

普通高中课程标准实验教科书(配人教版)

物理实验册

选修3-4

广东省教学教材研究室 编



班级: _____

姓名: _____

 广东科技出版社

普通高中课程标准实验教科书（配人教版）

物理实验册

选修 3-4

广东省教学教材研究室 编

广东科技出版社

·广 州·

图书在版编目 (CIP) 数据

普通高中课程标准实验教科书物理实验册. 3~4: 选修/广东省教学教材研究室编. —广州: 广东科技出版社, 2006.2

配人教版

ISBN 7-5359-3443-9

I. 普… II. 广… III. 物理课—实验—高中—教学参考资料 IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 003656 号

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码: 510075)

E - mail: gdkjzbb@21cn.com

http: //www.gdstp.com.cn

经 销: 广东新华发行集团股份有限公司

排 版: 广东科电有限公司

印 刷: 广州市官侨彩印有限公司

(广州市番禺区石楼镇官桥村 邮码: 511447)

规 格: 787mm×1 092mm 1/16 印张 4.5 字数 90 千

版 次: 2006 年 2 月第 1 版

2006 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 3.10 元

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

编 者 的 话

本实验册是根据《普通高中物理课程标准（实验）》的要求，配合普通高中课程标准物理实验教科书（选修3-4）的内容来编写的。

本实验的编写体例有两种形式：其一是探究性实验形式；其二是测量或验证性实验形式。前者一般设置有“提出问题”、“参考器材”、“探究过程”、“启发联想”等栏目；后者一般设置有“预备知识”、“实验目的”、“实验过程”、“启发联想”等栏目。两种体例编写的实验最后都编有“课外小实验”和“课外知识”，供学生课后选用。

在本书中，“提出问题”栏目为学生创设一个探究前的物理情景，激发学生的探究意识和创新思维。“参考器材”栏目一般列出较多的实验器材（非全部要采用）供学生选择：对于较容易的实验或能用多种器材完成同一个实验的，则全部以填空的形式让学生选择器材；对于有一定难度的实验，则给出部分器材，让学生选择填写还需要的器材。“探究过程”栏目里，一般编排有“猜想与假设”、“设计与提示”、“操作与记录”、“分析与结论”、“评价与交流”等项目内容。

本书有些实验，根据实验器材取材的难易，编写了两种不同的实验方法：一种是取材较易的，来用传统器材的方法；另一种是来用较为现代化器材的方法，以满足不同层次学校的需要。

本书还编写了“实验综合测试”，分正卷和复卷两种，以供学生自我测评，达到巩固提高的目的。

本书中标有“*”号的实验，供学生选做。

本书由姚跃涌主编，编写的人员有袁怀敏、熊爱平、吴文斌、刘勇。全书由袁怀敏统稿，姚跃涌审稿。

本书的编写力图体现高中物理课程的基本理念和主要特点，加强新课程三维目标的实施，加强科学探究和实验能力的培养，有利于学生的自主学习。希望本书能达到我们的愿望。欢迎老师和同学们对本书的编写提出宝贵意见，以便今后修订。

广东省教学教材研究室
2005年10月

目 录

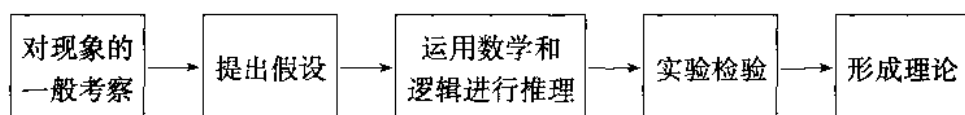
怎样做好物理实验.....	(1)
科学探究及物理实验能力的基本要求.....	(5)
实验一 探究简谐运动的特征.....	(7)
实验二 探究单摆的周期与摆长的关系	(12)
实验三 研究用单摆测定重力加速度	(19)
实验四 探究机械波的产生和特点	(25)
实验五 认识波的衍射现象、干涉现象	(27)
实验六 探究多普勒效应	(30)
实验七 测定材料的折射率	(32)
实验八 探究光的全反射	(36)
实验九 研究用双缝干涉实验测光的波长	(41)
实验十 探究电磁波的发射与接收	(45)
实验综合测试	(49)
实验综合测试参考答案	(60)
附录 中学物理实验常用测量仪器	(62)

怎样做好物理实验

物理学中，概念的形成、规律的发现、理论的建立，都有赖于实验，其正确性要不断受到实验的检验。历史上和现实中有无数事例表明，物理学离不开实验。

一、为什么学习物理要做实验

伽利略研究运动学的方法就是把实验和数学结合在一起，既注重逻辑推理，又依靠实验检验，这样就构成了一套完整的科学研究方法。如果用程序表示，伽利略的方法大致如下：



伽利略把实验与逻辑推理和谐地结合在一起，有力地推动了科学的发展。正如他在《两门新科学》中所说的那样：“我们可以说，大门已经向新方法打开，这种将带来大量奇妙成果的新方法，在来来的年代里定会博得许多人的重视。”

从伽利略开创科学实验的先河，把实验的方法引入科学研究，到法拉第发现电磁感应定律，麦克斯韦在此基础上建立了完整的电磁场理论，预言了电磁波的存在，最后被赫兹用实验证明了电磁波的存在。今天电磁波已经深入到我们生活的各个角落，以前所来有的速度和规模改变着我们的生活。同样在粒子物理领域，物理学家们曾经认为粒子经历的各种过程中宇称都是守恒的，1956年，杨振宁和李政道通过理论分析，认为一个过程中如果只有强相互作用和电磁相互作用，宇称的确守恒；但如果是弱相互作用的过程，例如发射 β 射线的过程，宇称并不守恒。这个论断引起了物理学家们的广泛注意。1956年后期至1957年初，吴健雄和她的同事们一起设计了实验，证明了这个过程中宇称的确不守恒。

物理学的发展就是现论的猜想和实验的证实或否定过程。

中学里的实验说不上推动物理学的发展，但中学生还是要做实验的。虽然学校里的物理实验比较简单，但是它们却已经包括了科学实验的大多数要

素. 学习科学的方法, 不仅在物理学习中有用, 在今后认识不同领域的事物时都将受益. 另外, “事实胜于雄辩, 真理源于实践. 实事求是, 尊重事实.” 这是一种“价值观”, 培养这种价值观是更重要的. 它不仅对于科学研究至关重要, 而且是做人的一条准则.

本书除了介绍使用一般实验器材完成物理实验外, 还介绍了用传感器和计算机进行的物理实验(用*号标头). 如果学校有条件的话, 同学们最好能够亲自做一下, 如果熟悉了这些仪器设备的使用方法, 它们就不那么神秘莫测了. 现代社会是技术化的社会, 各种现代技术深入我们工作生活的方方面面, 当你长大后参加工作时, 就会体会到工作生活处处可做“物理实验”.

二、中学生如何做好物理实验

要做好物理实验, 首先实验之前要明确实验目的. 这个实验我们要做什么? 是探究某个未知的规律还是验证某个已知的规律, 或者是测量某个物理量? 还要明确实验的原理. 不论做哪一类物理实验, 都要搞清楚实验所根据的物理知识.

其次, 要记住实验首先是“实”. 一切必须真实, 实验中观察到的现象、测量的数据、得出的结论, 很可能跟预期不一样、跟其他同学不一样、与已有的知识不一样. 这时, 要记住: 实事求是, 尊重事实. 出现了这种情况, 首先要检查一下, 实验设计是不是有问题? 操作有没有失误? 出现了这种情况是好事, 也许能帮助你找出学习中的弱点, 不管是现论学习上的还是实验上的, 甚至可能导致新的发现. 大可不必因为数据与书本不一致而苦恼, 更不能随意更改记录去“凑数”. 我们的责任是忠实地记录一切原始数据.

实验结果重要, 但经历实验的过程、体会实验的方法、接受科学价值观的重陶、熟悉技术化的环境, 要比实验的结果更重要.

三、物理实验数据的分析与处理

1. 列表法

直接从仪器上读出而未经任何处理的实验测量数据, 是获得实验结果的依据. 正确完整地记录原始数据是完成实验的重要保证. 在记录数据时, 把实验数据列成表格形式, 可以简单而明确地表示出有关物理量之间的关系, 便于分析和发现数据的规律, 有助于检验规律, 所以列表法是一种重要的实验数据处理方法.

用列表法处理数据时应注意以下几点:

- (1) 合理设计表格，以便于看出相关物理量之间的对应关系。
- (2) 表的栏目中写明代表各物理量的符号和单位。
- (3) 表中所列数据要正确反映测量结果的有效数字。
- (4) 非本实验得到的已知数据或查表得到的单项数据应列在表格的上部。

2. 逐差法

我们将记录的多组数据进行处理求相关物理量时，常用求平均值的方法。但是这种方法不够好，因为在数据处理过程中，上述大量的数据相互抵消，实际只用到了头尾两个数据，其他的数据都没有起作用，失去了多次测量数据中偶然误差相抵消的作用，求得的结果误差较大。为了克服这样的弊端，我们选用特定的数据处理方法，这种方法就叫逐差法。用这种方法处理数据，利用的数据多，可以减少测量中因偶然误差带来的影响。

3. 图象法

用图象法处理数据时应注意以下几点：

(1) 正确选取坐标比例。坐标比例的选取原则是：数据中准确的数位在图上还是准确的，数据中估读的数位在图上还是估读的。坐标比例选取得太小会使数据的精度降低，反之则会人为夸大数据的精度。另外如绘制的是直线，则最好使其倾斜角度在 $30^\circ \sim 60^\circ$ 之间，因此还要合理选取坐标单位。

(2) 坐标轴上必须标明轴的名称、单位以及整数标度。但横、纵坐标的标度不一定从零开始，应使数据在坐标纸上能分布在较大的区域中。

(3) 实验数据点可以用“×”、“·”等符号表示，使交叉点和中心点对应在准确位置上。

(4) 坐标上标注的数据点都包含有误差，因此描出的数据点往往会不在同一光滑曲线（或直线）上。为了尽可能减少误差，使所绘得的曲线更接近于物理量之间的真实关系。在连线过程中，应尽量使尽可能多的点在曲线上，并使不在曲线上的点尽可能平均地分布在曲线两侧，同时如有明显偏离的点应略去不计。

图象法处理数据具有可以直观地反映规律、减少偶然误差带来的影响、可外推某些规律等优点。它不但可以依据已有的规律从图线上求得要测的物理量，还可以根据图线的形状和变化趋势，分析研究物理量之间存在的规律。图象法处理数据在科学研究中有着非常重要的作用。

在用图象法处理实验数据时，物理量之间可能是各种各样的函数关系，其中一次线性函数关系最容易绘制和进行图线处理，所以我们往往通过进行

适当的坐标变换，将曲线变成直线，这一工作俗称为曲线化直线。比如，已知物理量 y 和物理量 x 之间的函数关系为 $y = k/x$ ，我们要验证物理量 y 、 x 之间的这种关系，如果画出了 x 与 y 之间的函数关系图线，则应该用双曲线进行拟合，才能验证。但用双曲线进行拟合又非常困难。如果我们画出 y 与 $\frac{1}{x}$ 的图线关系，则只要判断所得图线是否是过坐标原点的直线，即可验证，而判断一条图线是否是直线则容易多了。

四、测量误差和有效数字

在一定的条件下，任何一个物理量的大小都是客观存在的，这个客观存在的值称为真值。在测量过程中我们总是希望能测得物理量的真值，但是在实验测量中，由于测量总是依据一定的理论和方法，使用一定的仪器，在一定的环境中进行，由于实验理论、实验仪器、人的实验技能和判断力等因素的影响，使测量值与真值之间总存在着差异，这种差异称为测量误差。测量误差可分为偶然误差和系统误差。

系统误差的特点是在多次重复同一实验时，误差总是同样地偏大或偏小。偶然误差则表现为有时偏大，有时偏小，并且偏大和偏小的机会相同。减小偶然误差的方法，可以多进行几次测量，求几次测量值的平均值，这个平均值比某一次测得的数值更接近于真值。

由于物理量的测量中总是存在误差，所以测量的结果只能是一个近似数。在测量中进行读数时只能准确地读到仪器的最小分度值，然后在最小分度值以下再估读一位数字。从仪器刻度读出的最小分度的整数部分是准确的数字，称为可靠数字，而在最小分度以下估读的一位数字为不可靠数字。这种测量结果中带有不可靠数字的近似数字，叫做有效数字。

科学探究及物理实验能力的基本要求

物理学是一门以实验为基础的自然科学。在高中物理课程的各个模块中都安排了一些典型的科学探究或物理实验。高中学生应该在科学探究和物理实验中达到以下要求。

科学探究要素	对科学探究及物理实验能力的基本要求
提出问题	能发现与物理学有关的问题 从物理学的角度较明确地表述这些问题 认识到发现问题和提出问题的意义
猜想与假设	对解决问题的方式和问题答案提出假设 对物理实验结果进行预测 认识到猜想与假设的重要性
制定计划与设计实验	知道实验目的和已有条件，制定实验方案 尝试选择实验方法及所需要的装置与器材 考虑实验的变量及其控制方法 认识到制定计划的作用
进行实验与收集证据	用多种方式收集数据 按说明书进行实验操作，会使用基本的实验仪器 如实记录实验数据，知道重复收集实验数据的意义 具有安全操作的意识 认识到科学收集实验数据的重要性
分析与论证	对实验数据进行分析处理 尝试根据实验现象和数据得出结论 对实验结果进行解释和描述 认识到在实验中进行分析论证是很重要的

续表

科学探究要素	对科学探究及物理实验能力的基本要求
评估	尝试分析假设与实验结果间的差异 注意探究活动中未解决的矛盾，发现新的问题 吸取经验教训，改进探究方案 认识到评估的意义
交流与合作	能写出实验探究报告 在合作中注意既坚持原则又尊重他人 有合作精神 认识到交流与合作的重要性

实验一 探究简谐运动的特征

提出问题

在我们的周围振动现象无处不在，与我们的生活息息相关，振动的形式多种多样，振动的物体也是各有不同，这些纷繁复杂的现象中包含了什么共同的规律呢？我们研究物理问题都是从简到繁，那么最简单的振动是怎样的运动？有什么样的特征呢？

参考器材

弹簧振子、绘图笔、纸带、卷纸机、朗威 DIS 实验室、微机。

探究过程

实验方法一：用传统方法探究简谐运动的特征

【猜想与假设】

振动是以一个位置为平衡位置的往复运动，随时间变化其位置也不断变化，我们应该研究它的位置随时间怎么变化。选什么样的振动来研究呢？有些振动很快就停下来，但有些振动可以维持很长时间，像弹簧振子，如果减小摩擦和空气阻力，是否能够维持更长时间，要是没有摩擦，是不是可以永久地振动下去？这样的运动比较简单，用它来研究振动会比较方便。

【设计与提示】

弹簧振子在小球上安装一枝绘图笔，让一条纸带在与小球振动方向垂直的方向上匀速运动，就可以记录弹簧振子的振动情况，如图 1-1 所示。

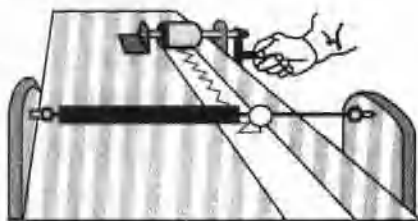


图 1-1

【操作与记录】

(1) 让弹簧振子做一个小幅的振动，然后匀速转动卷纸机，使纸带在与小球振动方向的垂直方向上匀速运动，纸

带所记录的小球的运动情况如图 1-2 所示.

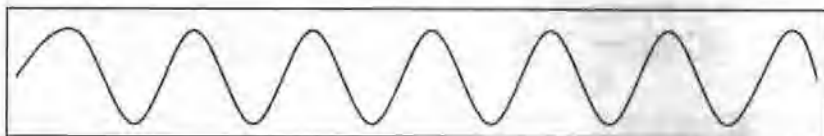


图 1-2

(2) 加快纸带的速度, 可得到图 1-3 所示的图象.

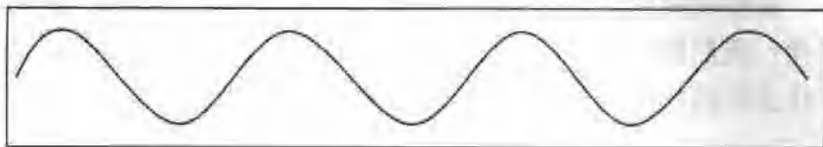


图 1-3

实验方法二: 用传感器探究简谐运动的特征

【猜想与假设】

把运动发射传感器与弹簧振子固定在一起, 当弹簧振子振动时, 运动接收传感器记录的 $S-T$ 曲线即为弹簧振子的图线.

【设计与提示】

实验装置如图 1-4 所示.

【操作与记录】

(1) 将运动发射传感器与弹簧振子固定在一起, 悬挂于铁架台上, 可水平振动. 将运动接收传感器固定在铁架台一侧, 与弹簧振子处于同一平面, 接收口正对运动发射传感器的发射口.

(2) 将实验窗口调整为“示波显示”方式.

(3) 打开运动发射传感器的电源开关, 使弹簧振子水平振动, 可以观察到如图 1-5 所示的振动波形图象.

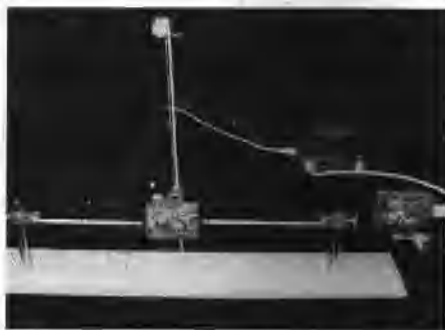


图 1-4

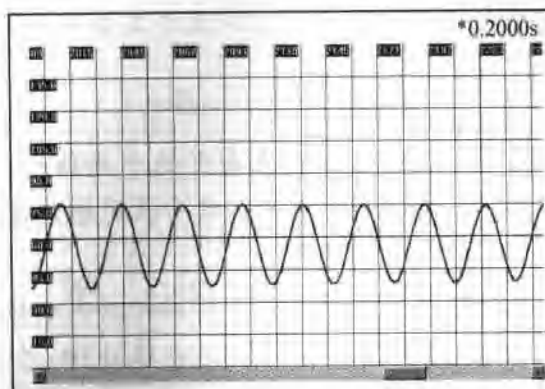


图 1-5

启发联想

(1) 观察图 1-2, 图 1-3, 图 1-5, 弹簧振子的振动图象有什么特点?

(2) 在图 1-2, 图 1-3 的中间画一直线作为横轴, 则横坐标代表什么?
在垂直纸带方向画一直线作为纵轴, 则纵坐标代表什么?

(3) 对比图 1-2, 图 1-3, 加快纸带的速度, 图象有什么变化? 小球的振动有什么变化?

【课外实验】

实验一 两位同学一起配合，先在白纸的中间画一直线 O_1O_2 ，一位同学拿着铅笔在垂直 O_1O_2 方向上做振动，另一位同学匀速拉动纸带，观察笔尖振动的图象。

实验二 用数码摄像机或数码相机和计算机绘制小球的振动图象

数码摄像机 1s 拍摄 25 帧照片，也就是每隔 0.04s 会拍摄一张照片，播放时，由于画面更换迅速和视觉暂留效应，我们感觉到的便是活动的影像。数码相机也有摄像功能，不过摄像的时间比较短，一般只有一两分钟左右，不过拿来研究小球的振动情况已经足够。

在弹簧的下端悬挂一个钢球，上端固定，它们组成了一个振动系统，如图 1-6 所示。用手把钢球向上托起一段距离，然后释放，钢球便上下振动。钢球原来静止时的位置就是振动的平衡位置。用数码相机拍摄钢球的振动过程，拍摄时最好把钢球的位置放在取景框的最左侧。



图 1-6

然后在电脑中建立一个幻灯片的演示文稿，把这些照片插入文稿中的同一张空白幻灯片中，照片会按拍摄时间的先后一帧一帧自动向右平铺开来。把这些照片的上端对齐，这样就能看到钢球随时间变化时位置的变化情况。

【课外知识】

用硬纸板做一个圆盘，最外周打一圈距离相等的小孔，第二圈打上许多距离不等的、杂乱无章的小孔（图 1-7）。把圆盘固定到一个轴上，匀速转动圆盘，同时用一根橡皮管对准最外一圈的小孔吹气，听！这是一种乐音。对准第二圈的小孔吹气，听！那是讨厌的噪声！



图 1-7

这个实验说明，乐音是有规律的声音，噪声则是杂乱无章的。

人们刚学唱歌的时候，首先要学 1 (do)、2 (re)、3 (mi)、4 (fa)、5 (so)、6 (la)、7 (si)，这就是最基本的乐音，一切音乐都是由它们组成的。乐音是音乐的基石。

从 1 (do) 到 7 (si)，音调越来越高，乐音音调的高低叫做音高。音高是由发声频率决定的，它们之间有一定的规律。

表 1-1 标出了钢琴键盘正中央一组七个基本乐音的发声频率。

表 1-1 7 个基本乐音的发声频率

音名	C	D	E	F	G	A	B	C'
唱名	1 (do)	2 (re)	3 (mi)	4 (fa)	5 (so)	6 (la)	7 (si)	$\dot{1}$ (do)
频率/Hz	256	288	320	$341\frac{1}{3}$	384	$426\frac{2}{3}$	480	512

从这个表可以看出，相邻的两个音之间的频率比具有一定的规律。例如 C 和 D 之间的频率比是 $256:288 = 8:9$ ；D 和 E 之间的频率比是 $288:320 = 9:10$ ；E 和 F 之间的频率比则是 $320:341\frac{1}{3} = 15:16$ ；而 F 和 G 的比又回到了 $8:9$ ，接着又是 $9:10$ ……优美的乐音里隐藏着和谐优美的数学，而正是那优美和谐的数学使乐音如此优美。

找一支笛子，吹一下 1 (do) 的音，再用力吹一个高音 $\dot{1}$ (do)。你会发现，你的指法并没有变。从 1 (do) 到高音 $\dot{1}$ (do)，或从 2 (re) 到高音 $\dot{2}$ (re)，就叫做高八度，音乐上叫八度音程。

从一个乐音到另一个乐音音高变化的距离就叫音程，从一个基本乐音到另一个基本乐音所经历的基本乐音的个数就叫音程的度。

从 1 (do) 到 2 (re) 或从 3 (mi) 到 4 (fa)，就叫二度音程；从 1 (do) 到 3 (mi) 或从 2 (re) 到 4 (fa) 就叫三度音程；……以此类推，从 1 (do) 到高音 (do) 就叫八度音程了。

为什么指法不变，笛子能吹高八度呢？从表上我们可以看出，1 (do) 是 256Hz，高音 $\dot{1}$ (do) 则是 512Hz，高音 $\dot{1}$ (do) 的频率恰是 1 (do) 的二倍，也就是说，这两个乐音的频率相差一倍。

在声学上，把频率相差一倍的两个乐音的音程叫做一个倍频程，八度音程就是一个倍频程。音乐中常用的乐音的频率变化范围从 50Hz 到 5 000Hz，将近七个倍频程呢！

乐音的长短和强弱的变化也有规律。简谱的拍号就表示了乐音的长短（时值）和强弱。例如拍号 $\frac{2}{4}$ ，就表示以 $\frac{1}{4}$ 音符为一拍，每小节二拍，第一拍强，第二拍弱。乐谱上还常常用重音号 >、强音号 f、弱音号 p 等表示乐音强弱的变化。

实验二 探究单摆的周期与摆长的关系

提出问题

一条短绳系着一个小球，它的振动周期很短，天文馆里巨大的傅科摆，周期很长。在我们生活中，有各种形式各样的单摆，不同的单摆往往有不同的周期。实验表明单摆的周期与摆球质量无关，在振幅较小时与振幅无关，但与摆长有关，摆长越长，周期也越长。那单摆周期与摆长之间有什么样的定量关系呢？

参考器材

铁架台、单摆、停表、游标卡尺、朗威 DIS 实验室、微型计算机等。

探究过程

实验方法一：用传统方法探究单摆的周期与摆长的关系

【猜想与假设】

因为摆长越长，周期也越大，所以单摆周期 T 与摆长 l 的关系，可能 $T \propto l$ 也有可能 $T \propto l^2$ 或者 $T \propto \sqrt{l}$ 、 $T \propto \sqrt[3]{l}$ 。假如我们猜测单摆周期 T 与摆长 l 的关系是， $T \propto l^2$ 。

【设计与提示】

如图 2-1，铁架台上固定一个夹子，把单摆的摆线夹在夹子上，用停表测出单摆做 30 ~ 50 次全振动的时间，计算出它的周期，并测出单摆的摆长（用刻度尺量出悬线长度，用游标卡尺测量摆球的直径并算出半径，摆线长度与摆球半径之和就是单摆的摆长）。

改变摆长，测量各组不同摆长、周期的数据，把它们填在表格中，寻找它们之间的关系。

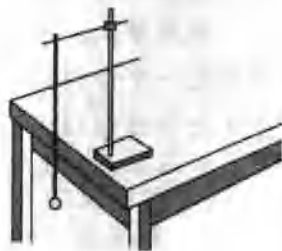


图 2-1