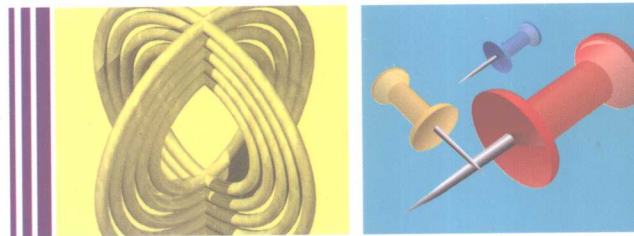




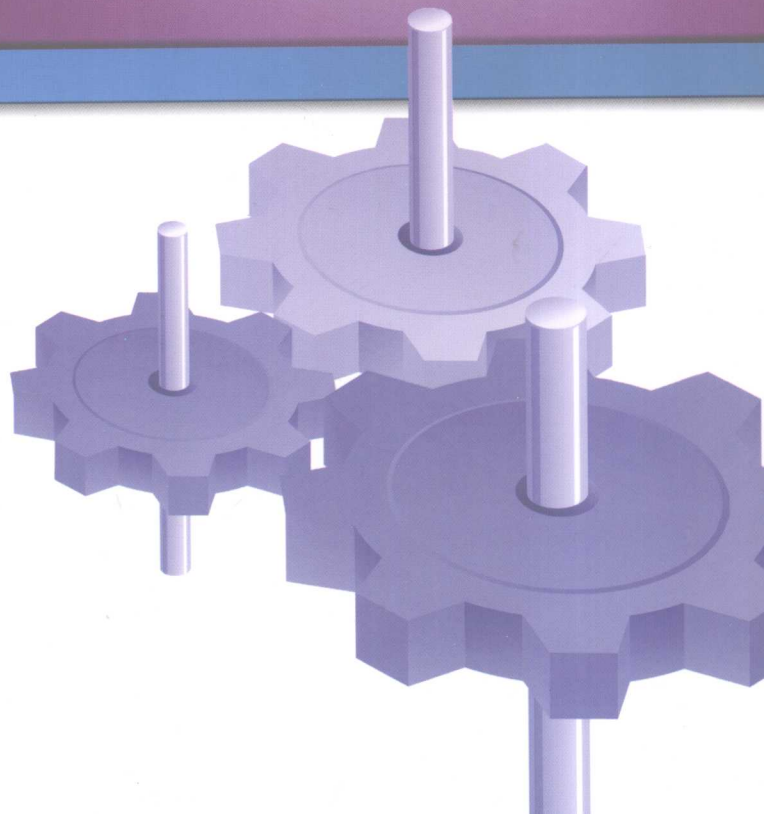
高等教育“十一五”规划教材



大学物理实验 指导与报告

DAXUE WULI SHIYAN ZHIDAO YU BAOGAO

张共宁 袁丕方 顾大伟 编
蔡永明 审核



 科学出版社
www.sciencep.com

高等教育“十一五”规划教材

大学物理实验指导与报告

张共宁 袁丕方 顾大伟 编

蔡永明 审核

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书主要由实验操作要点指导、实验复习考卷和实验报告三部分组成。实验操作要点指导部分有针对性地重点而详细介绍每个实验过程的操作要点和实验中容易发生的问题以及解决办法;实验考卷部分主要是由数据处理知识和部分实验操作题组成的考试卷;实验报告部分是根据每个实验的特点设计的报告纸,为学生规范书写实验报告提供方便。

本书可作为普通高等理工院校、民办学院和成人类院校的大学物理实验学习辅助参考书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验指导与报告/张共宁,袁丕方,顾大伟编.—北京:科学出版社,2008

(高等教育“十一五”规划教材)

ISBN 978-7-03-022471-2

I.大… II.①张… ②袁… ③顾… III.①物理学—实验—高等学校:技术学校—教学参考资料 IV.O4-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第101605号

责任编辑:沈力匀/责任校对:耿耘

责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

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>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年7月第一版 开本:787×1092 1/16
2008年7月第一次印刷 印张:16 1/2
印数:1—5 000 字数:400 000

定价:25.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62135235 (VP04)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

大学物理实验课是理工科学生的重要基础课。通过这门课程的学习，特别是经过具体的实验操作可以提高学生的动手能力、分析问题和解决问题的能力。因此，完成好这门课程的每个学习环节，对培养学生今后具有良好的工作习惯和严谨的科学态度有很大帮助。为了帮助学生解决在实验中经常遇到的一些问题和帮助学生进一步提高实验能力，我们编写了这本教学辅助书。书中实验均是全国大学物理实验指导委员会在工科物理实验指导中所列的实验，具有一定的代表性。书中的实验操作要点指导、实验试题、思考题和针对每个具体仪器的使用注意事项等都是在教学中的一些经验总结。希望通过本书可以帮助读者较好地掌握大学物理实验这门课。

全书主要有实验内容和操作要点指导、实验试卷、实验报告三部分组成。由张共宁、袁丕方、顾大伟老师编写。张共宁老师负责全书的统稿工作。蔡永明老师对全书做了仔细的审核。在编写本书的过程中，还得到了王新生和沈才康老师的指导。南京工业大学应用物理系的许多老师也对编写本书提出了许多宝贵意见，在此向他们表示感谢。

大学物理实验的程序和要求

大学物理实验作为以训练实验技能和培养初步的实验设计能力为主的学生实验课程，其进行过程主要包括三个基本环节：实验前的预习，实验进行时的实际操作，实验之后的总结工作——实验报告。

一、实验的程序

1. 实验预习

由于课堂实验时间是很有限的，要想在规定的时间内高质量地完成要求的实验任务，做好实验预习是十分重要的。

实验预习就是在实验进行之前，学生通过认真阅读和理解实验教材，并辅之以阅读一定的参考资料，了解实验目的要求、实验原理、实验的基本步骤、数据处理方法、注意事项等，并写好预习报告的过程。

预习报告主要内容有：

- (1) 实验名称。
- (2) 实验原理简述及主要测量计算式。
- (3) 实验基本步骤。
- (4) 注意事项。
- (5) 设计实验数据记录表格。

特别值得提出的是，对实验中涉及的仪器设备，尤其是以前未使用过的，要尽量了解其结构原理、性能特点、使用方法等，做好实验预习。

2. 实验操作

实验的过程是学生自己动手动脑实际操作仪器进行实验测量的过程，它是对学生的实验技能、预习情况的综合检查。为了顺利进行实验，下面介绍一下实验进行的基本过程：

- (1) 认识仪器。熟悉一下将要使用的仪器、设备等的型号、构造特点、使用方法、测量误差等，并做好需要的记录。
- (2) 熟悉操作步骤。对照实物研究实验操作程序，想一想原方案是否合理。此时，不要急于动手，以免造成错误。
- (3) 调试安装实验仪器。首先对单个仪器进行检查调试，然后再按实验要求安装。应使用指定仪器，未经许可不得随意调换。仪器安装好后，必要时应请教师检查。
- (4) 实验试做和观察。为了事先纠正实验过程中可能出现的问题或错误，避免数据测量时出现问题，要重视实验试做。

(5) 数据测量和记录。实验开始后,要仔细观察,认真思考,及时测量,准确读取和记录数据。读取数据要符合读数规则,记录数字应为有效数字,并要注明单位。发现异常现象、仪器故障及损坏要及时报告,以便解决。

(6) 数据检查。要求的数据测量完成后,不要忙于撤除仪器,首先自己检查数据的合理性,然后交教师检查。如果问题较大,应重做。

(7) 结束实验。经教师检查同意后,方可拆除仪器,放回原位摆放整齐,搞好清洁卫生,待教师验收签字后离开实验室。

3. 实验报告

写实验报告的目的是为了培养和训练学生以书面的形式总结实验工作或报告科学成果的能力。实验报告中不仅应该有清晰的思路,齐全的数据、图表,而且要有科学的结论。一般要求实验报告中要写清如下内容:

(1) 实验名称、日期、实验者和合作者等。

(2) 实验目的要求。

(3) 实验仪器设备(在实验时记下型号和规格)。

(4) 实验原理:扼要写出实验原理、主要公式,画出必要的原理图。

(5) 数据记录和处理:写清实验数据记录表格,进行正确的计算,并求出误差或不确定度,给出实验结果或结论。

(6) 实验讨论:通过分析,说明通过实验得到的收获,提出改进建议,指出误差原因,对实验中观察到的异常现象的解释与讨论,回答课后思考题等。

二、基本要求

(1) 必须认真预习,实验前写出预习报告,无预习报告者,不能参加实验。

(2) 实验中必须按步骤及规程进行,切忌盲目操作,必要时需经教师检查后方可进行实验。

(3) 数据记录应科学、实事求是,严禁编造、抄袭,原始记录要经教师签字后才有效。

(4) 实验结束后,必须整理好仪器,搞好清洁卫生,填好登记表,教师检查签字后方可离去。

(5) 实验中必须服从安排,不得串组。

(6) 严禁抄袭实验报告,一经发现,两人该次实验成绩记零分。

(7) 无故缺席者不补做;因病因事缺席者,需提交有关方面出据的证明。

三、如何学好物理实验课

要学好物理实验课,除了要按照规定步骤进行实验外,还应注意:

(1) 注意学习和总结实验中所采取的实验方法,尤其是基本的测量方法。这些基本的测量方法是经常用到的,也是复杂测量方法的基础。

(2) 要自觉的培养分析实验、发现实验中的问题和解决问题的能力。不要得到一个所谓好的结果就高兴，就认为已经学好了这个实验。实际上，任何实验结果，由于各种因素的影响总会与实验结果有差异，问题在于分析这种差异的大小与存在是否合理。在实验过程中，仪器不可避免地可能会出现故障，遇到这种情况，要力求自己去分析，自己动手去解决。即使请教师解决，也要留意观察、细心体会教师是如何解决的。可以说，能否发现和排除仪器故障是实验能力强弱的重要表现。一定要注意这方面的锻炼。

(3) 注意培养良好的实验习惯。在实验过程中，有些事情看来简单，但对保证实验安全顺利地进行、少出差错，都起着重要的作用。如清晰、准确、如实的记录实验数据，合理地布置仪器设备，记录实验的时间、地点和实验环境（温度、湿度、气压等），注意安全，注意节约及注意环境的肃静、整洁等。

实验操作指导及思考题

实验一

金属线膨胀系数的测量

物质在一定的温度和压力下具有一定的体积。温度变化时,物质的体积亦相应地变化。物质的体积随温度升高而增大的现象称为热膨胀。物质的热膨胀是由于构成物质的原子间的平均距离随温度升高而增大造成的。物质的热膨胀性质与物质的结构、键型、键力、比热容、熔点等密切相关。因此,不同的物质或者组成相同结构不同的物质,具有不同的热膨胀性质,常用体积膨胀系数这一物理量来表征物质的不同热膨胀性质。固体材料在一维方向上的热膨胀伸长称为线膨胀,用线膨胀系数来描述不同物质的线膨胀特性。

物体的热膨胀性质反映了材料本身的属性,测量材料的线膨胀系数,不仅对新材料的研制具有重要意义,而且也是选用材料的重要指标之一。在工程结构设计(如桥梁、铁路轨道、电缆工程等)、机械和仪表的制造、材料的加工和焊接等过程中都必须考虑材料的热膨胀特性。材料的热膨胀特性也有许多有利方面的应用,如液体温度计、喷墨打印机等。

在测量材料线膨胀系数的常用方法中,关键是测量材料受热膨胀后的微小长度伸长量。这一微小长度变化量用一般的长度测量仪器很难测准,一般需要采用放大测量方法、借助测微装置或仪器来测量,如光杠杆光学放大法、千分尺螺旋放大法、光学干涉法等。

一、实验目的

- (1) 学习测量金属线膨胀系数的一种方法。
- (2) 学习测量微小长度的一种方法。

二、实验仪器

金属线膨胀系数测量实验装置,其实验装置原理如图 1-1 所示。

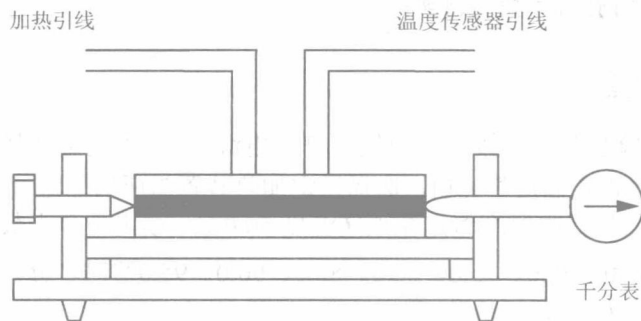


图 1-1 金属线膨胀系数测量实验装置

材料的线膨胀是材料受热膨胀时，在一维方向的伸长。线胀系数是选用材料的一项重要指标。特别是研制新材料，少不了要对材料线胀系数做测定。

固体受热后其长度的增加称为线膨胀。经验表明，在一定的温度范围内，原长为 L 的物体，受热后其伸长量 ΔL 与其温度的增加量 Δt 近似成正比，与原长 L 亦成正比，即

$$\Delta L = \alpha L \Delta t \quad (1-1)$$

式中的比例系数 α 称为固体的线膨胀系数（简称线胀系数），其物理意义是固体材料在 (t_1, t_2) 温区内，温度每升高一度时材料的相对伸长量，单位为 $1/^\circ\text{C}$ 。大量实验表明，不同材料的线胀系数不同，塑料的线胀系数最大，金属次之，殷钢、熔融石英的线胀系数很小（表 1-1）。殷钢和石英的这一特性在精密测量仪器中有较多的应用。

表 1-1 几种材料的线胀系数

				单位: $1/^\circ\text{C}$
材 料	铜、铁、铝	普通玻璃、陶瓷	殷 钢	熔融石英
α 数量级	10^{-5}	10^{-6}	$<10^{-5}$	$<2 \times 10^{-7}$

通过大量实验还发现，同一材料在不同温度区域，其线胀系数不一定相同。某些合金，在金相组织发生变化的温度附近，同时会出现线胀量的突变。因此测定线胀系数也是了解材料特性的一种手段。但是，在温度变化不大的范围内，线胀系数仍可认为是一常量。

为测量线胀系数，我们将材料做成条状或杆状。由式 (1-1) 可知，测量出温度为 t_1 时的杆长 L 、实验材料受热后温度达 t_2 时的伸长量 ΔL 、材料受热前后的温度 t_1 及 t_2 ，则该材料在 (t_1, t_2) 温区的线胀系数为

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L(t_2 - t_1)} \quad (1-2)$$

测量金属线胀系数的主要问题是如何测伸长量 ΔL 。先粗估算出 ΔL 的大小，若 $L \approx 250\text{mm}$ ，温度变化 $t_2 - t_1 \approx 100^\circ\text{C}$ ，金属的 α 数量级为 $10^{-5}/^\circ\text{C}$ ，则可估算出 $\Delta L \approx 0.25\text{mm}$ 。对于这么微小的伸长量，用普通量具如刚尺或游标卡尺是测不准的。可以采用千分表的方法（分度值为 0.001mm ）、读数显微镜的方法、光杠杆放大法、光学干涉法等许多方法进行测量。本实验中采用千分表来测量微小的金属伸长量。

三、实验内容与操作要点指导

1. 实验操作要点

(1) 安装好实验装置，连接好电缆线，打开电源开关，“测量选择”开关旋至“设定温度”挡，调节“设定温度”旋钮，选择设定加热装置为所需的温度（如 50.0°C ）值。

(2) 测量。当加热管内温度恒定在设定温度 50.0°C ，读出千分表数值 L_1 ，当温度分别为 55.0 、 60.0 、 65.0 、 70.0 、 75.0 、 80.0 、 85.0 、 90.0 、 95.0°C 时，分别记下千分表读数 L_2 、 L_3 、 L_4 、 L_5 、 L_6 、 L_7 、 L_8 、 L_9 、 L_{10} 。

(3) 用逐差法求出温度相差 5°C 时金属棒的平均伸长量，由式 (1-2) 即可求出金属

棒在 (50°C, 95°C) 温区内的线胀系数。

2. 实验注意事项

(1) 若测量部件安装不当, 如固定端固定不佳, 滑动端样品与样品封头之间联结松动等, 均会引起较大误差。

(2) 滑动端与管壁的摩擦会给固定端一个反向作用力, 使固定端产生微小位移引起误差。实验材料与管壁的膨胀系数不一致, 也会使它们之间产生摩擦, 并使实验材料产生微小弯曲形变引起误差, 此类误差一般在 2% 以内。

(3) 千分表、温度传感器及测量仪本身的误差, 此项误差一般小于 1%。

(4) 测量过程中外力使固定端移动会带来较大误差, 同学们应避免此类情况的发生。

3. 数据记录及处理 (表 1-2)

表 1-2 数据记录及处理

$t/^\circ\text{C}$	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
L										
ΔL										
$\alpha = \frac{\Delta L}{L(t_2 - t_1)}$										

四、思考题

- (1) 该实验的误差来源主要有哪些?
- (2) 如何利用逐差法来处理数据?
- (3) 利用千分表读数时应注意哪些问题, 如何消除误差?

实验二

密度的测定

密度是物质的基本物性之一，与物质的结构、纯度、温度、压力等因素有关，工业生产中常通过测定密度来进行原料成分分析和纯度鉴定等。

一、实验目的

- (1) 掌握物理天平的调节和使用、游标卡尺、螺旋测微计的使用方法。
- (2) 理解用阿基米德原理测量固体密度的方法。
- (3) 学习用不确定度传播律评定间接测量的不确定度。

二、实验仪器

物理天平，游标卡尺，螺旋测微计（千分尺），铜圆柱体，砝码，烧杯。

三、实验内容与操作要点指导

(1) 用螺旋测微仪测量铜圆柱体直径 10 次，要求在不同位置测量。螺旋测微器的精密螺纹的螺距是 0.5mm，旋转螺帽有 50 个等分刻度，因此旋转螺帽每旋转一小格，相当于测微螺杆前进或后退这 $0.5/50 = 0.01\text{mm}$ 。可见，转动螺帽的每一小格表示 0.01mm，所以以螺旋测微器可准确到 0.01mm。由于还能再估读一位，可读到毫米的千分位。以可动尺边缘为准在固定刻度上读出整毫米数。从可动刻度上读出毫米以下的小数，测量长度为上述二者之和。

螺旋测微器注意事项：

- ① 先用粗测旋钮使测头小砧接近被测物，后用微调旋钮使测头小砧接触被测物。听到“喀”、“喀”止动声后停止旋转。
- ② 读数时要注意固定刻度尺上表示 0.5mm 的刻线是否已经露出。
- ③ 螺旋测微器读数时必须估读一位，即估读到 0.001mm 这一位上。
- ④ 注意螺旋测微仪的零误差的判断。

(2) 用游标卡尺测量铜圆柱体高 10 次，要求在不同位置测量。游标卡尺的读数：从游标卡尺的主尺上准确读出 mm 位，在游标尺上读出 mm 位的下一位，以 50 分游标卡尺为例，若游标尺上的第 N 格与主尺上的某一格对齐，则游标尺的读数为 $0.02 \times N$ ，主、游标尺读数之和即是测量值。

游标卡尺注意事项：

- ① 根据被测对象情况，决定使用外测量爪、内测量爪、深度尺。

② 游标卡尺在读数时不需向后估读一位。

③ 测量之前应检查游标卡尺的零点读数，看主副尺的零刻度线是否对齐，若没有对齐，须记下零点读数，以便对测量值进行修正。

④ 卡住被测物时，松紧要适当，不要用力过大，注意保护游标卡尺的刀口。

⑤ 测量圆筒内径时，要调整刀口位置，以便测出的是直径而不是弦长。

(3) 调整天平及测量。

① 调整天平底座水平。用水准泡作监视，调节底座下的螺丝。

② 调整天平空载平衡。将游码拨到横梁零位。调整横梁两端的螺丝使其平衡。

③ 用物理天平称量铜圆柱体在空气中的质量 m_1 ，单次测量。

④ 用物理天平称量铜圆柱体在水中的视质量 m_2 ，单次测量。

(4) 仪器使用注意事项：

① 严格遵守物理天平操作步骤和操作规则，正确使用天平。

② 在液体中称衡时应注意不使样品露出水面或接触烧杯，并应防止待测液体与已知液体混合。

③ 实验中应注意随时排除附着于待测样品上的气泡，当物体放入水中后，物体表面形成的气泡同样会产生测量误差。一个直径为 0.5 mm 大小的气泡会产生小于 0.1 mg 的额外浮力；直径为 1 mm 大小的气泡会产生约为 0.5 mg 的额外浮力；直径为 2 mm 大小的气泡会产生近似 4.2 mg 的额外浮力。大的气泡在测量前必须除去，排除方法可以用细丝轻轻摇振。

④ 天平使用注意事项：被测物体的质量不能超过天平的量程；待测物体和砝码的放置应为“左物右码”；不能用手直接接触砝码，应使用专用镊子；对待测物或加减砝码时应使天平止动。天平的读数方法：待测物的质量等于砝码的总质量加上游码所示读数。

四、思考题

(1) 利用浮力原理将物体体积测量归结为质量的测量，这种方法较排水法有什么优点？

(2) 实验中吊起铜块为什么用细线而不用粗线？如果线的粗细一样，用棉线好还是用尼龙线或金属丝好？如果细线会影响测量结果，试定性地说明对密度的测量有何影响？

(3) 天平平衡时启动，为何不停地摆动？当天平略平衡时，为何只偏倾一定范围，而不致无限地向一侧偏倾？

(4) 试分析使用物理天平时，可能存在的系统误差，应如何消除或减少它们？

(5) 已知游标卡尺的测量准确度为 0.01mm，其主尺的最小分度的长度为 0.5mm，试问游标的分度数（格数）为多少？

(6) 如何确定螺旋测微计的零点读数的正负？如何确定游标卡尺负的零点读数？

(7) 什么叫天平的最大称量、感量及灵敏度？对照仪器说明物理天平可读出的最小单位。

(8) 调好物理天平的标志是什么？为什么要调节水平？（若天平前后不平、左右不平分别对测量有何影响？）调零时指针停在任一位置可以吗？为什么？

(9) 试述物理天平的操作步骤和操作规程。

(10) 流体静力称衡法的基本思想是什么？

(11) 待测物体放入液体后，其表面为什么会产生气泡？怎样做才能使之少产生气泡？怎样排除气泡？

(12) 为什么在同一实验中用了两种测量长度的仪器？

物理天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。天平的测量原理是基于杠杆平衡原理，通过比较待测物体与砝码的质量来测量物体的质量。操作规范包括天平的调节、称量步骤和读数方法。天平的构造包括天平梁、天平盘、天平架、天平刀、天平砝码等。使用方法和注意事项包括天平的调节、称量步骤和读数方法。天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

天平的测量原理及操作规范，包括天平的构造、使用方法和注意事项。

实验三

单摆法测重力加速度

单摆是由长度为 L 的细线和悬挂在线下端的质量为 m 的重球构成。在线长远大于球的直径，球质量远大于线质量的情况下，将小球自平衡位置拉至一边后释放，球将在平衡位置左右做周期性摆动，在摆角很小时，单摆的运动是简谐振动。当年伽利略在观察比萨教堂中的吊灯摆动时发现，摆长一定的摆，其摆动周期不因摆角而变化，因此可用它来计时，后来惠更斯利用了伽利略的这个观察结果，发明了摆钟。

一、实验目的

- (1) 学会使用计时秒表、米尺和游标卡尺，测准摆的周期和摆长。
- (2) 验证摆长与周期的关系，掌握使用单摆测量当地重力加速度的方法。
- (3) 初步了解误差的传递和合成。
- (4) 初步练习在限定的条件下，如何完成一个有确定要求的测量任务。

二、实验仪器

单摆实验装置，计时秒表，游标卡尺，米尺。

三、实验内容与操作要点指导

1. 测重力加速度

(1) 分别用米尺和游标卡尺，测量摆线长和摆球的半径。摆长 l 等于摆线长加摆球的半径。

(2) 当摆球的振幅小于摆长的 $\frac{1}{12}$ 时，摆角 $\theta < 5^\circ$ 。

(3) 用秒表测量单摆摆动 50 次的时间 T_{50} ，共测量 10 次，取平均值。计时起点选在摆球经过平衡位置的时刻，应在摆锤通过平衡位置时按秒表并数“0”，在完成一个周期时数“1”，以后继续在每完成一个周期时数 2、3、…，最后，在数第 50 的同时停住秒表。

(4) 计算重力加速度：将测出的周期 T 和摆长 l 计算出重力加速度 g ，并计算出测量误差。

2. 研究单摆周期 T 与摆长 L 的关系

(1) 调整摆线长度 l ，使摆长 L 等于 50.00cm；测量小球摆动 30 个周期所需时间 t 。