

教授级特级教师领衔 专家学者倾情打造

新课程 高/中/教/师/手/册

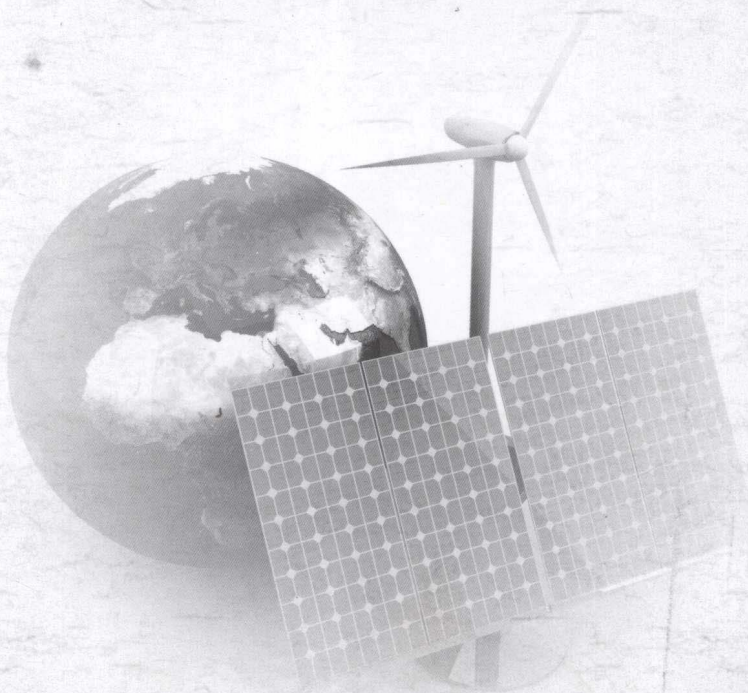
XINKECHENG / GAOZHONGJIAOSHISHOUCE

物理

WU LI

- 立足于新课程改革以来各学科的研究与实践
- 致力于教师专业发展与终身学习
- 以人为本，服务教学

主编 朱建廉（特级教师 教授级高级教师）



南京大学出版社

新课程高中教师手册

XINKECHENGGAOZHONGJIAOSHISHOUCE

物理

W U L I



主 编：朱建廉

副主编：徐 锐 陈连余

编写人员：(以姓氏笔画为序)

王雪彬	刑 标	朱 焱	关红梅
朱建廉	张玉元	吴兴国	邱会明
孟亚玲	陈立其	陈连余	钟继芳
徐 沂	徐 锐	夏广平	崔卫国
黄皓燕	彭 双		



南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

新课程高中教师手册. 物理 / 朱建廉主编. — 南京:
南京大学出版社, 2012. 4

ISBN 978 - 7 - 305 - 09057 - 8

I. ①新… II. ①朱… III. ①中学物理课—高中—教
学参考资料 IV. ①G633

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 235934 号

出版发行 南京大学出版社
社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093
网 址 <http://www.NjupCo.com>
出 版 人 左 健

书 名 新课程高中教师手册·物理
主 编 朱建廉
责任编辑 顾 越 编辑热线 025 - 83595509
责任校对 沈 洁

照 排 南京南琳图文制作有限公司
印 刷 南通印刷总厂有限公司
开 本 718×1000 1/16 印张 38 字数 790 千
版 次 2012 年 4 月第 1 版 2012 年 4 月第 1 次印刷
ISBN 978 - 7 - 305 - 09057 - 8
定 价 78.00 元

发行热线 025 - 83594756 83686452
电子邮箱 Press@NjupCo.com
Sales@NjupCo.com(市场部)

* 版权所有,侵权必究

* 凡购买南大版图书,如有印装质量问题,请与所购
图书销售部门联系调换

序

30年前,我在南京第十中学听了宋嘉祺老师的一节语文课,至今仍记忆犹新。那时宋老师已满头白发,但是身材依然高大挺拔。他站在讲台前说:“同学们,我没到过黄山,但是读了徐霞客这篇《黄山游记》,如临其境,感受良多,概括起来说六个字——”接着他转过身去,在黑板上写下了“奇山、奇文、奇人”六个苍劲有力的大字。然后又转过身来说:“何以为奇?同学们跟我一起读。”之后他一边诵读一边讲解,同学们和听课的教师都全神贯注。当下课铃响起的时候,大家都不约而同地叫起来:“啊!怎么下课了?”同学们全都那样地投入,难道不算自主学习吗?我一直以为“教学有法,教无定法,贵在得法”的说法是正确的,真正高效的教学必须依靠学养深厚的教师啊!

高素养、功力深的教师从何而来?这是我从教一生从未停息的追问。在原江苏教育委员会工作期间,我分管全省的普教及师范教育。一次在向省长汇报工作时,当我讲到当时中小学教师“数量不足,结构不均,素质偏低,待遇不高”时,省长打断了我的讲话,他说:“你讲的几点,除了教师待遇需要政府来解决,其他几点都是你们教育主管部门的事。”当时我就觉得省长说得很有道理,教师培养的计划是我们做的,专业设计是我们安排的,师范院校也是我们办的。“数量、结构、素质”都是教育部门自身应该而且可以解决的问题啊!然而这个问题却长时间得不到解决,我常为之感叹。不管如何,当今的中国教育已经得到很大发展,办学条件大大改善,教师待遇也有了较大提升。建设数量足够、结构合理、素质较高的教师队伍的任务已到了非落实不可的时候了。

当然,提高教师素养还有另外一个方面,就是如何搞好在职教师的培训问题。我们非常高兴地看到国家在在职教师的培养方面加大了投入,努力通过进修院校提高在职教师的学历,组织骨干教师出国培训,开阔他们的眼界。但是,我以为最直接、最有效的还是结合教师教学实际开展的校本培训,尤其是要激发教师自我发展的内在动力。校长带领教师为了自己的职业生命和个人尊严去认真读书、教书,仍然是教师研修的最直接、最基本的途径和方法。

提起读书,就想起小时候母亲给我做了一个小书包,对我说:“孩子,上学

去念书。”现在老了回过头想想,学校不就是个读书的地方吗?让学生学会读书,才能真正地学会学习。为此,教师首先应是个读书人,阅读就是教师的生活方式。

优秀教师的成长一般都经历读万卷书、行万里路、交天下友的过程。钱穆、叶圣陶都是小学教师、民办教师出身,后来成了大家。很重要的一点就是靠自身刻苦钻研,博览群书,博采众长;靠大胆实践,勇闯新路,富有个性。

说到阅读生活,我建议大家读一本叫《越读者》的书。台湾作者郝明义先生把阅读比做饮食,他把阅读像吃饭一样分为四类:一类谓之“主食”类阅读,是为了满足人的饱腹感的“生存需要”的阅读;二类谓之“美食”类阅读,是为了满足人对高营养食物追求的“思想需求”的阅读;三类谓之“果蔬”类阅读,是满足人消化吸收需要的“工具类”阅读;四类谓之“甜品”类阅读,是属于零食类的“休闲需要”的阅读。南京大学出版社组织编写的这套《新课程高中教师手册》,大概应属于满足教师“工具类”需求的阅读资料,如果大家能认真阅读下去,能帮助补充“主食”的不足。

仔细阅读本套丛书,我深感编写工作之不易。从中国课程百年变迁史话走来,汇集了全国新课程改革的前沿成果,资料翔实,结构严谨,工具性强,使用方便。应该说,该套丛书是众多老师的心血之作、经验之谈。我为书中的一些内容安排感到惊喜,纵向有衔接,横向有联系,内容条目化,结构有平衡。用工具书的形式帮助教师减轻负担,推进教学改革,提高教学水平,这实在是功在千秋的大好事。

本着对教育科研工作负责的精神,我向参与丛书编写的老师们表示感谢,也希望全省乃至全国的教师都来阅读和关注这套丛书;若能提些建议、意见,使丛书更加完备、完善,则更是我所期待的幸事。

当然,教师的研修不只是读书。古人云“读万卷书,行万里路”,除了读书,还得行路,去实践,以开阔视野,增强体验。当下,由于社会的进步,特别是网络的发达,人们的距离越来越远,交友已成为一种便捷的学习方式。所以,我以为在学校里倡导“读万卷书,行万里路,交天下友”,将有助于我们整合教育资源,拓展教育空间,改进教学方法,从而将新课程改革实施到位。南京大学出版社的这套教师手册,也就可能为高中教师实施新课程提供些帮助。

周德芳

出版说明

国家第八次基础教育课程改革已历时十多年。这次课程改革,是新时期全面推进素质教育,提升中华民族素质,增强综合国力的一项重要战略工程,其功在当代,利在千秋。

教师是课程改革的主力军与推动者。十多年来,以人为本的新课程理念已深深扎根于教师的教学与心灵之中。

南京大学出版社在江苏省教育系统领导的大力支持下,结合高中教育教学与大学教学工作衔接的课题研究,聘请一批江苏省特级教师、教授级高级教师领衔,聚集数十位有着丰富课程改革与教学经验的老中青学者教师,经过近两年的艰苦努力,几易其稿,编写了这套反映新课程改革最新成果的丛书。

本套丛书有以下篇章:

课程史话 叙述高中各学科近百年来的动态、走向;引导教师在继承发展创新中重新审视教学的内在价值;帮助教师在新课程教学中,以生活为基础、以学科知识为支撑,主张构建课程模块,坚持正确的价值导向,把关注知识逻辑与生活逻辑结合起来,把关注学生生活与学生发展结合起来,强调学生探究新知识的经历与思考,获得新知识的感悟与体验,为教师综合素质的提高、教学素材的整合与发展,提供更大的发展空间。

课程体系 介绍新课程核心理念、性质、目标、设计以及模块教学。阐述新课程评价体系,探讨对知识与技能、过程与方法、情感态度价值观三维目标的评价标准。教材延伸部分主要针对教师在教学中的疑难问题展开研讨,淡化定义,优化案例,强化辨析。设计“三维”目标条目,强调教师应在教科书引领下创造性地开展教学活动,坚持“贴近学生、贴近生活、贴近实际”的原则,加强教学策略研究,注重教学方式方法的选择和运用,加强对学生学习的指导,促进学习方式的转变,加强教学实践环节,丰富教学内容,活跃教学形式。

课程教学 历数新课程课堂模式,介绍众多教学新法,还有章节专述学法指导;精品课例部分,选择经典课例,坚持实践性与开放性的统一,理论联系实际,倡导开放互动的教学方式和合作探究的教学方式,引领学生在认识社会、适应社会、融入社会的实践活动中,感受社会生活领域中应用知识的价值和理性思考的意义。

专业发展 侧重论述教师职业素养的养成与专业技能的运用;引导教师领悟教学研究的真义,在教学研究中促进教学,提升素养和幸福感;引导教师把握教学研究方式,学会教学反思,撰写教学叙事、教学案例、小课题研究、教研论文,开通

教育博客等;参与同伴互助备课,教研组共同体,参加名师工作室,参与教研培训、校本培训市、区教研活动、骨干教师培训、远程培训;关注教师进修和学历的提升。

课程特色 根据各学科特点,强调理论联系实际;注重实践,注重体验,讲究手段,激发教师、学生的参与热情,采用多元评价;重在引导教师建立一系列现代教学观念和教学行为方式,实现“六个转化”,即从重教师的教到重学生的学,从重知识传授到重能力培养,从重认知到重情感,从重结果到重过程,从重教法到重学法,从重继承到重创造;倡导教育教学过程重在塑造灵魂、教书育人。

附录 选择一些各学科经典例题,供读者参考。还配有人物索引、名词解释、相关领域等小栏目,涉及文字学、文学、天文学、数学、物理学、化学、生物学、历史学、地理学、建筑学、环境学、逻辑学、推理学、哲学、心理学、伦理学、管理学、宇宙学、人类学、环境学、社会学等知识。可谓是一部小百科全书。

本套丛书有以下特点:

一是唤醒主体意识。推进新课程的主旨是唤醒教师、学生的主体意识,主要是责任意识、使命意识。教改的问题,关键在教师。高中阶段教育是学生个性形成、自主发展的关键时期,发挥教师的主导作用,对国民素质的提高和创新人才的培养具有特殊意义。丛书作者着力引领教师具有强烈的责任心和爱国心,做学科功底厚实、学贯中西的优秀教师。

二是汲取百年精华。丛书力图从中国近百年教育中吸取营养,以推动高中教育为教育强国、人力资源强国做出贡献,具有较强的工具性、资料性。主张教师应竭尽全力培养学生自主学习和适应社会的能力,培养学生树立正确的世界观、人生观和价值观。各学科课堂应尽量让知识变智慧,道理变哲理,苦味变趣味。

三是强调实用生成。丛书编写人员对全国各版本教材进行了深入分析、综合,有些学科还借鉴了国外的有益成分。有多学科综合开发利用的倾向,部分内容具有精确性、前瞻性、新颖性。书中对教学的课外活动,课堂的探究活动,课外的竞赛活动,教师个体的自学,群体的合作和探究,均有涉猎。内容编排上查找便捷,方便教师进行研究和教学生成。

四是建构教学样式。科学渗透地教,生动活泼地学,灵活机动地考,将科学的内容和活泼的形式结合,把课堂变成“美妙的课堂”、“思想的课堂”、“生命的课堂”,使科学精神与人文精神交相辉映,自然学科素养和人文素养相得益彰。读者可以通过不同学科的编写内容,领略不同名师的教学模式和风格,在共性和个性的统一中,取长补短。

在本书编写过程中,我们学习、参考了许多专家学者的研究成果,也总结、借鉴了大量一线教师的工作经验,在此表示衷心感谢!由于时间仓促并受篇幅限制,恕不一一注出。

本书中不妥之处,敬请广大读者批评指正。

南京大学出版社

目 录

第一篇 课程史话

第一章 学科史话

第一节 学科发展概述	(1)
第二节 杰出物理学家	(27)
第三节 重大物理事件	(45)
第四节 重要物理实验	(53)

第二章 课程改革

第一节 物理课程概述	(58)
第二节 物理课程改革	(64)

第二篇 课程体系

第三章 力学知识体系

第一节 直线运动	(77)
第二节 相互作用	(84)
第三节 运动定律	(90)
第四节 曲线运动	(97)
第五节 万有引力	(107)
第六节 机械能	(113)
第七节 动 量	(120)
第八节 机械振动与机械波	(127)

第四章 电磁知识体系

第一节 静电场	(136)
第二节 恒定电流	(146)
第三节 磁 场	(154)
第四节 电磁感应	(161)
第五节 交变电流	(169)
第六节 电磁振荡和电磁波	(180)

第七节 传感器	(186)
第五章 热学知识体系	
第一节 分子动理论	(190)
第二节 气 体	(196)
第三节 物态和物态变化	(202)
第四节 热力学定律	(207)
第六章 光学知识体系	
第一节 光	(211)
第二节 波粒二象性	(218)
第七章 近代物理体系	
第一节 原子与原子核	(224)
第二节 相对论初步知识	(231)

第三篇 课程教学

第八章 课程教学内容	
第一节 概念教学	(243)
第二节 规律教学	(252)
第三节 实验教学	(260)
第四节 复习教学	(267)
第九章 课程教学模式	
第一节 基于文本阅读的教学模式	(276)
第二节 基于教师讲解的教学模式	(286)
第三节 基于问题驱动的教学模式	(294)
第四节 基于自主探究的教学模式	(302)
第十章 课程教学案例	
第一节 教学日志	(310)
第二节 教学叙事	(318)
第三节 教学案例	(328)
第四节 教学反思	(338)
第五节 教学设计	(349)

第四篇 专业发展

第十一章 教学研究	
第一节 教学研究概述	(369)

第二节	教学行为研究	(379)
第三节	教学内容研究	(389)
第四节	学习方法研究	(395)
第五节	研究成果呈现	(409)
第十二章 习题研究		
第一节	习题研究概述	(417)
第二节	习题命制研究	(428)
第三节	习题教学研究	(445)
第四节	习题解答研究	(452)
第十三章 课题研究		
第一节	课题研究概述	(469)
第二节	课题开发研究	(474)
第三节	课题运作研究	(481)
第四节	课题管理研究	(488)

第五篇 课程特色

第十四章 误差理论	
第一节 测量与误差	(492)
第二节 有效数字及简算方法	(495)
第三节 数据处理方法	(497)
第十五章 常用仪器	
第一节 力学量测量仪器	(500)
第二节 电学量测量仪器	(510)
第十六章 分组实验	
第一节 瞬时速度的测定	(515)
第二节 探究小车速度随时间变化的规律	(515)
第三节 探究求合力的方法	(517)
第四节 探究小车加速度与力、质量的关系	(517)
第五节 测定平抛运动的初速度	(518)
第六节 验证机械能守恒	(519)
第七节 导体电阻率的测定	(520)
第八节 描绘小灯泡的伏安特性曲线	(521)
第九节 测定电源的电动势与内阻	(522)
第十七章 实验活动	
第一节 研究落体的运动	(524)

第二节	超失重现象的演示	(525)
第三节	力的合成与分解	(526)
第四节	力的作用与反作用	(527)
第五节	曲线运动	(529)
第六节	探究平抛运动规律	(530)
第七节	圆周运动	(531)
第八节	机械振动	(532)
第九节	机械波	(533)
第十节	热现象	(534)
第十一节	静电现象	(535)
第十二节	电磁现象	(536)
第十八章 实验开发		
第一节	利用光电门探究初速度为 0 的匀加速直线运动位移与时间的关系	(539)
第二节	探究摩擦力与正压力的关系	(540)
第三节	利用光电门探究物体的加速度与力的关系	(540)
第四节	研究电容器的充电与放电曲线	(542)
第五节	研究交流电的有效值与最大值的关系	(543)
第六节	研究电源的输出功率	(544)
 第六篇 附 录		
第十九章 典型习题集萃		
第一节	力学习题集萃	(545)
第二节	电磁学习题集萃	(557)
第三节	其他习题集萃	(570)
第二十章 百年诺贝尔奖		
第一节	诺贝尔生平与诺贝尔奖项	(584)
第二节	百年诺贝尔物理学奖	(588)
参考文献		(597)

／ 第一篇 ／ 课程史话

第一章

／ 学科史话

如果停电 1 h, 各种不便将接踵而来, 我们会感叹爱迪生的伟大; 当“天宫”在太空中遨游, 我们会想到牛顿的引力理论……伟大的科学家创造了很多奇迹, 铸就了物理学发展史上的座座里程碑。解读科学家们的杰出成就理所当然, 而品鉴他们的人生经历, 聊一聊他们的生前逸事, 为中学教师的教学内容增添一些有趣的佐料, 也是本章力求达成的目标之一。

重大的物理学事件往往成为整个科学发展史上的坐标, 物理学上重要的物理实验往往是物理学家的呕心沥血之作。本章以时间为序介绍重大的物理学事件, 并重点突出与中学相关的重要物理学实验。

基于上述思考, 本章将分节依次组织关于“学科发展概述”、“杰出物理学家”、“重大物理事件”和“重要物理实验”等方面的资料, 以供读者作检索之用。

第一节 / 学科发展概述

物理学研究的是物质的结构、相互作用, 以及物体的运动。目前知道原子核中核子的空间尺度约为 10^{-15} m, 人类了解的最大空间尺度(哈勃半径)为 10^{27} m。从极小到极大, 人类研究的空间尺度跨越了 42 个数量级, 这被称为“宇宙的 42 级台阶”。中国古代的《淮南子·齐俗训》中说“往古来今谓之宙, 四方上下谓之宇”, 即“宇”表示空间, “宙”表示时间, 而“宇宙”既表示空间和时间, 又是自然界万物的总称。生活在一定的时间和空间里, 我们关注身边事物的诞生、发展和演化, 研究的方法从最初的描述性观察到现代的精密测量, 从接受观察到的事实到“格物致知”, 逐渐形成了各门科学学科。古希腊人对自然界的方方面面都有着较为充分的观察和思考, 这些成就逐步发展成为现在所称的“自然哲学”。现在, 物理学已经成为一个较为成熟、系统的研究自然界的最基本规律的科学。概括地说, 物理学是以观察和实验为基础、探讨物质结构和运动基本规律的学科。

现在, 让我们穿越物理学的时空隧道, 去领略物理学发展中一道道风景吧!

一、运动史话

西方有句谚语：“对运动无知，也就对大自然无知。”运动是万物的根本特性，运动是物质存在的方式。东汉《尚书纬·考灵曜》中精彩地记载着：“地恒动不止而人不知，譬如人在大舟中，闭牖而坐，舟行而不觉也。”这说明运动的相对性，比伽利略的思想要早1500年左右。《考工记》中记载着：“马力已竭，辘(zhōu,指车辕)犹能一取焉。”这句话的意思是马拉车时，马已停下来，不再对车施加拉力，但车辕还能继续前进一段路。这表明当时人们对惯性已经形成了一种朦胧的认识。

对运动进行具体描述和思考的首推亚里士多德。亚里士多德把运动分为两大类：自然运动和受迫运动。地上物体的自然运动沿直线，轻者上升，重者下降；天体的自然运动永恒地沿圆周进行。受迫运动则是物体在推或拉的外力作用下发生的，没有外力，运动就会停止。经过基督教学者们的努力，亚里士多德的学说与基督教义调和了起来，亚里士多德的宇宙观成了基督教世福音的一部分。在今天看来，亚里士多德对运动的描述存在着明显的错误。

1. 物理学的真正开端

历史上首次运用科学方法来研究物理问题的科学家是伽利略，他首先使用了逻辑的方法。1638年，在《关于两门新科学的谈话和数学证明》中，伽利略借他的化身萨尔维阿蒂的谈话，批驳了物体下落速度与重量成正比的说法。

伽利略创建并定义了“速度”和“加速度”的概念，并把运动分成匀速运动和变速运动。伽利略曾提出用瞬时速度的概念来描述变速运动，也曾考虑用物体经过的距离 Δs 来定义速度的增量。但他经过实验和思考，自己又加以否定，最终将“速度的增量 Δv 与所用时间 Δt 成正比的运动”作为匀加速运动的定义，加速度的概念也由此诞生。

在应用加速度的概念中，伽利略成功地得出了自由落体的运动规律。他首先选择了最简单的变速运动（即匀加速运动）来表示落体运动，伽利略坚信自然界隐藏的规律具有简单性，这是他的哲学信仰。

由于当时计时工具落后，滴漏计时比较粗糙，瞬时速度和加速度的测量无从做起。伽利略发现沿斜面加速的小球具有相似的加速规律，位移与经历时间的二次方成正比，在倾角一定的斜面上运动的小球的加速度总是恒定的，而且倾角增大，加速度也会增大。

伽利略的手稿中画着一幅草图，两个小球正沿不同倾角的斜面向下运动。进一步的研究发现，伽利略实验中斜面的倾角可能很小，但伽利略却直接将规律类推到倾角为 90° 时的极限情况，即自由落体一定做匀加速的直线运动。

伽利略不断使用这种基于实验事实并加以科学推理的研究方法。他本人说过：“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，在未来的年代里定会博得许多人的重视。”爱因斯坦说过：“伽利略的发现以及他所应用的科学推理方法是人类思想史上最伟大的成就之一，而且标志着物理学的真正开端。”

2. 天体运动的研究

如果身边落下的一个小球的运动能让我们有如此深刻思考的话，那么抬头仰望的天空，日月星辰的奇妙运动又怎能不让我们浮想联翩呢？中国古代《书经》曾详细记载了约4000年前夏代仲康元年的一次日食。公元前613年，古书《春秋》有彗星（即哈雷

彗星)的最早记录.公元前140年,我国就有了关于太阳黑子的记录.公元461年,《宋书·天文志》描述了一次天琴座流星雨:“有流星数千万,或长或短,或大或小,并西行,至晓而止.”5000年来人类文明前进的脚步总是伴随着逐步精细与精准的天象观测.

(1) 地心说的魅力

古希腊时期的天文学研究中影响力最大的是托勒密在公元140年提出的“地心说”.他提出用“本轮”和“均轮”的方法来解释天文现象.托勒密的研究方法在当时非常先进,能够预报行星的位置,预测日食、月食等常见天文现象,结果与实际观测到的现象基本吻合.由于托勒密的地心说体系迎合了基督教的教义精神,他的学说统治人们的思想近1500年之久.

随着科学技术的进步,天文观测的精度大大提高,地心说与实际观测的数据显示出来的误差明显加大.地心说的支持者们则创造了“圆轨道+圆轨道”,即用更多的“本轮”的叠加来解释新的观察现象.从此,复杂、繁琐的解释和计算与地心说画上了等号.

(2) 日心说的提出

1473年,一个彻底改变世人观念的人物哥白尼诞生了.哥白尼相信毕达哥拉斯的哲学思想,那就是“宇宙是和谐的,可以用简单的数字关系来表达宇宙规律”.1504年,木星和土星在太空中距离最近,但观察到的现象与预告竟然相差10天!地心说模型的复杂性和对预测的怀疑,促使哥白尼沿着更为简洁、更为和谐的方向去思考并构建天体运行的新模型.

大约在公元3世纪,古希腊的阿利斯托克曾提出“古代日心说”观点.柏拉图也高度赞美太阳,认为它与其他行星是迥然不同的.哥白尼受到这些思想的熏陶,对太阳有了更为形象的描述:“太阳在宇宙正中坐在其宝座上.在这壮丽的神殿里,有谁能将这个发光体放在一个更好的位置上以让它同时普照全宇宙?……于是我们在这样的安排中找到了这个世界美妙的和谐……”将太阳作为宇宙的中心,一切运动变得简单、清晰、和谐与美妙.

哥白尼提出日心说,花了20多年的时间.他的著作《天体运行论》,详细阐述了日心说等主要天文学观念,由于担心教会的迫害,直到临去世前他才将其公开发表.哥白尼的“日心说”其实也并不完美,他认为行星运行的轨道是一系列的同心圆,而且数学运算复杂也不太准确,但他的创新性的观点和挑战的精神激发了后人.恩格斯说:“自然科学终于从神学中解放出来了.”

(3) 开普勒的贡献

谈到天体的运动,有一个人不得不说,那就是自幼喜欢观察日月星辰的第谷.1560年8月,第谷根据预报观察到一次清楚的日食,这使他对天文学产生了极大的兴趣.第谷进行了前后16个月的详细观察和记载,取得了惊人的结果,彻底动摇了亚里士多德的天体不变的学说,开辟了天文学发展的新领域.他的观测结果一般误差不超过 $0.5'$,最多为 $2'$,比哥白尼的学说准确20倍,几乎达到望远镜出现前的肉眼观测极限.第谷的大量极为精确的天文观测资料,为开普勒的工作创造了条件.第谷编著的《鲁道夫天文表》经开普勒完善,于1627年出版,成为当时最精确的天文表.

1599年,第谷看到年轻的开普勒写成的《神秘的宇宙》一书,十分欣赏作者的智慧和才能,立即写信给开普勒,热情邀请他做自己的助手,还给他寄去了路费.1600年开

普勒来到第谷身边以后,师徒俩朝夕相处,形影不离,结成了忘年交。次年第谷逝世,开普勒接替了他的工作,并继承了他的宫廷数学家的职务。

开普勒认真地研究了第谷多年的大量记录。开普勒计算出来的火星位置和第谷的数据之间相差 $8'$,这个角度约相当于手表上的秒针在 0.02 s 的时间内转过的角度。会不会是第谷观测失误了呢?不会!开普勒完全信赖第谷,即使是这样微小的数值,第谷也不会弄错的。经过多年的数学计算,开普勒发现:第谷精确的观察数据与当时所认为的天体沿圆周匀速运动的轨道学说不相符。最终开普勒认识到了行星轨道不是圆而是椭圆。他在1609年发表的《新天文学》中提出了他的前两个行星运动定律:行星运动第一定律认为每颗行星都在一个椭圆形的轨道上绕太阳运转,而太阳位于这个椭圆轨道的一个焦点上;行星运动第二定律认为行星运行离太阳越近运行越快,行星与太阳之间的连线在相等时间内扫过的面积相等。10年后,开普勒发表了行星运动第三定律:行星距离太阳越远,它的运转周期越长;运转周期的平方与到太阳之间距离的立方成正比。他在1619年出版的《宇宙和谐论》一书中详细阐述了这条定律。至此,开普勒三定律便完整地提出来了。

开普勒定律对行星绕太阳运动作了一个基本完整、正确的描述,解决了天文学的一个基本问题。从此,天文学成为一门精确的科学,开普勒被人们尊称为“天空的立法者”。他的三大定律,为牛顿的经典力学体系的建立提供了坚实的基础。

3. 运动状态变化的因果追踪

关于物体的运动是否发生变化,亚里士多德曾断言:“物体只有在一个不断作用者的直接接触下,才能保持运动,一旦推动者停止作用,或两者脱离接触,物体就会停止下来。”亚里士多德对抛射体的解释是:“在抛射体的后面形成了虚空区域,由于自然界惧怕虚空,于是就有空气立即填补了这一虚空区域,因而形成了推力。”

6世纪希腊有一位学者对亚里士多德的运动学说持批判态度,他叫菲洛彭诺斯。他认为抛体本身具有某种动力,推动物体前进,直到耗尽才趋于停止,这种看法后来发展为“冲力理论”。巴黎大学校长布里丹也是批判亚里士多德运动学说的先行者。

伽利略也不认可亚里士多德把运动分成自然运动和强迫运动的观点。伽利略领悟到,将人们引入歧途的是摩擦力或空气、水等媒质的阻力,这是人们在日常观察物体运动时难以完全避免的。他通过一个经典的斜面实验引出了物体的“惯性”,运动并不需要力的维持。

在《关于两门新科学的谈话和数学证明》一书中他精彩描述了这样的力学实验情景。“在一只做匀速直线运动的密封船舱里,一切力学现象都和船静止时一样:小瓶里的水照样一滴一滴地垂直掉下来;盆里的鱼照样自由地游动;小虫子照样向各个方向自由地飞翔;人在船上用同样的力气往各个方向跳,都会跳得同样远。”可见,我们用任何力学实验都无法判断和确定船的状态是静止的还是匀速的。如果力学定律在某个参考系(指惯性参考系)中是成立的,那么相对于该参考系做匀速直线运动的参考系中,它也同样成立。在描述力学过程方面,各个惯性参考系都是等效的。这就是著名的伽利略相对性原理。

但伽利略认为等速圆周运动也是惯性运动,行星正是由于沿圆周轨道做等速运动才能永恒地运转。他的直线运动实际上只限于沿着水平面的运动,所以并没有正确地

表达惯性定律.

1644年,笛卡儿在《哲学原理》一书中弥补了伽利略的不足.他明确地指出,除非物体受到外因的作用,否则物体将永远保持其静止或运动状态.并且他还特地声明,做惯性运动的物体永远不会使自己趋向曲线运动,而只保持在直线上运动.他表述了两条定律:第一,每一单独的物质微粒将继续保持同一状态,直到与其他微粒相碰被迫改变这一状态为止;第二,所有的运动,其本身都是沿直线的.

笛卡儿可能是最早把惯性定律作为原理加以确立的人,这对后来牛顿的综合工作有深远影响.

(1) 牛顿运动定律的发表

1687年,牛顿将潜心研究了20多年的学术成果总结在《自然哲学的数学原理》一书里,这本书一经面世,便成了一个时代的丰碑.18世纪著名的诗人蒲柏写道:

大自然及其法则在黑暗中隐藏.

上帝说:“让牛顿去吧!”

于是,一切豁然开朗.

牛顿三大定律的诞生过程与万有引力定律的发现过程是交织共生的.牛顿的成就主要体现在第二和第三定律,第一定律即惯性定律的确立则是牛顿继承并发展了伽利略和笛卡儿的思想.

(2) 万有引力定律的发现

天体为什么能够按照圆的轨迹或者按照椭圆的轨迹永远地运动下去呢?

1684年8月到10月期间,牛顿写了9页纸的论文《论运动》寄给哈雷,1685年2月被收入皇家学会记录.在这篇论文中,牛顿用几何方法和求线段比例极限的概念,证明了行星椭圆轨道运动的引力平方反比定律.后来,他将引力与磁力类比,得出“这些指向物体的力应与这些物体的性质和量有关”.不久,牛顿又写了《论物体在均匀介质中的运动》,定义了质量由体积和密度共同量度,解决了惯性问题,并用向心力概念代替了惠更斯的离心力,用向心力的作用来解释运动物体偏离轨道的原因.在这篇论文中,他证明了均匀球体吸引球外每个物体,吸引力都与球的质量成正比,与它们球心间距离的平方成反比,提出可以将均匀球体的质量集中在球心的设想与引力是相互的这一观念.至此,万有引力定律的得出又迈出了关键的一步.

牛顿是如何将引力思想推广到一切物体的呢?牛顿用这样一幅图展示了他的思考,如图1-1-1所示.“由于向心力,行星会保持在某一轨道,如果我们考虑抛体运动,这一点就很容易理解:一块石头被水平抛出,由于自身重量,被迫离开直线路径,如果单有初始抛掷,理应按直线运

动,而这时却在空中描出了曲线,最终落在地面;抛掷的速度越大,它在落地前运动得越远.于是我们可以假设当速度增到足够大,在落地前描出1 km,2 km,5 km,10 km,

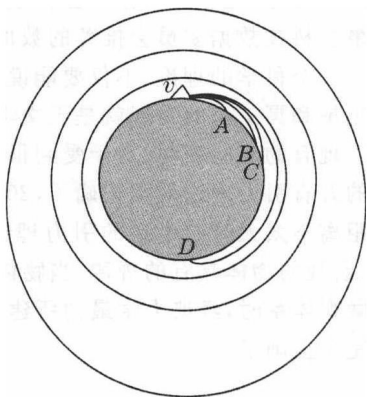


图 1-1-1 牛顿的抛体运动图

100 km, 1 000 km 长的弧线, 直到最后超出了地球的限度, 进入空间永不触及地球。”牛顿的这一实验思想已经将“石头”和天上的“月亮”等价了, 天体间的引力与物体受到的重力并没有区别!

有人说, 牛顿因为苹果砸到了他的脑袋, 想到月亮为什么不掉下来, 于是悟出了万有引力定律。其实, 牛顿思考过“月亮就是像苹果正不断往下掉”的问题。如图 1-1-2 所示, 月亮在点 A 的速度沿 AB 方向, 若不受地球的引力, 由于惯性它会沿 AB 飞离。正是由于地球的吸引, 月亮最终会落在 B 的正下方 B'。由于 $OA=OB'$, 月亮的曲线运动与地球表面的弯曲程度相同, 因此月亮永远不会掉落到地面。牛顿至此大彻大悟: “天体间的引力”与“地球对地表物体的引力”是同一种力。

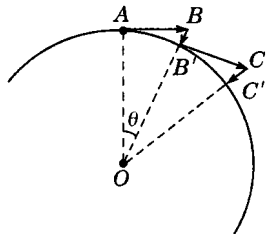


图 1-1-2

在 1665 年到 1685 年的 20 年的岁月里, 牛顿将引力思想不断扩展, 最终他认为: 宇宙间的万物彼此均有引力作用, 故曰“万有引力”。万有引力定律: 任何两个物体间都存在相互作用的引力, 力的方向沿两个物体的连线, 力的大小与两物体质量的乘积成正比, 与它们之间距离的平方成反比, 即

$$F=G \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

牛顿终于领悟了万有引力的真谛, 把地面上的力学和天上的力学和谐地统一在一起, 形成了以三大运动定律为基础的力学体系。这是物理学史上第一次伟大的综合, 也是人类认识史上一次巨大的飞跃。

100 多年后的 1798 年, 英国的科学家卡文迪许用扭秤实验第一个精确测定了引力常量 G 的数值, 这个实验是“最美丽的十大实验”之一。当时的测量数据为 $G=6.754 \times 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$ 。有了常量 G , 就可以方便地计算出地球的质量, 卡文迪许是第一个“称”出地球质量的人, 他为星体质量的确定开辟了新的通道。1986 年, 国际科学联盟理事会科技数据委员会推荐的数值为 $G=6.672\,59(85) \times 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$ 。

一个科学的理论, 不仅要能说明已知的事实, 而且要能预言当时还不知道的事实。海王星和冥王星的发现就是天文学上应用万有引力定律而取得的辉煌成就之一。

现有的实验表明, 对于受到很强的引力作用的物体以及在很大距离的情形下, 牛顿的万有引力理论就不正确了, 20 世纪建立的广义相对论的引力理论在引力不太强和距离不太大时与牛顿的引力理论相一致。牛顿的经典力学能正确描述的是低速运动、宏观的物体具有的规律。当物体的速率接近光速(高速运动的物体), 或研究的对象是微观体系时, 经典力学最初所建立的质量、运动轨道、绝对空间、绝对时间等概念就不完全正确了。

二、热学史话

热学起源于人们最初对冷热的感知, 17 和 18 世纪时测温技术有了发展, 热学进入了实验研究、精确探索的阶段。19 世纪中叶到 19 世纪 70 年代末, 热功相当原理奠定了热力学第一定律的基础, 它和卡诺理论结合导致了热力学第二定律的形成。热功相