

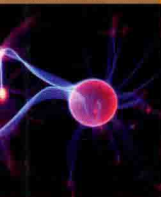


iCourse · 教材
高等农林院校基础课程系列



自主创新
方法先行

大学物理实验



10111010110

主编 冯 放 牟艳秋



01011010101010101

0101101010101010111

010 01 01 010 1001 010

高等教育出版社



iCourse · 教材
高等农林院校基础课程系列



自主创新
方法先行

大学物理实验

主编 冯 放 牟艳秋

主审 李茫雪

参编 王睿垠 韩秋菊 刘 勇 金长江

赵宏伟 李 楠 张丙芳 白士刚

高等教育出版社·北京

内容简介

本书充分考虑农林院校大学物理实验课程教学实际情况和本科专业特点,既包括力学、热学、电磁学、光学等实验,又涵盖了液体、流体等实验;既有基础实验,又有综合实验和科技创新开放实验,体系和内容编排紧凑,物理概念清晰,叙述简明扼要,难度适中。

本书适合于 32 或 48 学时课程教学要求,可作为高等学校理工科非物理学类专业大学物理实验课程的教材,也可作为教师或相关人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验/冯放,牟艳秋主编.--北京:
高等教育出版社,2017.2

iCourse·教材.高等农林院校基础课程系列

ISBN 978-7-04-046984-4

I. ①大… II. ①冯… ②牟… III. ①物理学-实验
-高等学校-教材 IV. ①O4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 296637 号

Daxue Wuli Shiyān

项目策划 王 瑜 李光跃 陈琪琳 李艳馥 吴雪梅

策划编辑 顾炳富

责任编辑 忻 蓓

封面设计 张 楠

版式设计 杜微言

插图绘制 杜晓丹

责任校对 刘 颖

责任印制 尤 静

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 三河市华润印刷有限公司

开 本 850mm×1168mm 1/16
印 张 14.25
字 数 300 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2017 年 2 月第 1 版
印 次 2017 年 2 月第 1 次印刷
定 价 30.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 46984-00

出版说明

“十二五”是继续深化高等教育教学改革、走以提高质量为核心的内涵式发展道路和农林教育综合改革深入推进的关键时期。教育教学改革的核心是课程建设,课程建设水平对教学质量和人才培养质量具有重要影响。2011年10月12日教育部发布了《教育部关于国家精品开放课程建设的实施意见》(教高[2011]8号),开启了信息技术和网络技术条件下校、省、国家三级精品开放课程建设的序幕。作为国家精品开放课程展示、运行和管理平台的“爱课程(iCourse)”网站也逐渐为高校师生和社会公众认知和使用。截至目前,已启动2911门精品资源共享课和696门精品视频公开课的立项建设,其中的1000多门精品资源共享课和600多门精品视频公开课已经在“爱课程(iCourse)”网站上线。

高等教育出版社承担着“‘十二五’本科教学工程”中国家精品开放课程建设的组织实施和平台建设运营的重要任务,在与广大高校,特别是高等农林院校的调研和协作中,我们了解到当前高校的教与学发生了深刻变化,也真切感受到课程和教材建设所面临的挑战和机遇。如何建设支撑学生自主学习和校际共建共享的课程和新形态教材成为现实课题,结合我社2009年以来在数字课程建设上的探索和实践,我们提出了“高等农林院校基础课程精品资源共享课及系列教材”建设项目,并获批列入科技部“科学思维、科学方法在高等学校教学创新中的应用与实践”项目(项目编号:2009IM010400)。项目建设理念得到了众多农林高校的积极响应,并于2012年12月—2013年6月,分别在北京、扬州、武汉、哈尔滨、福建等地陆续召开了项目启动会议、研讨会和编写会议。2014年,项目成果“iCourse·教材:高等农林院校基础课程系列”陆续出版。

本系列教材涵盖数学、物理、化学化工、计算机、生物学等系列基础课程,在出版形式、编写理念、内容选取和体系编排上有不少独到之处,具体体现在以下几个方面:

1. 采用“纸质教材+数字课程”的出版形式。纸质教材与丰富的数字教学资源一体化设计,纸质教材内容精炼适当,并以新颖的版式设计和内容编排,方便学生学习和使用;数字课程对纸质教材内容起到巩固、补充和拓展作用,形成以纸质教材为核心,数字教学资源配合的综合知识体系。

2. 创新教学理念,引导自主学习。通过适当的教学设计,鼓励学生拓展知识面和针对某些重要问题进行深入探讨,增强其独立获取知识的意识和能力,为满足学生自主学习和教师教学方法的创新提供支撑。

3. 强调基础课程内容与农林学科的紧密联系,始终抓住学生应用能力培养这一重要环节。教材和数字课程中精选了大量有实际应用背景的案例和习题,在概念引入和知识点讲授上也总是从实际问题出发,这不仅有助于提高学生学习基础课程的兴趣,也有助于加强他们的创新意识和创新能力。

4. 教材建设与资源共享课建设紧密结合。本系列教材是对各校精品资源共享课和教学改革成果的集成和升华,通过参与院校共建共享课程资源,更可支持各级精品资源共享课的持续建设。

建设切实满足高等农林教育教学需求、反映教改成果和学科发展、纸质出版与资源共享课紧密结合

的新形态教材和优质教学资源,实现“校际联合共建,课程协同共享”是我们的宗旨和目标。将课程建设及教材出版紧密结合,采用“纸质教材+数字课程”的出版形式,是一种行之有效的方法和创新,得到了高校师生的高度认可。尽管我们在出版本系列教材的工作中力求尽善尽美,但难免存在不足和遗憾,恳请广大专家、教师和学生提出宝贵意见与建议。

高等教育出版社

2014年7月

前言

物理学是研究物质的结构、性质、基本运动规律以及相互作用和相互转化规律的科学。它的基本理论渗透在自然科学的各个领域,应用于生产技术的许多部门,是其他自然科学和工程技术的基础。在人类追求真理、探索未知世界的过程中,物理学展现了一系列科学的世界观和方法论,深刻影响着人类对物质世界的基本认识、人类的思维方式和社会生活,是人类文明的基石,在人才的科学素质培养中具有重要的地位。

物理学本质上又是一门实验科学。物理实验是科学实验的先驱,体现了大多数科学实验的共性,在实验思想、实验方法以及实验手段等方面是各学科科学实验的基础。物理实验课是高等学校各类专业对学生进行科学实验基本训练的基础课程,是本科生接受系统实验方法和实验技能训练的开端。物理实验课覆盖面广,具有丰富的实验思想、方法、手段,同时能提供综合性很强的基本实验技能训练,是培养学生科学实验能力、提高科学素质的重要基础。它在培养学生严谨的治学态度、活跃的创新意识、理论联系实际和适应科技发展的综合能力等方面具有其他实践类课程不可替代的作用。

教育部高等学校大学物理教学指导委员会农林水工作委员会 2015 年明确指出,大学物理实验课程的具体任务是培养学生的基本科学实验技能,提高学生的科学实验基本素质,使学生初步掌握实验科学的思想和方法。培养学生的科学思维和创新意识,使学生掌握实验研究的基本方法,提高学生的分析能力和创新能力,提高学生的科学素养,培养学生理论联系实际和实事求是的科学作风,认真严谨的科学态度,积极主动的探索精神,遵守纪律,团结协作,爱护公共财产的优良品德。

本书依据 2015 年教育部高等学校大学物理教学指导委员会农林水工作委员会编制的《农林类普通高等院校大学物理实验课程教学基本要求》,由东北农业大学物理公共教学部和物理实验中心教师在长期教学实践的基础上,依据原有讲义和课件,总结教学经验编写而成。全书除绪论外共分 4 章,第 1 章为数据处理与不确定度估算,介绍测量与误差、不确定度估算、有效数字运算规则以及常用的数据处理方法;第 2 章为基础实验,编入力学、热学、光学和电磁学等基础性实验 20 个;第 3 章为综合实验,编入综合性实验 4 个;第 4 章为科技创新开放实验,编入实验 10 个。本书在内容安排上充分考虑到农林院校相关专业特点及基础课教学的需要,内容涉及面广,实用性强,基础性实验和综合性实验为学生提供了较为详尽的背景介绍、基本原理、实验仪器、实验过程与操作步骤,并配套电子课件及仪器仿真操作系统,供学生自行预习及进行课堂操作练习。另外对实验过程中可能会遇到的问题等方面的信息,提出一些思考题,对指导大学生进行实验,以及培养学生实验数据的处理能力有较好的帮助。科技创新开放实验提出了一些基本要求,对实验的难点也做了适当的提示,由学生需要独立思考、查阅资料,确定实验原理、方法,推导公式,设计实验方案,选择合适的仪器设备,完成实验,注重培养学生综合性处理问题的能力,激发学生的创新性,增加学生的学习兴趣。本教材对所用仪器设备作了原理性的概括介绍,并给出部分仪器的面板图及简要的说明,在实际教学过程中,教师还需对实验中所用的仪器向学生进行必要的说明和操作指导。

本书重视激发学生学习兴趣,注重学习方法的培养,实验技能的开拓,物理知识的应用,既能使读者

学到最基本的知识和最常用的物理方法,提高科学素质,又为物理学在生物学和农林科技中的应用奠定了基础,也为以后专业实验的学习打下坚实的基础。本书注意各部分实验知识与理论知识的结合,活化彼此关系,增加了实验应用介绍,内容难度适宜,并配有电子课件和实验项目仪器的仿真操作课件,方便教师和学生使用学习。教师可利用多媒体展示教师讲解中一些实验现象,增强学生对实验项目的理解,学生也可在真正实验操作前进行模拟仿真练习,避免在实验中由于操作错误和实验现象不明确出现错误,提高了实验的准确度和学生的学习兴趣,方便教师讲解,学生学习。同时仿真课件的加入,也能让更多的学生在网上进行实验操作,使学生广泛受益。

本书由东北农业大学物理公共教学部和物理实验中心教师共同悉心完成,由冯放、牟艳秋主编,王睿垠、白士刚、韩秋菊、刘勇、金长江、赵宏伟、李楠、张丙芳参编,电子版课件由王睿垠、张宇亮制作,仿真实验模拟由白士刚制作。苏州大学任建锋老师在书稿编写中提出很多修改意见。从事物理教学 30 余年的李茫雪老师对全书进行了审阅,并提出了宝贵的修改意见和建议,为本书增色不少。限于编者水平,书中难免有疏漏和错误之处,恳请读者不吝指正。

编 者

2016 年 11 月

目 录

绪论	1
第 1 章 数据处理与不确定度估算	7
1.1 测量与误差	8
1.2 不确定度估算与测量结果表示	10
1.3 有效数字及其运算规则	16
1.4 常用的实验数据处理方法	19
第 2 章 基础实验	25
2.1 长度测量和体积测量	26
2.2 用气垫转盘转动惯量仪测定刚体的转动惯量	33
2.3 用霍尔位置传感器测定杨氏模量	41
2.4 用落球法测定蓖麻油的黏度	46
2.5 用拉脱法测量液体的表面张力系数	50
2.6 空气比热容比的测定	55
2.7 用模拟法测绘静电场	59
2.8 集成电路温度传感器的特性测量及应用	63
2.9 电势差计的原理及电源电动势的测定	67
2.10 用惠斯通电桥测电阻	71
2.11 测量通电螺线管的磁场	75
2.12 弹簧振子系统的研究	80
2.13 声速的测量	84
2.14 用牛顿环仪测透镜的曲率半径	90
2.15 偏振光原理及应用	95
2.16 旋光溶液的旋光率和浓度的测定	102
2.17 分光计的调整和使用	107
2.18 用衍射光栅测钠光的波长	116
2.19 迈克耳孙干涉仪的调节和使用	120
2.20 普朗克常量的测定	125

第3章 综合实验	131
3.1 简单整流稳压电源的安装与测试	132
3.2 示波器的调试与使用	138
3.3 简易收音机的设计与安装	146
3.4 光纤传感技术的应用	158
第4章 科技创新开放实验	165
4.1 生物材料的拉伸与压缩	166
4.2 使用电桥法制作热敏电阻温度计	170
4.3 多功能触觉传感器设计与实验	173
4.4 简易机器人的制作	175
4.5 振动系统固有频率的测量	177
4.6 噪声的检测与分析	181
4.7 激光拉曼光谱仪应用	186
4.8 近红外光谱分析技术在大米检测中的应用	192
4.9 核磁共振系统应用	194
4.10 燃料电池的特性测量	200
附录	209
附表1 常用物理常量表	210
附表2 标准大气压下不同温度时水的密度	211
附表3 常用金属固体和液体的密度(20℃时)	211
附表4 在20℃时与空气接触的液体表面张力系数	212
附表5 在不同温度下水与空气接触的液体表面张力系数	212
附表6 在20℃时某些金属的杨氏模量	212
附表7 标准大气压下液体的黏度	213
附表8 某些液体与固体的比热容	213
附表9 金属或合金的电阻率 ρ (20℃时)及温度系数 α	214
附表10 相对介电常量(ϵ_r)	214
附表11 常用光源的谱线波长	215
附表12 某些物质的旋光率	215
参考文献	217

绪论



绪论电子教案

大学物理实验是理工农医类各专业的一门必修课,作为农林院校的一门基础课程,它是学生进入大学后受到系统的实验方法和技能训练的开端,目的在于培养学生通过实验手段分析研究问题的能力,将实验作为处理解决实际问题的一种方法,为学生以后能独立进行科学实验打下良好的基础。

一、大学物理实验的地位和作用

1. 物理实验在物理学发展中具有重要地位

虽然说物理学的核心是理论,但物理是以实验为基础的学科,理论的建立与发展,理论的适用条件都要接受实验的验证,所以从本质上说,物理学是一门实验科学。纵观物理学的发展史,一直都是理论与实验相辅相成,同时或交替出现,共同促进了物理学的发展。举例来说,关于光的波动性的认识最早是通过 1801 年的杨氏双缝干涉实验形成的;直到 1865 年,理论物理学家麦克斯韦通过麦克斯韦方程组得出电磁波波动方程,并算得光速,即通过理论方法得出光是电磁波的结论;但是直到 1888 年,赫兹通过实验验证了电磁波的存在,麦克斯韦的理论才被世人认可和接受。从上面的例子就可以看出实验的重要性,很大一部分的诺贝尔物理学奖都颁给了实验物理学家也足以说明实验在物理学发展中的重要地位。

2. 大学物理实验对学生更好地学习物理理论课程具有重要作用

(1) 通过演示实验、课堂小实验、分组实验、课外实验与制作等,可以开发学生智力,激发学习兴趣,培养学生的创新能力。在物理学习过程中,加入一些实验,可以调动学生的学习积极性和主动性,从而大幅度提升教学效果。所以,实验其实是连接理论与实践的桥梁,通过实验一方面可以加强对理论知识的掌握,另一方面可以验证课堂中所学的理论知识。

(2) 通过物理实验可以使获得丰富的感性认识,加深学生对物理概念、定理和定律的理解,降低自学过程中学生遇到问题的难度。很多物理概念、定理、定律非常抽象,对学生来说非常晦涩难懂,学生在预习和自学过程中常会遇到一些疑难问题,对某些新的物理概念似懂非懂,对某些物理规律将信将疑,有时想不通就会产生畏难情绪,影响自学效果。借助物理实验可以形象、具体、直观地说明问题,能使抽象的物理知识迅速鲜活生动起来。

(3) 可以使学生初步了解物理学的思想、研究方法,培养学生实事求是的科学态度。每一个实验中都涉及一些思想和方法,例如在探究加速度与力和物体质量关系的实验中就涉及一种平衡摩擦力的方法,了解这些思想和方法,有利于学生解决问题能力的提高。物理学是严谨、来不得半点马虎的,例如在实验数据的收集过程中如果不严谨,就会得出不正确的结论,因此,通过物理实验可以培养学生实事求是的科学态度。

3. 通过大学物理实验的学习,可以培养学生多项技能

(1) 动手应用能力,主要包括这样几种能力:组装仪器,即对实验仪器进行操作,使之组合成某一套实验装置;调试装置,即对实验装置进行调试,以

达到某一个或一系列的工作点;测量,即使用工具测量某些物理量,从而达到实验目的;数据处理,即通过分析、综合实验数据,抽象出物理量之间的规律;故障处理,即当实验进程遇到障碍时,能够想出办法排除故障;应用能力,即应用所学知识分析新问题、解决新问题的能力,是动手应用能力的较高层次。

(2) 交流合作能力:是指创新个体之间交换信息、相互协作的能力。现代科学的发展,越来越需要群体的共同协作来完成。在创新实践中,个体之间的交流合作能够聚集集体的智慧来克服困难中的关键问题,从而获得巨大成功。

(3) 观察能力:是指人运用感官作用于客观环境所表现出的精确而敏锐的并能抓住事物本质特征的认知能力。观察力是智力活动的开端,是进行创新活动的前提条件。

(4) 反思与评价能力:反思能力指的是对自己的思想和行为正确性的一种监控和调节能力,属于元认知范畴;评价能力是指对自己和他人的思想和行为是否符合客观实际的认识能力,与自我意识有关。自我反思能力和正确评价能力常常结伴而行。

农科类院校,肩负着培养农业科技工作者的重任,这就要求我们培养的人才既要具有较深的理论修养,又要具有生产实践的技能,以适应飞速发展的科技和社会进步的要求,正确处理理论课和实验课的关系,切实做到手脑并用。

二、大学物理实验课程设置的目 的

在大学物理实验教学的过程中,学生应主动、自觉地获取知识和技能,在这个过程中可以有自己的创造性,绝不仅仅是通过实验获取数据,而是要通过实验过程学会探索研究问题的程序和方法。课程设置的主要目的如下:

(1) 通过实验原理、实验方法去研究某些物理现象以及具体物理量的测定,分析判断实验结果,以及实验方法、测量仪器、周围环境、测量次数和操作技能等对测量结果的影响。能对测量结果及误差产生原因进行分析讨论。

(2) 通过实验技能的基本训练,熟悉实验仪器的基本原理和性能,掌握其读数原理以及正确的使用方法。

(3) 学会科学处理实验数据的方法,写出比较完整的实验报告。

(4) 培养和提高学生观察、分析实验现象的能力以及理论联系实际的能力。

(5) 培养学生严肃认真、细致踏实、一丝不苟、实事求是的科学态度和克服困难、坚持到底的工作作风。

三、大学物理实验课程的学习方法

想要学好一门课程,兴趣是关键,因此应该首先激发自己学习物理的兴趣,从而产生动手操作的愿望。注意观察生活、工作中与物理相关的问题,多

问几个为什么,引发自我的积极思考,为物理实验的学习奠定基础。

其次是激活物理思维。心理学家认为:只有经常性地动手、动口、动脑,自己去发现问题,解决问题,才能使自己处于一种积极探索知识,寻求答案的最佳状态中。因此,在进行大学物理实验时,不应该照着老师给出的具体步骤照猫画虎,否则只是单纯地记住了实验步骤,而没有形成自己的东西。学生应该认真思考每一个实验步骤的原因,然后自己动手去实践,在实践中探索,从而得出实验结论。

接着是树立学习大学物理实验的信心。在进行大学物理实验的过程中,难免会遇到这样那样的问题,得到的实验结果不正确,我们不要气馁,更不要失去信心。失败是成功之母,任何一个伟大的实验成功之前,必定会经历无数次失败。我们要做的就是时刻保持信心,总结经验教训,怀着极大的热情投入到下一次实验中去。

然后是要学会自我反思。所谓自我反思,是指在学习实践过程中,通过回顾主体的行为表现和结果,或给予肯定、支持和强化,或给予否定、思考和修改,从而不断提高自己学习能力的过程。这要求我们在实验结束后,应该反思实验过程中的优劣,尝试进一步改进和优化实验。通过不断的自我反思,在提高我们进行物理实验能力的同时,也可以提高我们自己的创新能力。

最后是要熟练运用网络资源促进相关物理实验学习。21世纪是知识爆炸的时代,更是网络的时代。网络中的信息资源具有海量性、生动性、开放性和交互性等特点,因此利用好网络资源可以令我们的物理实验学习事半功倍。

四、大学物理实验课程的要求

大学物理实验,多数是通过测量来研究某一直接或间接物理量。虽然实验的内容、研究对象、实验方法不尽相同,但是物理实验课的基本要求大致是相同的,一般可以分为三个阶段:

1. 课前预习

(1) 由于实验课的时间有限,应事先对实验内容作全面了解,还要预习有关仪器的介绍以及查询相关资料等。

(2) 写好预习报告并试着回答课后的思考题。根据实验原理推导物理量的计算公式,结合该实验的具体要求,分清已知量、指定量、待测量和求算量。

2. 课上操作

(1) 在学生具体操作前,教师可应根据学生的预习情况,对实验作简要讲解、提问与讨论,使学生明白实验依据的原理公式,仪器的使用方法和注意事项。

(2) 同学们在操作前,首先应先熟悉实验仪器,检查仪器各部件是否完好,如有问题及时向指导教师提出,弄清仪表的测量范围。

(3) 当全部符合要求后就可以正式进行实验操作并记录数据. 记录实验中出现的现象, 每次测量后应立即把数据记录下来, 要做到仔细、正确、字迹工整(特别要注意各数据的有效数字位数和单位).

3. 撰写报告

物理实验报告是对实验工作的全面总结, 需要用简明的形式将实验结果完整正确地表示出来. 写报告时, 要求文字通顺, 字迹端正, 图表规矩, 应养成实验完成后及时将实验报告写完的习惯.

实验报告一般包括下列几部分:

- (1) 实验名称;
- (2) 实验目的;
- (3) 实验器材、装置及简图;
- (4) 实验原理(要求有公式、定理及详细的文字叙述);
- (5) 实验步骤;
- (6) 实验数据记录表(要求自己设计表格填写数据);
- (7) 数据处理(要有计算过程);
- (8) 误差分析.

>>> 第1章

.. 数据处理与不确定性估算

在科学试验和教学实验中,由于测量仪器、方法、条件和测量人员等多方面因素的影响,不可避免地会引入测量误差.本章主要介绍测量误差、实验数据处理方法和有效数字运算规则等基本知识.

>>> 1.1 测量与误差

一、测量

在科学实验中,一切物理量都是通过测量得到的.所谓测量就是用一定的量具或仪器,通过一定的方法,直接或间接地与被测物理量进行比较.测量可分为直接测量和间接测量.直接测量是指可直接从仪器或量具上读出待测物理量的大小的测量过程.例如,用米尺测量物体长度,用温度计测量环境温度等都属于直接测量.间接测量是指是通过多个直接测量量经过一定的函数关系运算后得到待测物理量的测量过程.例如,房间面积的测量.物理实验中大多数物理量都是间接测量量.

一个测量数据不同于一个数值,它是由数值和单位两部分组成的.测量数据只有赋予了单位,才能有具体的物理意义.测量所得的数据应包括物理量的大小和单位,二者缺一不可.

二、误差

在对一些物理量进行测量时,由于仪器的缺陷和人的感觉器官的不完善等因素,测量的结果永远只是被测物理量的近似值.测量结果与被测物理量的真实值之间总有一定差异,这种差异叫做误差.误差存在于一切测量之中,而且贯穿测量过程的始终.

误差的产生有多方面的原因,从误差的性质和来源上可分为“系统误差”“偶然误差”和“过失误差”三种.

1. 系统误差

系统误差又叫规律误差,它的特点是在同一条件下对某一物理量进行多次测量时,测量值总是大于真值或者总是小于真值.这种误差在实验过程中能够被发现,并且在实验结果中能够排除或者得到修正.

系统误差主要来自三个方面:

(1) 仪器误差:这是由于测量仪器本身有缺陷,在制造仪器时零点标定不准确造成的.例如,制造温度计时,如果划的零点刻度比温度的真正零点位置偏上 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,显然,用这个温度计来测量温度,结果总是要比真实温度低 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$;又如在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下标定的标准电阻,当在 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下使用时,其标准值将产生一定偏离,所以使用时需要进行修正.另外,使用某些仪器或量具时,事先没有校对好,如使用千分尺,尺口已经合严,而标准线却指在 0.023 mm 的位置