发展到开放演示实验室、演示实验走廊等多种方式。

本实验教程介绍了 155 个演示实验项目,其中力学实验 33 个,分子物理与热学实验 9 个,电磁学实验 47 个,振动与波动实验 17 个,光学实验 31 个,近代与综合实验 18 个。内容涵盖了西南交通大学物理实验中心演示实验室目前对全校本科学生开放的绝大部分实物物理实验,其中部分内容适合于大学物理理论课程的课堂实验,也有部分内容适合于开放性物理展示实验。实验仪器有教学仪器厂生产的,也有自己设计制作的。书中对实验原理作了简要介绍,配有实验装置照片,对实验操作和实验过程中的现象以及注意事项均有叙述,并给出了与实验内容相关的思考题,以加深学生对实验所涉及知识的理解。

全书由陈汉军主编。除了列出的参考文献以外,还参考使用了部分生产厂家和网络资料。在编写过程中,清华大学的路峻岭和上海交通大学的王阳给予了许多的帮助;西南交通大学理学院的姜向东、温诚忠、陈贤贵、钟晓春、周小红、黄玉霖、冯振勇、巴璞、陈桔、邱春荣、胡清、杨仕君、韩立唐、马新等老师也对本书的编写给予了大力支持;学生田亮、丛友记、张兵、盖川、郑海波和郝亚东等也做了很多工作。初稿完成后,黄整教授认真审阅了全书,并提出了许多宝贵意见。编者在此一并表示感谢。

编者真诚地希望读者在使用过程中,对书中存在的缺点和错误给予批评指正。

编 者
2007 年 7 月

目 录

第1章 力学	(1)
1.1 机械能守恒定律	(1)
1.2 滚摆	(1)
1.3 质心运动定律	(2)
1.4 运动独立性演示仪	(3)
1.5 竞速轨道(1)	(4)
1.6 竞速轨道(2)	(4)
1.7 滚动的方轮	(5)
1.8 动物下坡	(6)
1.9 完全弹性碰撞	(7)
1.10 超级碰撞球	(7)
1.11 圆环形离心力演示仪	(8)
1.12 V形管离心力演示仪	(9)
1.13 转盘式科里奥利力演示仪	(10)
1.14 锥体上滚演示装置	(11)
1.15 角速度矢量的合成	(12)
1.16 茹科夫斯基转椅	(13)
1.17 直升机演示角动量守恒	(13)
1.18 小型角动量守恒演示仪	(14)
1.19 角动量多功能演示仪	(15)
1.20 回转力矩	(17)
1.21 转动惯量演示仪	(18)
1.22 陀螺式回转仪	(18)
1.23 杠杆式回转仪	(19)
1.24 气垫陀螺	(20)
1.25 翻身陀螺	(21)
1.26 多功能回转仪	(22)
1.27 气桌演示仪	(23)
1.28 空气中的环形涡旋	(24)
1.29 伯努利悬浮器	(24)
1.30 飞机的升力	(25)
1.31 气悬球	(26)
1.32 伯努利效应演示管	(27)
1.33 电脑控制转动综合实验仪	(28)
第2章 分子物理与热学	(30)
2.1 伽尔顿板	(30)
2.2 投影式伽尔顿板	(30)

2.3	麦克斯韦速率分布	(31)
2.4	气体动理论演示仪	(33)
2.5	压缩机演示热力学第二定律	(35)
2.6	光压热机	(37)
2.7	饮水鸟	(37)
2.8	可视化斯特林热机	(38)
2.9	空气热机	(39)
第3章	电磁学	(42)
3.1	点电荷的电场线模拟	(42)
3.2	静电荷在导体上的分布	(43)
3.3	尖形布电器	(44)
3.4	法拉第冰筒	(45)
3.5	感应起电机	(46)
3.6	电风轮	(47)
3.7	电风吹火焰	(48)
3.8	静电跳球	(49)
3.9	静电摆球	(49)
3.10	静电滚筒	(50)
3.11	静电除尘	(51)
3.12	静电植绒	(51)
3.13	静电屏蔽	(52)
3.14	避雷针原理	(53)
3.15	电介质极化模型	(54)
3.16	模拟高压带电作业	(55)
3.17	手触蓄电池演示仪	(56)
3.18	司南	(57)
3.19	投影式洛仑兹力演示仪	(58)
3.20	电磁感应	(59)
3.21	平行电流间的相互作用	(60)
3.22	磁场对载流导体的作用	(60)
3.23	楞次定律	(61)
3.24	铜管演示涡电流	(62)
3.25	跳环式楞次定律演示装置	(63)
3.26	对比式楞次定律演示仪	(64)
3.27	楞次定律和磁悬浮演示仪	(65)
3.28	涡电流的力学效应	(66)
3.29	电磁驱动演示仪	(66)
3.30	亥姆霍兹线圈演示仪	(67)
3.31	磁阻尼摆	(68)
3.32	磁聚焦演示仪	(69)
3.33	涡电流的热效应	(70)
3.34	多功能电涡流演示仪	(70)
3.35	自感现象	(72)

3.36	热磁轮演示仪	(73)
3.37	居里点现象的演示	(74)
3.38	巴克豪森效应	(75)
3.39	趋肤效应	(76)
3.40	电磁波演示仪	(77)
3.41	磁悬浮球	(79)
3.42	温差电磁铁演示仪	(80)
3.43	雅克布天梯	(81)
3.44	磁致伸缩	(82)
3.45	三相旋转磁场	(83)
3.46	霍尔效应演示仪	(84)
3.47	超导磁悬浮列车演示装置	(84)
第4章	振动与波动	(87)
4.1	旋转矢量仪	(87)
4.2	共振摆	(88)
4.3	受迫振动仪	(89)
4.4	垂直振动的合成	(89)
4.5	简谐振动合成仪	(90)
4.6	偏心电机演示共振	(91)
4.7	用音叉演示拍声	(92)
4.8	音叉共振和拍声的放大	(93)
4.9	纵波演示仪	(94)
4.10	水波	(94)
4.11	声聚焦	(96)
4.12	弦驻波演示仪	(97)
4.13	声驻波	(99)
4.14	多普勒效应演示仪	(100)
4.15	多普勒效应(拉绳式)	(101)
4.16	鱼洗	(101)
4.17	超声雾化	(102)
第5章	光 学	(104)
5.1	海市蜃楼	(104)
5.2	光的多像簇演示仪	(105)
5.3	双缝干涉	(106)
5.4	菲涅尔双棱镜	(107)
5.5	洛埃镜	(108)
5.6	菲涅耳双面镜	(109)
5.7	多缝衍射	(111)
5.8	一维光栅衍射	(112)
5.9	二维正交光栅	(113)
5.10	蜻蜓眼睛光栅	(114)
5.11	CD 光栅	(115)
5.12	单缝(丝)的夫琅禾费衍射	(115)

5.13	可调单缝的夫琅禾费衍射	(117)
5.14	圆孔(屏)的夫琅禾费衍射	(118)
5.15	矩形孔的夫琅禾费衍射	(119)
5.16	干涉、衍射花样的三维演示	(120)
5.17	光学仪器的分辨率	(121)
5.18	光的起偏与检偏	(123)
5.19	玻璃堆演示布儒斯特角	(124)
5.20	光的双折射	(125)
5.21	偏振光的干涉	(126)
5.22	应力双折射	(127)
5.23	糖溶液旋光	(128)
5.24	分光滤波(θ 调制)	(129)
5.25	全息再现	(130)
5.26	白光全息	(131)
5.27	西汉透光镜	(132)
5.28	视错觉	(133)
5.29	光导纤维	(134)
5.30	半导体绿激光器	(135)
5.31	光栅立体画	(136)
第6章	近代物理与综合实验	(138)
6.1	机械振动与电信号分析计算机实验系统	(138)
6.2	辉光球	(139)
6.3	红外接收演示仪	(140)
6.4	光电效应	(141)
6.5	形状记忆合金水车	(142)
6.6	双节混沌摆	(144)
6.7	多节混沌摆	(144)
6.8	电路中的混沌现象	(145)
6.9	太阳能的应用——“神舟号”飞船模型	(147)
6.10	二氧化碳激光器	(148)
6.11	氢燃料电池实验仪	(149)
6.12	空气加农炮	(150)
6.13	空气火箭系统	(151)
6.14	能量转换轮	(152)
6.15	无线光通信实验	(153)
6.16	激光多普勒效应	(155)
6.17	电光效应	(156)
6.18	白光调制光通信	(157)
参考文献		(159)

第1章 力学

1.1 机械能守恒定律

【实验目的】

验证机械能守恒。

【实验装置】

实验装置如图 1.1 所示。

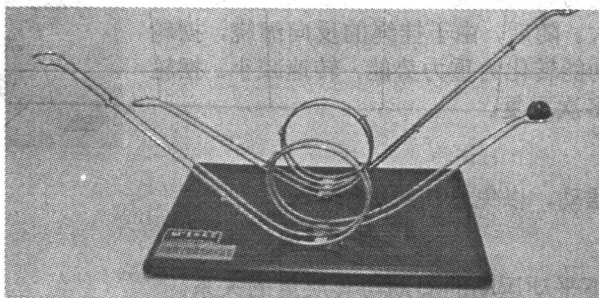


图 1.1

【实验原理】

当质点系所受外力和非保守力所做功的代数和为零时，质点系的初、末态机械能相等。若在质点系的初始状态到末态的每一个微元过程中，外力和非保守力所做的元功的代数和均为零，那么整个过程中质点系的机械能保持恒定，这就是机械能守恒定律。

本实验中，钢球沿着轨道下落的过程中，势能减小而动能增加，到最低处后又沿着轨道上升，动能逐渐减小而势能逐渐增加。

【操作与现象】

(1) 把两个钢球分别放到两个轨道的最高处圆圈中，让它们同时下落，注意观察它们的运动状态。

(2) 把钢球置于轨道的任一高处，放开后再观察钢球的运动。

【注意事项】

钢球脱离轨道要及时找回。

【思考题】

分析游乐场中过山车的机械能转换。

1.2 滚摆

【实验目的】

(1) 通过滚摆的运动演示机械能守恒。

(2) 演示滚摆的平动动能、转动动能与重力势能之间的转化。

【实验装置】

实验装置如图 1.2 所示。

【实验原理】

当滚轮自高处滚动下落时, 重力势能减少, 转变为滚轮绕其质心轴的转动动能和平动动能。根据机械能守恒定律, 滚轮的重力势能与滚轮的动能之和保持不变。

【操作与现象】

- (1) 调节摆线, 使两根摆线平行且摆轴水平。
- (2) 转动摆轴, 使摆线绕在摆轴上, 摆轮随之升高。
- (3) 将摆轮升高到适当高度处释放, 在重力作用下, 摆轮下落, 重力势能转变为转动动能。下落到最低点, 轮的转速最大, 转动动能最大。随后, 由于挂绳的反向缠绕, 摆轮的位置升高, 其转动动能转化为重力势能, 转速减小。摆轮的下落、上升过程将多次重复。

【注意事项】

切勿使摆轮左右摆动, 以免悬挂线缠绕。

【思考题】

试分析滚摆的上下平动运动的周期与其质量的关系。

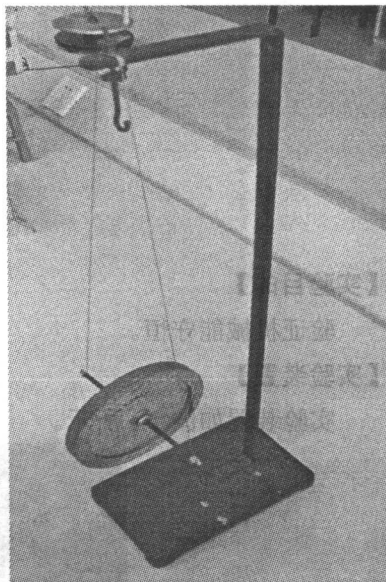


图 1.2

1.3 质心运动定律

【实验目的】

演示刚体受到大小和方向均相等但作用点不同的外力后刚体质心的运动状态。

【实验装置】

实验装置如图 1.3 所示。

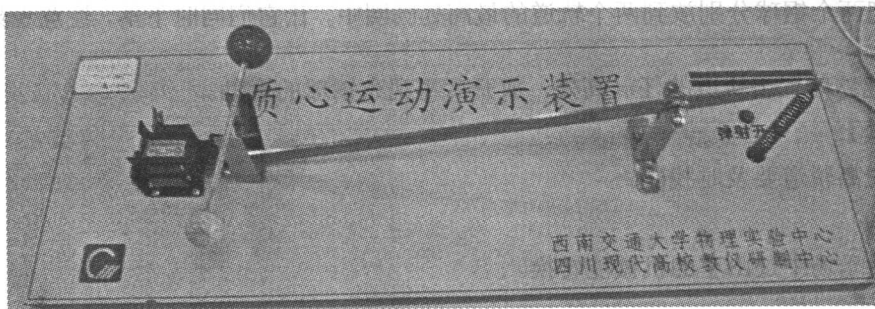


图 1.3

【实验原理】

刚体的运动可以分解为平动和转动, 即质点组质量集中于质心的平动和各质点相对于质心的转动。质心的平动遵从质心定理, 即作用在质点组的合外力等于质点组的质量与质心加速度的乘积。本实验演示刚体(哑铃状物体)在外力作用下, 当外力矩为零时, 刚体仅作平动;

当外力矩不为零时,刚体既有平动又有转动;而当作用的外力相同且初始条件相同时,刚体质心的运动情况相同。

【操作与现象】

(1) 将哑铃放在支架上,其质心位于打击杆的正上方,用手施力 F 于打击杆手柄处,将哑铃垂直地打起来。此时哑铃的运动为平动,质心的运动轨迹呈竖直线。

(2) 将哑铃的质心偏离打击杆的正上方,再次将哑铃垂直地打起来。可看到哑铃质心的运动轨迹仍呈竖直线,哑铃同时绕其质心转动,质心偏离的方向不同,转动的方向也不同。

【注意事项】

- (1) 打击力必须是强而短促的冲击力。
- (2) 改进型的装置增加了电控发射部件。

【思考题】

试分析比较不同打击情况下,哑铃的运动状态和能量的变化。

1.4 运动独立性演示仪

【实验目的】

演示物体作匀速直线运动和上抛运动时的运动规律。

【实验装置】

实验装置如图 1.4 所示。

【实验原理】

一个物体的运动可以看成几个独立运动的叠加。本实验中抛球车处于静止状态时,小球受到竖直向上的力作用,作上抛运动。抛球车在水平方向匀速运动时,小球同时作水平方向的匀速直线运动和竖直方向的上抛运动,这两个方向的运动互相独立。

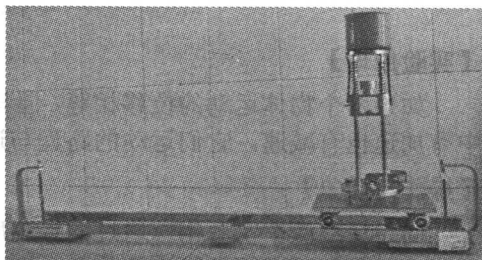


图 1.4

【操作与现象】

- (1) 将导轨安放在水平台面上,调节螺栓,使得导轨上的水平仪处于水平位置。
- (2) 抛球车安放在轨道上,装入橡皮球,一手稳住球车,一手向下拉弹簧架(橡皮球坠下),松开弹簧架,小球脱离小车向上抛出,然后落回原点。若球体不能落回原点,可调节小车的调整螺栓,使其与轨道垂直。
- (3) 将球车移动到轨道固定脱钩器和推力弹簧之间,再将球车上的弹簧架往下拉,使球车上的滑钩能钩牢弹簧架上的滚珠轴承,然后用力推球车直至导轨上的弹簧成最大弓形后放手,球车运动到脱钩处将球抛出,小车前进到一定的距离后球下落到小车接球盘里。这一现象表明,小车作匀速运动时,抛出的小球在竖直方向上升和下降的过程中,在水平方向具有与小车相同的速度。

【注意事项】

实验完毕,及时将小球收回到抛球车斗内。

【思考题】

当小车受阻力减速或导轨倾斜小车加速后,上抛小球的运动具有什么特点?

1.5 竞速轨道 (1)

【实验目的】

探究物体运动时速度、时间与路程之间的关系。

【实验装置】

实验装置如图 1.5 所示。

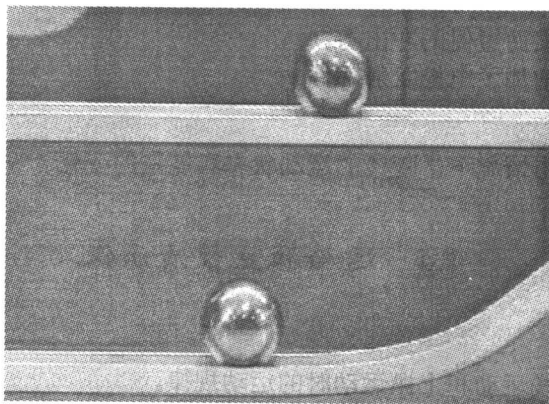


图 1.5

【实验原理】

如果两个物体运动的位移相等,但其中一个物体是匀速直线运动,而另一个物体运动过程中有加速也有减速,它们运动的路程与速度不同,运动的时间也不同。

【操作与现象】

同时释放两个实心钢球通过同样高度、同样斜率的斜面滚到 A、B 两条轨道上。观察两个球到达两条轨道末端的时间。其中 A 轨道是平直的, B 轨道的前一段为平直,然后凹陷下降,再经一段平直后,又上升到与 A 轨道相同的高度。通常 B 轨道钢球先到达轨道末端。

【注意事项】

- (1) 两球要同时从起点处下落。
- (2) 实验完毕及时将小球收到网袋里。

【思考题】

- (1) 为什么钢球通过路程较长的 B 轨道所需要的时间反而较短?
- (2) 钢球的轻重对实验结果有影响吗?

1.6 竞速轨道 (2)

【实验目的】

探究物体运动快慢的几个因素。

【实验装置】

实验装置如图 1.6 所示。

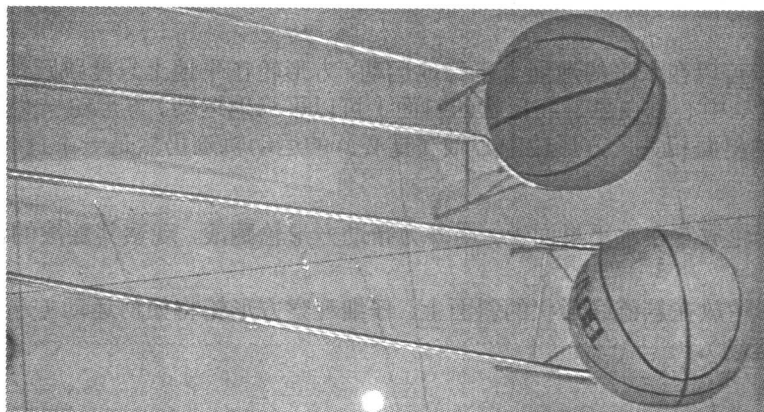


图 1.6

【实验原理】

两个球如果在斜率相同但空隙不一样的轨道上运动,每个球受到向下运动的合外力大小不同。虽然两球初始速度相同,但末速度不同。

【操作与现象】

两个篮球放在两条斜率相等的轨道上,其中 A 轨道较宽, B 轨道较窄。两个球同时出发,观察它们滚下到达终点所需要的时间。通常 B 轨道上的球最先到达终点。

【注意事项】

放置球时,不要用力过猛。

【思考题】

为什么轨道较窄的球会最先到达终点?

1.7 滚动的方轮

【实验目的】

- (1) 观察重心的变化对物体运动的作用。
- (2) 探究方轮刚体的运动轨迹。

【实验装置】

实验装置如图 1.7 所示。

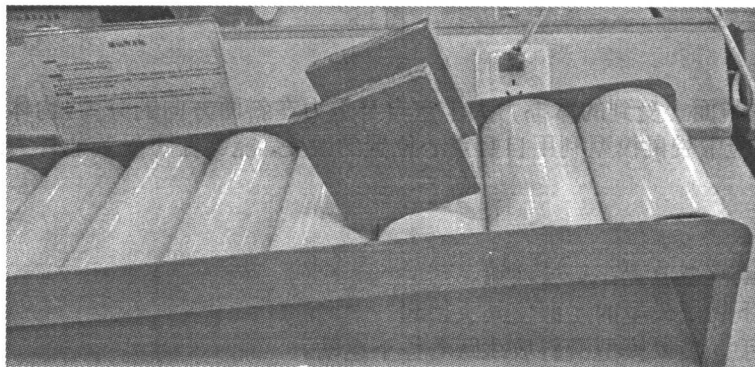


图 1.7

【实验原理】

圆形的轮子可以在水平的地面上平稳地运动, 方形轮在平地上只能跳跃地滚动。重心在方形轮的中心轴上, 中心轴在悬链线形状的斜面上可以平稳地运动。方形轮一个顶点的运动轨迹与悬链线形状的斜面相关, 方形轮中心轴(重心)的运动轨迹仍然是一条直线。

【操作与现象】

(1) 将方形轮放置在水平桌面上, 用外力帮助方形轮翻滚, 观察其翻滚的情况及中心点的轨迹变化。

(2) 将方形轮放在悬链线形状的斜面上, 仔细观察方形轮将如何运动(方形轮沿着波浪形的轨道平稳地运动)。

【注意事项】

方形轮放置时动作不要太大, 要避免木质轮落地损坏。

【思考题】

(1) 如果是规则的多边形轮子可以平稳地运动吗? 它们运动的轨道应该是什么样的?

(2) 如果是三角形或多边形的轮子可以平稳地滚动吗?

1.8 动物下坡

【实验目的】

演示物体重心的变化以及重心的变化对物体运动的作用。

【实验装置】

实验装置如图 1.8 所示。

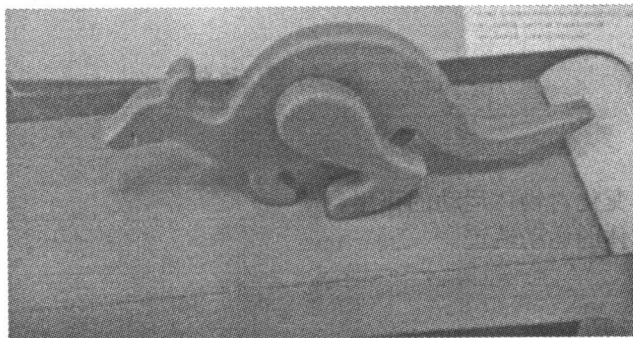


图 1.8

【实验原理】

如果物体在斜面上受到的摩擦力大于它自身重力在斜面方向的分力, 物体就不能沿着斜面向下运动。本实验中袋鼠模型利用自身重心位置的改变, 能够在不受其他外力的情况下沿斜面运动。

【操作与现象】

(1) 将袋鼠模型放置在斜坡顶端。

(2) 按一下袋鼠模型的尾部使其头抬起。

(3) 松开手, 袋鼠模型沿斜坡跳跃着往下运动。

【注意事项】

保护袋鼠模型，以免形变。

【思考题】

- (1) 为什么袋鼠模型会跳跃着向下运动？
- (2) 如果斜坡的斜率增大或减小，袋鼠模型运动的速度将如何变化？

1.9 完全弹性碰撞

【实验目的】

通过等质量的九个球的弹性碰撞过程，加深对动量原理的理解，验证机械能守恒。

【实验装置】

实验装置如图 1.9 所示。

【实验原理】

两个等质量球弹性碰撞时，相互作用力为保守力，将遵守动量守恒和机械能守恒定律，并交换速度。

【操作与现象】

(1) 九个具有相同质量和半径的钢球悬挂在同一高度上，拉起一个钢球偏离平衡位置，松手后观察它与其他球的碰撞过程。

(2) 仿上述过程，使两球、三球或多球偏离平衡位置，观察并分析碰撞过程。

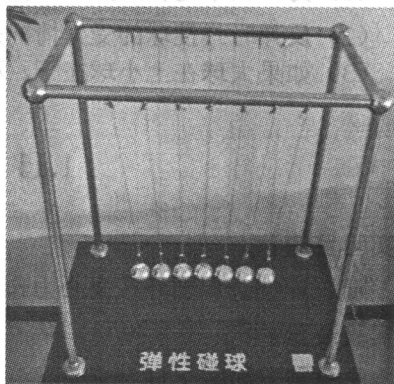


图 1.9

【注意事项】

- (1) 不要过分用力拉扯钢球，以免拉断悬挂线。
- (2) 实验中小球的质心应处于同一平面。

【思考题】

试用动量守恒定律推导小球的始、末态交换速度。

1.10 超级碰撞球

【实验目的】

- (1) 进一步加深对动量守恒和能量守恒定律的理解。
- (2) 观察弹性碰撞和非弹性碰撞过程中的力以及能量转换。

【实验装置】

实验装置如图 1.10 所示。

【实验原理】

当合外力为零时，质点系总的动量和机械能均不随时间变化，即动量守恒和机械能守恒。两个高弹性球质量不等，发生弹性对心相向碰撞时，根据动量能量守恒定律，质量较小的球返回速率较之大球静止时大



图 1.10

的多。大球和小球的初动能都变成了小球返回的动能，其返回速度会很大。多个球连续碰撞时，效果将更为明显。

【操作与现象】

- (1) 将两个一大一小的弹性球，串在一根钢丝上，小球在上面，大球在下面。
- (2) 释放大球，使其自由下落，可以看到其弹起的高度将低于释放它时的高度。
- (3) 同时释放两球，可以看到小球弹起的高度高于释放时的高度。将多个钢球串在钢丝上实验，可以看到钢球越多，最上面的小球弹起高度也越高。

【注意事项】

实验完毕及时找回大小球。

【思考题】

- (1) 为什么不论释放几个弹性球，只有最上面的球会弹起？
- (2) 反弹时弹性球的受力情况是怎样的？
- (3) 如果大球在上小球在下，释放时还会弹起那么高吗？

1.11 圆环形离心力演示仪

【实验目的】

演示弹性金属圆环在离心力作用下的形变。

【实验装置】

实验装置如图 1.11 所示。

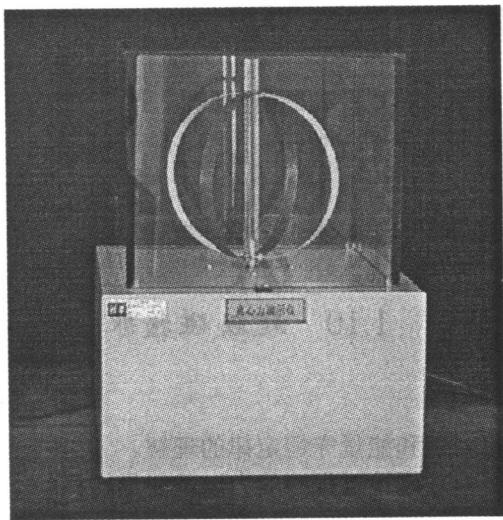


图 1.11

【实验原理】

18 世纪中叶，法国科学家达兰贝尔为了在非惯性系中形象地应用牛顿第二定律而引入了假想的力，称之为惯性力。任何作圆周运动的物体都受到向心力的作用，而在转动参照系（非惯性参照系）看静止的物体受到离心力作用，这种惯性力是虚构的力。作圆周运动的非惯性参照系中“静止”的物体受到的惯性力就是惯性离心力。

本装置中作圆周运动的是弹性圆环，其赤道处因速度大，惯性离心力也大，而两极则无惯性离心力。高速转动时，圆环的赤道部分向外凸出、极地部分向内收缩，形成椭圆形。

【操作与现象】

两只相互垂直的圆环，固定在电机转轴上，可随电机转动而转动。轴上有一弹簧支撑着圆环，使其保持圆形。电源电压交流 220 V，电机转速 1 200 r/min。

(1) 接通电源，使圆环高速转动，观察圆环的形变。随着转速的加快，作用在圆环上的惯性离心力迫使圆环形变成为椭圆形。

(2) 实验完毕松开电源按钮开关，圆环恢复原状。

【注意事项】

圆环转动时不能打开仪器上的玻璃罩。

【思考题】

为什么说惯性离心力是假想的力？

1.12 V 形管离心力演示仪

【实验目的】

- (1) 观察离心力现象。
- (2) 探究物质的密度与力场的关系。

【实验装置】

实验装置如图 1.12 所示。

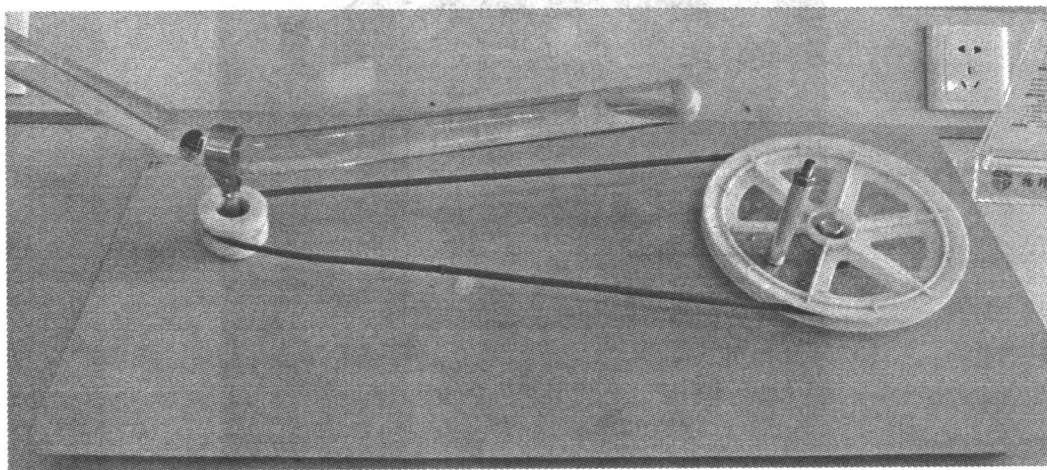


图 1.12

【实验原理】

V 形有机玻璃管中装有水，水中放置密度较大的玻璃珠和密度较小的塑料球。当 V 形有机玻璃管旋转时，管内物质作圆周运动。作圆周运动的物体要受到向心力的作用，离心力的大小与物体的质量成正比。静止时，因玻璃珠的密度大于水的密度而沉入水底，塑料球的密度较小浮在水面；转动时，由于惯性离心力的作用，玻璃珠受到的向上合外力大于重力而向外运动到水面，而塑料球受到向下的合外力增大而沉到底端。