



普通高等教育机电类规划教材

ON EXPERIMENT OF ENGINEERING MECHANICS

工程力学实验



主 编 高建和
副主编 赵 晴 周美英

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育机电类规划教材

工程力学实验

主 编 高建和
副主编 赵 晴 周美英
参 编 黄跃光 张迅炜
主 审 杨汉国



机械工业出版社

本教材既可作为工科类各专业学生的工程力学实验指导书,又可供学生开设综合、设计实验时阅读,还可供工程技术人员在测定有关力学量时参考。本教材主要介绍了理论力学、材料力学课程的常做实验。第一篇为理论力学实验,若全做,约需8学时;第二篇为材料力学基本实验,大约需6~8学时;第三篇为选做实验,为提高性、设计性的实验。

本教材符合工科类工程力学教学基本要求,在实验内容的安排上,本着少而精的原则,与目前课程课时相一致。在实验方法以及有关力学量符号方面尽可能贯彻最新的国家标准。每一个实验的编排分为实验目的、实验设备、实验原理、实验步骤四部分。提出的实验目的清楚、明确;介绍实验设备时尽量包含现用的仪器、设备,既介绍了目前仍沿用的老设备,又介绍了较先进的电子仪器和设备;实验原理介绍简明扼要;实验步骤安排注重可操作性。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学实验/高建和主编. —北京:机械工业出版社,2010.9

普通高等教育机电类规划教材

ISBN 978-7-111-31839-2

I. ①工… II. ①高… III. ①工程力学-实验-高等学校-教材
IV. ①TB12-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第176479号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张金奎 高文龙 责任编辑:张金奎

版式设计:张世琴 责任校对:常天培

封面设计:王伟光 责任印制:李妍

北京富生印刷厂印刷

2011年1月第1版第1次印刷

169mm×239mm·6.5印张·120千字

标准书号:ISBN 978-7-111-31839-2

定价:12.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

普通高等教育机电类规划教材编审委员会

主任：邱坤荣

副主任：黄鹤汀 左键民

邓海平 章跃

王晓天 周建方

沈世德

秘书：周骥平

委员：(排名不分先后)

周骥平 徐文宽

唐国兴 刘小慧

戴国洪 李纪明

蒋同洋 鲁屏宇

葛士恩 赵连生

芮延年 王萍

乔斌 李建启

葛友华

序

20世纪末、21世纪初，在社会主义经济建设、社会进步和科技飞速发展的推动下，在经济全球化、科技创新国际化、人才争夺白炽化的挑战下，我国高等教育迅猛发展，跨入了高等教育大众化阶段，使高等教育理念、定位、目标和思路等发生了革命性变化，正在逐步形成以科学发展观和终身教育思想为指导的崭新的高等教育体系和人才培养工作体系。在这个过程中，一大批应用型本科院校和高等职业技术学院异军突起，超常发展，1999年已见端倪。当时我们敏锐地感到，这批应用型本科院校的崛起，必须有相应的应用型本科教材来满足她的教学需求，否则就有可能使她回到老本科院校所走过的学术型办学路子。2000年下半年，我们就和机械工业出版社、扬州大学工学院、南京工程学院、河海大学常州校区、淮海工学院、南通工学院、盐城工学院、淮阴工学院、常州工学院、江南大学等12所高校在南京工程学院开会，讨论策划编写出版机电类应用型本科系列教材问题，规划出版38种，并进行了分工，提出了明确的规范要求，得到江苏省各方面的支持和配合。2001年5月开始出书，到2004年7月已出齐38种，还增加了3种急需的教材，总册数已达45万册。每种至少有2次以上印刷，最多的印刷了5次、发行量达2.5万册。据调查，用户反映良好，并反映这个系列教材基本上体现了我在序言中提出的四个特点，符合地方应用型工科本科院校的教学实际，较好地满足了一般应用型工科本科院校的教学需要。用户的评价使我们很高兴，但更是对我们的鞭策和鼓励，实际上这一轮机电类教材存在的问题还不少，需要改进的地方还很多。我们应当为过去取得的进步和成绩而高兴，同样，我们更应当为今后这些进步和成绩的进一步发展而正视自己，我们并不需要刻意去忧患，但确实存在值得忧患的现实而不去忧患，就很难有更美好的明天。今后怎么办？这是大家最关注的问题，也是我们亟待研讨和解决的问题。我们应该以对国家对人民对社会对受教育者高度负责的精神重新审视这一问题，以寻求更好的解决方案。我们认为，必须在总结前一阶段经验教训的新起点上，坚持以国家新时期教育方针和科学发展观为指导，坚持高标准、严要求，坚持“质量第一、多样发展、打造精品、服务教学”的方针，坚持高标准、严要求，把下一轮机电类教材修订、编写、出版工作做大、做优、做精、做强，为建设有中国特色的高水平的地方工科应用型本科院校作出新的更大贡献。

一、坚持用科学发展观指导教材修订、编写和出版工作

应用型本科院校是我国高等教育在推进大众化过程中崛起的一种新的办学类型，它除应恪守大学教育的一般办学基准外，还应有自己的个性和特色，就是要在培养具有创新精神、创业意识和创造能力的工程、生产、管理、服务一线需要的高级技术应用型人才方面办出自己的特色和水平。应用型本科人才的培养既不能简单“克隆”现有的本科院校，也不能是原有专科培养体系的相似放大。应用型人才的培养，重点仍要思考如何与社会需求的对接。既要从学生的角度考虑，以人为本，以素质教育的思想贯穿教育教学的每一个环节，实现人的全面发展；又要从经济建设的实际需求考虑，多类型、多样化地培养人才，但最根本的一条还是坚持面向工程实际，面向岗位实务，按照“本科学历+岗位技术”的双重标准，有针对性地进行人才培养。根据这样的要求，“强化理论基础，提升实践能力，突出创新精神，优化综合素质”应当是工作在一线的本科应用人才的基本特征，也是本科应用型人才的总体质量要求。

培养应用型人才的关键在于建立应用型人才的培养模式。而培养模式的核心是课程体系与教学内容。应用型的人才培养必须依靠应用型的课程和内容，用学科型的教材难以保证培养目标的实现。课程体系与教学内容要与应用型人才的知识、能力、素质结构相适应。在知识结构上，科学文化基础知识、专业基础知识、专业知识、相关学科知识等四类知识在纵向上应向应用前沿拓展，在横向上应注重知识的交叉、联系和衔接。在能力结构上，要强化学生运用专业理论解决实际问题的实践能力、组织管理能力和社会活动能力，还要注重思维能力和创造能力的培养，使学生思路清晰、条理分明，有条不紊地处理头绪纷繁的各项工作的创造性地工作。能力培养要贯彻到教学的整个过程之中。如何引导学生去发现问题、分析问题和解决问题应成为我们应用型本科教学的根本。

探讨课程体系、教学内容和培养方法，还必须服从和服务于大学生全面素质的培养。要通过形成新的知识体系和能力延伸以促进学生思想道德素质、文化素质、专业素质和身体心理素质的全面提高。因此，要在素质教育的思想指导下，对原有的教学计划和课程设置进行新的调整和组合，使学生能够适应社会主义现代化建设的需要。我们强调培养“三创”人才，就应当用“三创教育”、人文教育与科学教育的融合等适应时代的教育理念，选择一些新的课程内容和新的教学形式来实现。

研究课程体系，必须看到经济全球化与我国加入世界贸易组织以及高等教育的国际化对人才培养的影响。如果我们的课程内容缺乏国际性，那么我们所培养的人才就不可能具备参与国际事务、国际交流和国际竞争的能力。应当研究课程的国际性问题，增设具有国际意义的课程，加快与国外同类院校的课程接轨。要努力借鉴国外同类应用型本科院校的办学理念和培养模式、做法来优化我们的教学。

在教材编、修、审全过程中，必须始终坚持以人的全面发展为本，紧紧围绕培养目标和基本规格进行活生生的“人”的教育。一所大学使得师生获得自由的范围和程度，往往是这所大学成功和水平的标志。同样，我们修订和编写教材，提供教学用书，最终是为了把知识转化为能力和智慧，使学生获得谋生的手段和发展的能力。因此，在修订、编写教材过程中，必须始终把师生的需要和追求放在首位，努力提供教的方便和学的便捷，努力为教师和学生留下充分展示自己教和学的风格和特色的发展空间，使他们游刃有余，得心应手，还能激发他们的科学精神和创造热情，为教和学的持续发展服务。教师是课堂教学的组织者、合作者、引导者、参与者，而不应是教学的权威。教学过程是教师引导学生，和学生共同学习、共同发展的双向互促过程。因此，修订、编写教材对于主编和参加编写的教师来说，也是一个重新学习和思想水平、学术水平不断提高的过程，决不能丢失自我，决不能将“枷锁”移嫁别人，这里“关键在自己战胜自己”，关键在自己的理念、学识、经验和水平。

二、坚持质量第一，努力打造精品教材

教材是教学之本。大学教材不同于学术专著，它既是学术专著，又是教学经验之理性总结，必须经得起实践和时间的考验。学术专著的错误充其量只会贻笑大方，而教材之错误则会贻害一代青年学子。有人说：“时间是真理之母”。时间是对我们所编写教材的最严厉的考官。目前，我们的教材才使用了几十年，还很难说就是好教材，因为前一阶段主要是解决有无问题，用户还没有来得及去总结和反思，所以有的问题可能还没有来得及暴露。我们必须清醒地看到这一点。今后，更要坚持高标准、严要求，用航天人员“一丝不苟”、“一秒不差”的精神严格要求自己，确保教材质量和特色。为此，必须采取以下措施：第一、高等教育的核心资源是一支优秀的教师队伍，必须重新明确主编和参加编写教师的标准和要求，实行主编招标和负责制，把好质量第一关；第二，教材要从一般工科本科应用型院校实际出发，强调实际、实用、实践，加强技能培养，突出工程实践，内容适度简练，跟踪科技前沿，合理反映时代要求，这就要求我们必须严格把好教材编写或修订计划的评审关，择优而用；第三、加强教材编写或修订的规范管理，确保参编、主编、主审以及交付出版社等各个环节的质量和标准，实行环节负责制和责任追究制；第四、确保出版质量；第五、建立教材评价制度，奖优罚劣。对经过实践使用，用户反映好的教材要进行修订再版，切实培育一批名师编写的精品教材。出版的精品教材必须和多媒体课件配套，并逐步建立在线学习网站。

三、坚持“立足江苏、面向全国、服务教学”的原则，努力扩大教材使用范围，不断提高社会效益

下一轮教材编写和修订工作，必须加快吸收有条件有积极性的外省市同类院

校、民办本科院校、独立学院和有关企业参加，以集中更多的力量，建设好应用型本科教材。同时，要相应调整编审委员会的人员组成，特别要注意充实省内外的优秀的“双师型”教材和有关企业专家。

四、建立健全用户评价制度

要在使用这套教材的省市有关高校建立教材使用质量跟踪调查，并建立网站，以便快速、便捷、实时地听取各方面的意见，不断修改、充实和完善我们的教材编写和出版工作，实实在在地为教师和学生提供精品服务，实实在在地为培养高质量的应用型本科人才服务。同时，也努力为造就一批工科应用型本科院校高素质高水平的教师提供优良服务。

本套教材的编审和出版一直得到机械工业出版社、江苏省教育厅和各主编、主审和参加编写高校的大力支持和配合，在此，一并表示衷心感谢。今后，我们应一如既往地更加紧密地合作，共同为工科应用型本科院校教材建设作出新的贡献，为培养高质量的应用型本科人才作出新的贡献，为建设有中国特色社会主义的应用型本科教育作出新的努力。

普通高等教育机械工程及自动化专业
机电类规划教材编审委员会
主任 教授 邱坤荣

前 言

本教材是普通高等教育机电类规划教材，适用于工科机械类各专业本科生，工科各专业专科生。

工程力学实验是工程力学（涵盖了理论力学和材料力学的最基本内容）课程的重要组成部分，涉及最基本的力学实验。通过实验教学，可培养学生的实验技能和工程素质，使学生加深对所学理论知识的理解，熟悉基本力学量的测量，对工程材料在受力后的力学性能以及一些重要的力学性能指标有所了解，为学习后续专业课程打下基础，并为学生今后在工程实践中从事力学量的测量、结构失效分析、选用工程材料等方面的工作提供相关的知识信息。

本教材分为三篇，主要介绍理论力学、材料力学课程的常做实验。第一篇为理论力学实验，若全做，约需8学时；第二篇为材料力学基本实验，大约需6~8学时；第三篇为选做实验，为提高性、设计性的实验。在实验内容的安排上，本着少而精的原则，与目前课程课时相一致。在实验方法以及有关力学量符号方面尽可能贯彻最新的国家标准，以弥补国内教材在这方面的欠缺。

本教材符合工科类工程力学教学基本要求，实验内容包含了工科院校常做的工程力学实验。理论力学实验有：摩擦因数的测定，重心的测定，科氏加速度演示，单自由度振动系统基本参数的测定。材料力学基本实验有：低碳钢和铸铁的拉伸与压缩实验，碳钢拉伸时弹性模量 E 的测定，弯曲正应力测试，主应力测试，扭转、疲劳、冲击实验。选做实验有：叠梁实验，规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 测试，光弹性实验。每一个实验的编排分为实验目的、实验设备、实验原理、实验步骤四部分。教材中融汇了作者多年的实验教学经验，讲述清楚，文字简练。提出的实验目的清楚、明确；介绍实验设备时考虑到尽量包含现用的仪器、设备，既介绍了实验室多年来一直使用的老设备，又介绍了实验室新购置的较先进的电子仪器和设备；实验原理介绍概念清晰，结论正确；实验步骤安排条理性、可操作性好。为使学生养成良好的实验数据处理习惯，本教材介绍了国家标准规定的数值修约规则，并提供了较为完整的实验数据记录表格，附录二还介绍了测定部分力学性能指标时不确定度的计算。因为本教材中有关力学量的符号和新国家标准一致，而现有的工程力学教材许多地方仍沿用老标准的符号，为方便学生阅读，附录一部分列出了材料的拉伸性能名称新旧标准对照表。

本教材的适用面较宽，既可作为工科类各专业学生的工程力学实验指导书，

又可供学生开设综合、设计实验时阅读，还可供工程技术人员在测定有关力学量时参考。

参加本教材编写工作的有高建和、赵晴、周美英、黄跃光、张迅炜，由高建和任主编，赵晴、周美英任副主编。全书由高建和负责统稿。

本教材由杨汉国教授主审。杨汉国教授在力学实验教学方面经验丰富，他认真细致地阅读了有关章节，提出了许多宝贵的意见和建议，使本书得以完善和增色，在此，表示衷心的感谢。

编 者

目 录

序

前言

绪论	1
第一节 工程力学实验及其拓展	1
第二节 工程力学实验的内容及要求	2
第三节 数值修约规则	2

第一篇 理论力学实验

实验一 摩擦因数的测定	4
实验二 重心的测定	7
实验三 科氏加速度演示	10
实验四 单自由度振动系统基本参数的测定	12
第一节 简谐振动参数的测定	12
第二节 单自由度系统固有频率的测定	15

第二篇 材料力学基本实验

实验五 低碳钢和铸铁的拉伸与压缩实验	18
第一节 万能材料试验机及电子拉力试验机	18
第二节 典型材料常用力学性能指标的测试方法	22
第三节 低碳钢和铸铁的拉伸与压缩试验	27
实验六 碳钢拉伸时弹性模量 E 的测定	30
实验七 弯曲正应力测试	35
第一节 电测应变技术简介	35
第二节 纯弯曲梁的正应力测试	39
实验八 主应力测试	43
实验九 扭转、疲劳、冲击实验	47
第一节 扭转破坏实验	47
第二节 旋转变曲疲劳实验 (演示)	52
第三节 冲击实验	55

实验报告一	低碳钢和铸铁的拉伸与压缩实验	59
实验报告二	碳钢拉伸时弹性模量 E 的测定	61
实验报告三	弯曲正应力测试	64
实验报告四	主应力测试	67
实验报告五	扭转、疲劳、冲击实验	70

第三篇 选做实验

实验十	叠梁实验	72
实验十一	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 测试	79
实验十二	光弹性实验	82
附录	86
附录一	拉伸性能名称新旧标准对照	86
附录二	误差累积方法估计拉伸实验的测量不确定度	87
参考文献	89

绪 论

第一节 工程力学实验及其拓展

在力学学科建立和发展的过程中，实验研究和理论分析具有同等重要的地位。工程力学实验是工程力学（涵盖了理论力学和材料力学的最基本内容）课程的重要组成部分，涉及最基本的力学实验。通过实验教学，可使学生对力与平衡、物体的运动、物体的受力变形、工程材料在受力后的力学性能变化以及一些重要的力学性能指标有所了解，培养学生的实验技能和工程素质，为学习后续专业课程打下基础，并为学生今后在工程实践中从事力学量的测量、进行结构失效分析、选用工程材料等方面的工作，提供相关的知识信息。

由于现代工程技术的快速发展，大量新材料、新技术的涌现，使力学这门古老的学科在和工程实践的结合中得到全新的发展，实验技术的发展更是日新月异。随着现代科学技术的进步，人们对材料的力学性质、失效机理的认识逐步深化，新的理论、新的实验技术不断涌现。例如，材料的疲劳、断裂及损伤方面的理论和实验的发展；非金属材料、复合材料力学性能的研究；一些新的设计思想诸如可靠性设计、寿命分析、破损安全理论及结构优化设计等也已广泛应用于工程实践之中。

近年来，国家和有关部门颁布了金属力学性能测试方面的一系列新标准，并对原有标准作了修订。目前金属力学性能测试标准已经与国际标准接轨，在主要技术内容上已与 ISO 标准相同，这对于加强国际间交流合作，促进国内实验技术水平的提高起到了积极的作用。根据教育部的教学基本要求，力学课程及实验应以现行的国家标准为依据，从实验的有关术语、符号、实验方法到测试数据的处理均应与现行的国家标准相符合。

目前许多面向 21 世纪的新教材中，介绍了有关复合材料、高分子材料、功能材料等新型工程材料的力学性能，并讨论了弹塑性材料、粘弹性材料的应力应变关系，介绍了结构的塑性分析等内容，与之相应的实验将逐步开设。在实验条件和课时允许的情况下，还可根据专业的不同增加一些选择性实验。目前国内已有多种力学课程实验教学软件，利用多媒体技术，通过实验模拟，学生可以直观地了解材料的变形和破坏过程，加深对这部分内容的理解。利用计算机技术的虚拟仪器、虚拟实验室技术等正逐步进入实验教学，学生可在计算机上利用软件搭

建整个测试系统，模拟各种机械、力学量的测试实验；还可将工程实际问题的测试数据用该系统进行分析。

第二节 工程力学实验的内容及要求

一、实验内容

本教材介绍的实验主要为理论力学、材料力学课程的常做实验，分为三篇。第一篇为理论力学实验，可根据课程情况选做，若全做，约需8学时；第二篇为材料力学基本实验，大约需6~8学时；第三篇为选做实验，为提高性、设计性的实验。在实验内容的安排上，本着少而精的原则，与目前课程课时相一致。在实验方法方面尽可能贯彻最新的国家标准，以弥补国内教材在这方面的欠缺。由于微电子技术、计算机技术、传感器技术的快速发展，材料实验技术正在发生重大的变化，新型电子拉力试验机将逐步取代传统的材料试验机，老式电阻应变仪已被淘汰，代之以数字式直流电桥的新型电阻应变仪。本教材在实验装置方面既介绍传统的材料试验机和有关仪器，也尽可能介绍应用较多的一些新型仪器设备。

二、实验要求

由于实验教学的实践性强，为了保证实验的顺利进行，对学生提出如下要求：

1. 实验前的准备。
 - (1) 实验前预习。复习有关的理论知识，了解实验目的、原理和实验步骤。
 - (2) 了解实验仪器设备的工作原理、操作方法。
 - (3) 准备数据记录表格。对于设计性实验应准备好实验方案。
2. 遵守实验室的规章制度，认真做实验。
 - (1) 认真学习实验室的规章制度，服从实验指导教师安排。
 - (2) 认真听取实验指导教师的讲解，接受教师的检查。
 - (3) 严格按照操作规程进行实验，认真观察实验现象，作好记录。
 - (4) 实验结束后将仪器设备复原，关闭电源，清理实验场地。
3. 认真总结，写好实验报告。
 - (1) 按相关要求处理实验数据。
 - (2) 按实验目的和规范要求认真书写实验报告。
 - (3) 分析讨论实验结果。

第三节 数值修约规则

1987年国家标准局发布了专用的《数值修约规则》国家标准（GB 8170—

1987), 该标准适用于科学技术与生产活动中试验测定和计算得出的各种数值。按 GB 8170—1987 的规定, 将数值修约规则简介如下:

一、进舍规则

1. 拟舍弃数字的最左一位数字小于 5 时, 则舍去, 即保留的各位数字不变。
例如: 将 23.2468 修约到一位小数, 得 23.2; 将 78.5398 修约成三位有效位数, 得 78.5。

2. 拟舍弃数字的最左一位数字大于 5 时, 则进 1, 即保留的末位数字加 1。
例如: 将 28.673 修约到个数位, 得 29; 将 59.735 修约成两位有效位数, 得 60。

3. 拟舍弃数字的最左一位数字等于 5, 其右边的数字并非全部为 0 时, 则进 1, 即保留的末位数字加 1。

例如: 将 30.501 修约到个数位, 得 31。

4. 拟舍弃数字的最左一位数字等于 5, 其右边无数字或数字皆为 0 时, 所保留的末位数字若为奇数则进 1, 若为偶数 (包括 0) 则舍弃。

例如: 将下列数字修约到个数位: 修约前 29.5, 修约后 30; 修约前 30.500, 修约后 30。

5. 不许连续修约。

拟修约数字应在确定修约位数后一次修约获得结果, 不得多次按上述规则连续修约。

例如: 将 25.4546 修约到个数位;

正确的做法是: 25.4546→25

不正确的做法是: 25.4546→25.455→25.46→25.5→26

6. 进舍口诀。

上述进舍规则可概括为: “4 舍 6 入 5 考虑, 5 后非 0 应进 1, 5 后皆 0 视奇偶; 5 前为偶应舍去, 5 前为奇则进 1”。

二、0.5 单位的修约

试验数值有时要求准确到 0.5 个单位, 则将拟修约的数值乘以 2, 按指定位数依上述进舍规则进行修约, 然后将所得数值再除以 2 即得。

例如: 将下列数值修约到个数位的 0.5 单位 (即修约间隔为 0.5)

拟修约数值	乘 2	2A 修约值	A 修约值
(A)	(2A)	(修约间隔为 1)	(修约间隔为 0.5)
60.25	120.50	120	60.0
60.26	120.52	121	60.5

当然, 修约实验数据的数值, 也可以按要求依照规则, 编写程序由计算机自动进行。

第一篇 理论力学实验

实验一 摩擦因数的测定

一、实验目的

测定选定材料的静摩擦因数和动摩擦因数。

二、实验设备

摩擦因数测定装置的示意图如图 1-1 所示，板 OB 可绕固定铰支座 O 转动，随着 θ 的变化，物块 A 可相对于板 OB 静止或运动，标尺用以指示角度 θ 的大小。

三、实验原理

(一) 静摩擦因数的测定

将待测定静摩擦因数的材料分别固定于板 OB 的上表面和物块 A 的下表面，物块放置于倾角可调的斜面上，如图 1-1 所示。分析物块受力，平衡时，斜面的全反力 F_{RA} 和物块的重力 W 共线， F_{RA} 和斜面法线的夹角等于斜面倾角 θ 。逐渐增加平板和水平线的夹角 θ ，使物块达到临界平衡状态，此时全反力和斜面法线的夹角等于待测材料之间的摩擦角 φ_m ，摩擦角的正切为其静摩擦因数 $\tan\varphi_m = f_s$ ，即

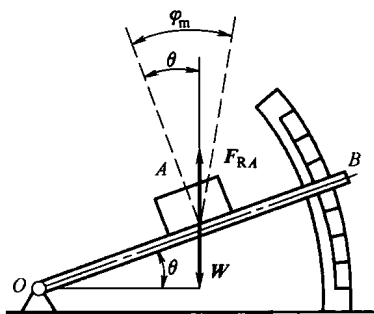


图 1-1 摩擦因数测定装置

(二) 动摩擦因数的测定

待测动摩擦因数的材料的固定同前。将斜面倾角调整至 $\varphi_m + (10^\circ \sim 20^\circ)$ 后锁定，计时器的光电开关固连于斜面上，如图 1-2a 所示。在物块上安装两个间距为 l 的遮光片，让物块沿斜面滑下。当遮光片 2 通过光电开关 1 时，计时器开始工作，遮光片 3 通过光电开关 1 时，计时器停止计时，如图 1-2b、c 所示。读出物块运动 l 距离所需的时间 t_1 ，因 l 很小，可近似认为，物块通过光电开关 1 时的速度

$$v_1 = l/t_1 \quad (1-1)$$

同理，当物块通过光电开关 2 时，可求得

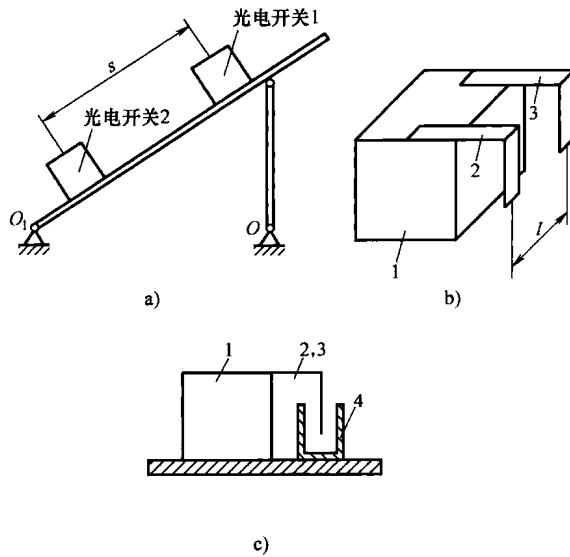


图 1-2 动摩擦因数测定装置

1—物块 2、3—遮光片 4—光电开关

$$v_2 = l/t_2 \quad (1-2)$$

物块一般位置的受力图如图 1-3 所示。根据牛顿第二定律，有

$$W \sin \theta - W \cos \theta f_d = \frac{W}{g} a \quad (1-3)$$

由上式可知，物块运动的加速度的大小 a 是常数。由匀变速运动公式

$$v_2^2 - v_1^2 = 2as \quad (1-4)$$

联立以上各式可解得动摩擦因数

$$f_d = \tan \theta - \frac{\left(\frac{l}{t_2}\right)^2 - \left(\frac{l}{t_1}\right)^2}{2sg \sin \theta} \quad (1-5)$$

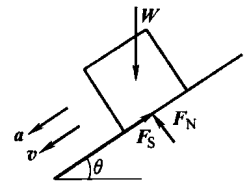


图 1-3 物块受力及运动分析

四、实验步骤

1. 将待测定摩擦因数的材料固定在板和物块上。
2. 粗调 θ 角，确定摩擦角的大致数值。
3. 微调 θ 角，找出物块临界平衡位置，由标尺读出摩擦角的数值。
4. 反复试验 5 次记录摩擦角数值。
5. 将斜面倾角调整至 $\varphi_m + (10^\circ \sim 20^\circ)$ 后锁定，打开计时器电源。
6. 让物块沿斜面滑下，记录时间 t_1 、 t_2 。
7. 反复试验 5 次记录时间数值。