五年制高等职业教育通用教材

# 技术物理

上　册

段超英　牛金生　主编
张玉华　董芸芸　编
段超英　牛金生
郝　超　主审

高等教育出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

策划编辑　邵　勇
责任编辑　杨树东
封面设计　于文燕
责任绘图　郝　林
版式设计　王艳红
责任校对　胡晓琪
责任印制

## 内容提要

本教材根据五年制高职六门公共课程基本要求的精神编写。全书分上、下两册,精选力学、热学、电磁学、光学、原子和原子核物理学的基本概念和规律,突出了物理在技术上的应用,如能源技术、静电技术、磁技术、核技术等。“物理学与高新技术”单列一章,强调了物理与现代高新技术的联系,有利于学生综合素质的形成和科学思维方法的培养。

本书内容充分考虑了高职教育与中职教育的有机结合,以基础知识为主,又有适当的提高。浅显易懂,适合学生的年龄、心理特点和认识水平,具有职业教育特色。内容覆盖面广,可供五年制高等职业教育各专业选用。去掉加“*”号的内容,也可以作为中职教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

技术物理. 上册 段超英,牛金生主编. —北京:高等教育出版社,2003.7
ISBN 7-04-012860-8

Ⅰ.技... Ⅱ.①段...②牛... Ⅲ.工程物理学-高等学校:技术学校-教材 Ⅳ.TB13

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第043820号

| | | | |
|---|---|---|---|
| 出版发行 | 高等教育出版社 | 购书热线 | 010-64054588 |
| 社　　址 | 北京市西城区德外大街4号 | 免费咨询 | 800-810-0598 |
| 邮政编码 | 100011 | 网　　址 | http://www.hep.edu.cn |
| 总　　机 | 010-82028899 | | http://www.hep.com.cn |
| 经　　销 | 新华书店北京发行所 | | |
| 排　　版 | 高等教育出版社照排中心 | | |
| 印　　刷 | | | |
| 开　　本 | 787×1092　1/16 | 版　　次 | 年　月第　版 |
| 印　　张 | 14.25 | 印　　次 | 年　月第　次印刷 |
| 字　　数 | 340 000 | 定　　价 | 18.20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

# 前　言

本书根据教育部高等教育司《关于加强五年制高等职业教育管理工作的通知》精神和全国五年制高职教育公共课开发指导委员会《技术物理基础课程基本要求》编写。在编写中,努力贯彻全面推进素质教育、培养有实践能力、创业能力和创新精神的高等技术应用性专门人才的思想。

遵循"知识、素质与能力的有机结合"、"基础性与应用性的有机结合"、"物理与工程的适当结合"的原则,我们在内容选择、编排和编写上作了一些改革。适当增加了与技术应用联系密切的内容,强调了物理基础知识在技术上的应用,如能源技术、静电技术、磁技术、核技术等。"物理学与高新技术"单列一章,希望通过这一章的学习使学生认识物理与现代高新技术的联系,并了解相关的现代科技知识。考虑到原子结构与发光机制的联系,把原子物理的有关内容放在"光的本性"一章。为了降低难度,对基本概念和规律的引入,尽量避免复杂的推导。精简了一些偏难的传统内容,如相对折射率、平均结合能等。本书增加了一些数表,如长度、速度、能量、电场、磁场等,目的是开阔学生的眼界,并不要求学生记忆。全书突出了能量的思想,增加了波的能量、电场能量、磁场能量等,强调了能量的转换和利用。"物理学家"和"阅读材料"等栏目的设置,有的是对教材内容的适当加宽和加深,有的是为了培养学生的能力和物理精神。

本教材分上、下两册,上册包括力学、热学,下册包括电磁学、光学和原子核物理基础。考虑到五年制高职教育的特点和各专业的不同要求,按照统筹考虑高等教育课程和中等教育课程的要求,我们把高出中职物理教学大纲的内容加上了"*"号,供各有关学校、专业选用。《技术物理实验与实践训练》与本教材配套。

通过技术物理课程的学习,应使学生具有必备的物理基础知识,了解科学技术的发展与物理学的相互联系,学会观察物理现象,培养学生运用物理知识分析、解决实际问题的能力,掌握基本的实验技能,提高动手能力。通过学习,逐步形成科学的世界观和严谨的工作作风。在这方面做一些贡献,是本教材编者的愿望。

全书使用国际单位制,物理学所用名词符合全国自然科学名词审定委员会公布的《物理学名词》。

本教材由张玉华(第 1、2 章)、董芸芸(第 3、4 章)、段超英(第 5、6、15、16 章、绪论和附录)、牛金生(第 7、8 章)、李杰(第 9、10 章)、王文治(第 11、12 章)、邵世敏(第 13、14 章)编写。段超英、牛金生任上册主编,郝超任上册主审;段超英、李杰任下册主编,王雄任下册主审;全书由段超英统稿。

编写本书时,参考了许多文献资料,在此对有关资料的编著者表示深切的谢意。

欢迎职教物理教师、学生和其他有关专家、读者提出宝贵意见。

编者

2003 年 3 月

# 目　　录


绪论 …… 1
第 1 章　质点的运动 …… 6
1 - 1　质点　位移　速度 …… 6
习题 1 - 1 …… 10
1 - 2　变速直线运动　加速度 …… 11
习题 1 - 2 …… 12
1 - 3　匀变速直线运动的规律 …… 13
[阅读材料]测速雷达 …… 16
习题 1 - 3 …… 17
1 - 4　自由落体运动 …… 17
[物理学家]伽利略 …… 21
习题 1 - 4 …… 22
1 - 5　运动叠加原理　抛体运动 …… 22
习题 1 - 5 …… 28
* 1 - 6　用微积分解决质点运动问题 …… 29
小结 …… 31
自我检测题 1 …… 33
第 2 章　牛顿运动定律 …… 34
2 - 1　力 …… 34
[阅读材料]摩擦的应用和防止 …… 39
习题 2 - 1 …… 40
2 - 2　惯性　作用力和反作用力 …… 40
习题 2 - 2 …… 42
2 - 3　力的合成和分解 …… 43
习题 2 - 3 …… 46
2 - 4　物体受力分析 …… 47
习题 2 - 4 …… 49
2 - 5　牛顿第二定律 …… 50
[物理学家]牛顿 …… 52
习题 2 - 5 …… 53
2 - 6　牛顿运动定律的应用 …… 53
习题 2 - 6 …… 55
2 - 7　牛顿力学的适用范围　狭义相对论简介 …… 56
[阅读材料]丫髻沙大桥 …… 57
小结 …… 58
自我检测题 2 …… 59
第 3 章　功和能 …… 61
3 - 1　功和功率 …… 61
习题 3 - 1 …… 65
3 - 2　动能　动能定理 …… 65
习题 3 - 2 …… 67
3 - 3　势能 …… 67
习题 3 - 3 …… 70
3 - 4　机械能守恒定律 …… 71
习题 3 - 4 …… 73
* 3 - 5　用微积分解决功、能问题 …… 73
[阅读材料]三峡工程 …… 76
小结 …… 77
自我检测题 3 …… 78
第 4 章　动量守恒定律 …… 80
4 - 1　动量和冲量 …… 81
习题 4 - 1 …… 84
4 - 2　动量守恒定律 …… 85
习题 4 - 2 …… 86
4 - 3　火箭飞行原理 …… 86
[阅读材料]火箭技术 …… 88
* 4 - 4　碰撞 …… 89
[阅读材料]中子的发现 …… 92
* 4 - 5　力和动量 …… 93
小结 …… 95
自我检测题 4 …… 96
第 5 章　圆周运动　转动 …… 99
5 - 1　质点的匀速圆周运动 …… 99
习题 5 - 1 …… 103
* 5 - 2　质点的匀变速圆周运动 …… 104


需要全本请访问 www.ertongbook.com

习题 5 - 2 …… 106
5 - 3　天体的运动　人造地球卫星 …… 106
[阅读材料]潮汐 …… 110
习题 5 - 3 …… 112
5 - 4　力矩　力矩的平衡 …… 113
习题 5 - 4 …… 115
* 5 - 5　工程机械中的定轴转动 …… 115
习题 5 - 5 …… 118
* 5 - 6　角动量守恒定律 …… 119
习题 5 - 6 …… 122
小结 …… 122
自我检测题 5 …… 124
第 6 章　机械振动和机械波 …… 126
6 - 1　简谐运动 …… 126
习题 6 - 1 …… 131
6 - 2　单摆　* 扭摆 …… 131
习题 6 - 2 …… 134
6 - 3　工程实际中的振动 …… 134
习题 6 - 3 …… 137
6 - 4　机械波 …… 138
习题 6 - 4 …… 141
6 - 5　波的特性 …… 141
习题 6 - 5 …… 143
6 - 6　声波 …… 144
[阅读材料]超声波和次声波 …… 148
[阅读材料]噪声的危害与控制 …… 149
习题 6 - 6 …… 151
小结 …… 151
自我检测题 6 …… 153
第 7 章　物态变化　理想气体 …… 155
7 - 1　分子热运动 …… 155
习题 7 - 1 …… 159
7 - 2　物态变化及应用 …… 159
[阅读材料]物质的第四态——等离子体 … 163
习题 7 - 2 …… 164
7 - 3　气体的状态参量 …… 164
[物理学家]开尔文 …… 168
习题 7 - 3 …… 169
7 - 4　理想气体状态方程 …… 170
[阅读材料]温度面面观 …… 172
习题 7 - 4 …… 173
7 - 5　饱和蒸气　空气的湿度 …… 174
习题 7 - 5 …… 177
小结 …… 177
自我检测题 7 …… 179
第 8 章　热力学基础 …… 181
8 - 1　物体的热力学能 …… 181
习题 8 - 1 …… 183
8 - 2　热力学第一定律 …… 184
[阅读材料]能量守恒定律的发现 …… 186
习题 8 - 2 …… 187
* 8 - 3　热力学第二定律 …… 187
[阅读材料]宇宙模型 …… 189
习题 8 - 3 …… 190
* 8 - 4　能源技术简介 …… 190
小结 …… 192
自我检测题 8 …… 193
附录 A …… 196
A - 1　国际单位制和法定计量单位 …… 196
A - 2　基本物理常量 …… 202
A - 3　天文常数 …… 203
A - 4　矢量的运算 …… 203
A - 5　微分和积分 …… 205
A - 6　物理学词汇(上册) …… 207
A - 7　习题参考答案(上册) …… 215

# 绪　　论

## 物理学的研究对象

物理学的研究对象,大到宇宙、天体,小到电子、夸克,上下横跨了几十个数量级。图 0 - 1 标出了这一系列物质的空间尺度。蟒蛇吞住自己的尾巴,形象地说明最大的宇宙和最小的粒子之间客观存在的必然联系。

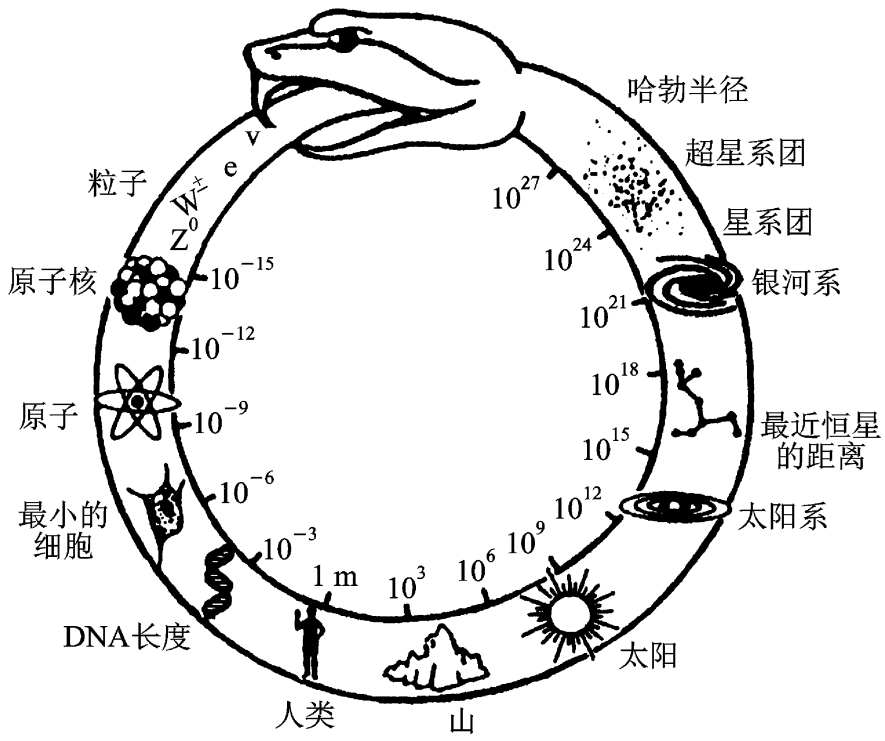



图 0 - 1　物理学大蟒

按照研究对象的不同,物理学可分为力学、热学、电磁学、光学和研究微观粒子的原子物理学、原子核物理学、粒子物理学等。

力学的研究对象是机械运动。我们从教室到操场,火车从北京到哈尔滨,都是在做机械运动。人或物体怎么运动,怎样使之运动,就是力学要解决的问题。牛顿运动定律和万有引力定律是经典力学的基础。能量和动量有特别重要的意义,一个孤立系统的总能量和总动量守恒的规律,不但在力学中,而且在物理学中,在整个自然界,都是正确的。

与温度有关的现象称为热现象,它是热学的研究对象。利用火使人类脱离了蒙昧,蒸汽机等热机的使用则把世界带进了工业化社会。热力学第一定律研究机械能和热力学能的相互转换,反映了包括热现象在内的能量守恒关系,是热学最重要的定律之一。

现在家用电器已相当普及,但许多人仍认为电磁学是不可捉摸的深奥学问。物质都是由原

子组成的,原子内部的电结构是所有电磁现象的根源。认真研究一下,就可以发现我们周围存在着各种各样的电磁现象。我们熟悉的各种家用电器,它们的工作原理都可以在电磁学及力学、热学和光学规律中找到。历史上对电磁现象的研究,通过发电机和电动机,实现了机械能和电磁能的互相转换,大大推动了技术进步,提高了社会生产力。

光学研究光的发射、反射、折射、衍射等传播规律,研究光的能量和光的本质。几何光学的核心是光的折射定律。光对于人是与生俱来的现象,通常很少有人问‘光是什么?”物理光学将回答这个问题,让我们认识光的本性。

探求物质最基本的结构,一直是物理学的重要内容。从原子物理学、原子核物理学到粒子物理学,记载了人们的探索历程。原子核能的发现和利用,是 20 世纪最伟大的成就之一。

物理学研究什么?物理学是研究物质基本的运动形式,研究物质的基本结构,研究能量在不同运动形式之间的转换,在不同物体之间的转移。

## 物理学同其他自然科学及技术的关系

物质的各种存在形式和运动形式之间普遍存在着联系。这种联系使得自然科学各学科之间相互渗透。物理学和其他学科的相互渗透,产生了化学物理、生物物理、大气物理、海洋物理、地球物理、天体物理等一系列交叉学科。宇宙的演化与粒子物理之间的密切关系鲜明地表示了这一相互渗透过程。物理学的基本概念、基本理论、实验手段和测试方法,已成为其他许多学科,如天文学、化学、生物学、地球科学、医学和农业科学等的重要组成部分。同时,物理学的发展离不开数学,反过来物理学也促进了数学的发展。

物理学的发展导致技术的重大进步,例如,对热力学的研究,大大提高了蒸汽机的功率和效率,导致第一次工业革命;对电磁学的研究,产生发电机、电动机,使电得到普遍应用,导致第二次工业革命;对原子、原子核结构的研究,导致了核能的发现和应用;对半导体、激光、超导等技术的研究,都大大促进了生产力的发展,推动了社会进步。反过来,发展技术和生产力的要求也有力地推动物理学研究的发展。例如,固体物理、原子核物理、等离子体物理、激光研究、现代声学等的迅速发展,是和技术及生产力的发展要求分不开的。物理学研究的突破导致技术革新的周期正在缩短,在 19 世纪需要几十年,而现在可能只需要几年。

现代物理学的研究需要尖端技术(包括尖端计算技术),否则实验研究就不能达到应有的深度,新的研究领域就无法开拓,理论物理的研究就无法深入。反过来,物理学又会为尖端的实验技术和计算技术的出现、提高,提供原理、理论、设计制造方面的有力支持。理论和实践,物理学理论和尖端技术之间的联系日益密切,它们互相促进,协同发展。

物理学是自然科学的基础,也是推动技术进步的带头基础学科。把物理学看成是纯粹的抽象理论的观点是错误的,把物理学与技术割裂开来,孤立地讲解、学习物理学理论的方法也是错误的。在教学过程中,应充分体现物理学和技术、尖端技术的本质的密切的联系。

# 现代物理前沿

现代物理学的发展,已经从传统的力学、热学、光学、电磁学等学科深入到宇宙学、生命科学、能源科学、粒子物理以及自然界复杂性的研究等,研究的内容越来越深刻,和当代高新技术革命的联系越来越紧密。以下简要介绍物理学前沿研究,主要是天体物理、粒子物理和生物物理的一些情况。

现代宇宙学认为,宇宙还在膨胀。星系的退行即为其证明,而且距离越远,退行速度越大。关于宇宙的形成,目前为大多数天文学家所接受的大爆炸宇宙模型的基本观点是:迄今我们所观测到的宇宙,起源于一次爆炸。宇宙的初期温度极高、密度极大、体积极小。由于爆炸,物质四散飞出,空间不断膨胀,温度逐步下降。后来出现的星系、恒星、行星、生命都是在这种不断膨胀、冷却的过程中产生的。用这一模型较好地解释了宇宙中的氢氦丰度、3 K 宇宙微波背景辐射、星系退行等现象。据估计,宇宙的年龄在 200 亿年以内。

关于恒星的最终归宿,已经发现了白矮星和中子星,正在寻找黑洞存在的证据。

目前,世界上最大的望远镜直径为 6 m,最大的射电望远镜直径为 305 m。现在观测宇宙的尺度为 150 亿光年,宇宙中像银河系这样的星系超过 $10^{10}$ 个。

在粒子物理研究方面,已经深入到中子、质子内部,找到了更深层次的粒子,发现了迄今为止所预言的全部六种夸克。强相互作用把夸克结合成中子、质子。传递强相互作用的胶子的存在已有充分的实验证据,但由于夸克之间结合力相当大,至今也没有观察到自由状态的夸克和胶子。目前可以说组成物质的最小微粒是电子和夸克。

在发现了一系列反粒子的基础上,又制造出了反物质——反氢原子。对反物质、暗物质的研究将深入进行。

探索微观世界的奥秘,需要各种高能加速器和高分辨率的显微镜。美国的直线加速器长 3 km,可把电子加速到 20 GeV(吉电子伏,1 GeV = $10^9$ eV)。费米实验室的质子同步加速器,直径为 2 km,最大能量可望达到 1 000 GeV。西欧核子研究中心的正负电子对撞机,周长 27 km,能量为 100 GeV;质子 - 反质子对撞机的能量为 540 GeV;计划建造的质子 - 反质子对撞机的能量为 16 TeV(太电子伏,1 TeV = $10^{12}$ eV)。

光学显微镜分辨本领可达 $10^{-4}$ mm,能使人们看到细胞、细菌和其他微生物。电子显微镜的放大率可达数万倍以上,能够"看"到分子、原子。我国 1977 年制成了放大 80 万倍,分辨本领为 0.14 nm 的大型电子显微镜。近年来出现的扫描隧道显微镜和原子力显微镜,已使人们能够操纵原子,其分辨本领横向为 0.1 nm,纵向可达 0.01 nm。

生物工程近年来取得很大进展。基因工程已经实现了将生物的遗传物质(主要是 DNA 分子)在其体外进行重组,再转入活体内繁殖,从而改变其遗传特性。这是基因操作技术。细胞工程则是利用细胞操作技术,把一种生物细胞中携带着全套遗传信息的基因组或染色体整个转入另一种生物体,而改变其遗传特性。生物工程的各种克隆产品相继问世,从克隆植物到克隆羊、克隆牛。人类基因组计划正在实施,它可以对人进行疾病预告。按人的愿望设计、构造新型蛋白质的蛋白质工程,利用生物技术开发海洋生物资源的海洋生物工程、生物传感器及生物计算机都

在研究之中。在这些方面,物理学(量子力学、热力学及原子分子物理学等)为生命科学提供了理论和方法,提供了现代化的实验手段,如 X 射线、CT 技术、核磁共振以及前述可操纵原子的扫描隧道显微镜等。

其他如激光技术、超导技术、信息技术、能源技术、材料技术、核技术、火箭技术和航天技术等,都取得了许多重大成就,有的正面临重大突破,这些内容在本书中都有介绍。

## 物理量与计量单位

物理量及其相互关系的规律是物理学研究的重要内容。这些规律又都表现在定理、定律和公式中。物理量有大小,是可以计量的,而要计量,就必须有统一的单位系统。按照有关国际组织和我国政府的规定,本书采用国际单位制,使用国际单位制单位。所有的公式,均用国际单位制中的各物理量的主单位(SI 单位[①])进行计量。例如,公式 $P = Fv$,功率 P 的单位为 W,而不是其倍数单位 kW;力 F 的单体用 N,而不是 kN;速度 v 的单位用 m s,而不是 cm s 或 km s。当然,这并不妨碍得到计算结果以后再换算为某些其他单位。

在国际单位制之外,我国政府还选取了 16 个单位,允许它们与国际单位制并用。这些单位为工程技术和科学研究所需要,并且都很实用,大部分是有关国际组织推荐的。它们和国际单位制一起,称为“法定计量单位”。法定计量单位以外的单位,应当废除。关于国际单位制、法定计量单位的有关内容,列于本书附录中。

## 物理学的学习方法

物理学是一门实验科学,它所阐述的物理规律,都是从大量物理现象中抽象概括出来的。要掌握这些规律,必须细心观察演示实验和物理现象,认真进行物理实验,注意不同条件下研究对象各种运动状态的变化,通过分析研究,找出规律性的东西来。

物理概念和定理、定律等,是物理现象和规律的科学总结,必须掌握好。研究物理现象时,要注意有关概念的含义和特征,通过观察、实验、推理,找出物理现象的本质规律及有关物理量之间的联系。在学习概念、定理、定律的过程中,不断培养和提高自己的分析、推理、抽象及概括能力。对定理、定律、公式,要灵活运用,切忌死记硬背。

用物理规律解决实际问题,常需要对物理量之间的关系进行分析运用公式进行计算。这就要求掌握好数学知识,有熟练的计算技能,并把它应用到物理问题上来。由于所给物理公式都使用 SI 单位,所以计算时要注意把各个物理量单位(包括 SI 单位的倍数、分数单位和 SI 以外的单位)换算成 SI 单位。这样,最后求出的物理量的单位也必然是 SI 单位。

物理学来自实践,学习物理也要注意理论联系实际。例题和习题一般都联系了实际问题,要学好例题、做好习题。教材上列举了许多物理知识应用于实际的例子,要联系课文认真思考和分

① 关于 SI 单位,详见附录 A - 1。

析。在学习和工作中,要注意观察周围的物理现象,运用物理知识去分析、去解释。其他课程也有许多与物理相关、相近、相通的内容,学习时应充分考虑这种联系,弄清它所遵循的规律,灵活运用。要不断提高自己分析问题、解决问题的能力。

学无定法。每个同学都应当找到一种适合自己的学习方法,提高自己的学习技能和学习效率。无论采用什么方法,只要能达到掌握知识、培养能力和提高素质的目的,就不失为一种好的学习方法。

## 学好物理,培养能力,提高综合素质

物理学中包含有丰富的辩证唯物主义,它为马克思主义哲学理论提供了大量根据。中国的劳动人民和物理学家,对物理学的理论和实践做出了许多贡献。要结合物理课的学习,提高辩证唯物主义思想水平,加强爱国主义教育,学习科学家坚持真理、崇尚科学、埋头苦干、刻苦钻研的优良品质,学习他们献身科学的崇高精神。

物理学的理论、实验、研究方法,是许多学科如理论力学、电工学、电子技术等的基础。学好了物理学,也就为这些课程的学习做了充分的准备。但是,仅把物理学当作一些专业课基础的想法是片面的。物理学本身就包含许多实用技术,生产、生活中到处都有物理现象,关键在于你是否留心,能不能把课本上的物理知识运用到实际中去。

物理学包含了许多现代高新科学技术内容。它的研究对象决定了物理学总是处在科技前沿,总要不断地研究、产生、采用尖端技术。所以,只有学好物理学,才能跟上时代发展的步伐。

当代的科技人才和现代化的建设者,应当具有全面的科学文化素质,而物理学就是其中的一部分。不能设想,一个当代知识青年(无论他将来从事什么工作),不掌握相应的物理知识,却成为高素质的现代化建设者。

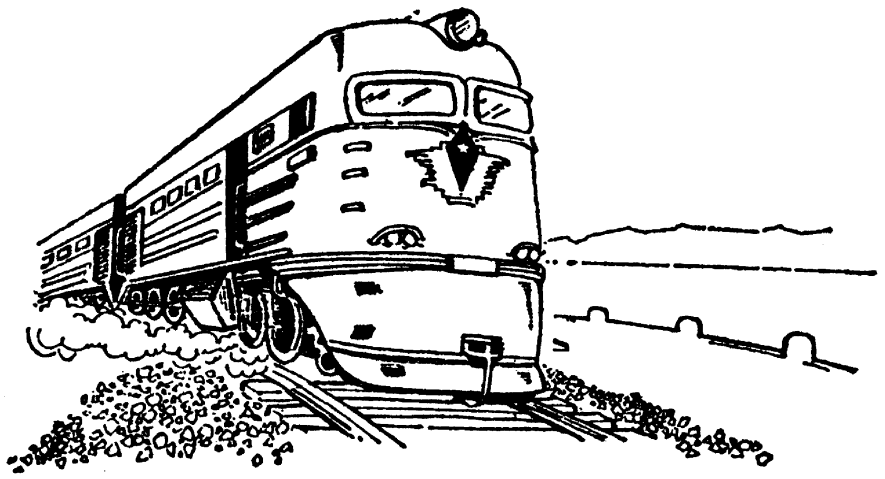
学好包括物理课在内的自然科学、社会科学知识,是科学技术发展的需要,是培养全面发展的高素质人才的需要,是建设高度发达的社会主义现代化强国的需要。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

# 第 1 章　质点的运动

日月星辰,天地万物,它们的位置在时刻不停地发生着变化。我们把物体位置的这种变化,称为机械运动,机械运动常简称运动,它是自然界最基本、最普遍的运动形式之一。在物理学中,研究机械运动规律的学科称为力学。力学包括运动学、动力学和静力学。运动学研究物体的运动规律,动力学研究物体在力的作用下如何运动,静力学则研究在力的作用下物体如何保持静止。

本章研究运动的描述、几种简单的运动形式及运动的基本概念和基本规律。这些知识在生产实践和科学研究中有广泛应用,如设计各种机器、控制交通工具的速度、研究天体运动、计算人造卫星的轨道等都离不开这些运动学知识。



奔驰的火车

## 1-1　质点　位移　速度

夜里乘火车、轮船时,人们往往难以判断车船是否在行驶,白天却少有这种困难。这是为什么呢?甲乙两个运动员沿 400 米环形跑道从同一起点分别跑了 100 米和 300 米,你知道他们谁离起点更近一些吗?学习本节内容可以帮助我们解决类似上述的一些问题。

参考系　在描述物体的运动时,选来作标准的另一个物体称为参考系。例如,火车中坐着的乘客认为自己是静止的,这是以车厢作参考系来说的;他又认为自己是运动的,这是以地面静止的物体作参考系来说的。从车厢中乘客的运动可看出:选择不同的参考系来观察同一个物体运动,观察结果往往会不同。

如无特殊说明,本书均选取地面或相对地面静止的物体为参考系。

质点　物体都有一定的大小和形状。在研究物体运动时,有些情况下,它们的大小和形状可

以忽略,把物体看作是一个带有物体全部质量的点,这样就可使问题变得简单起来。这个用来代替物体的有质量的点称为质点。

机械运动有两种基本的运动形式:平动和转动。平动(图 1 - 1)时,物体上各点运动情况完全相同,可以用一个点的运动代表整个物体的运动。因而可把物体视为质点。判断平动的方法是:在物体上任取两点作一直线,若物体运动过程中该直线始终与原来的位置平行,则物体的运动是平动。

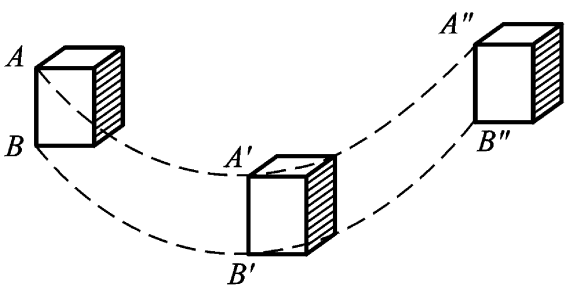


图 1 - 1　平动

一般来说,物体本身的线度(长度或直径)远小于物体运动的路程时,物体也可以被看作质点。例如,一列火车从北京开往上海,在研究火车在这一过程中的运动时,由于火车的长度与北京到上海的距离相比小得多,这列火车就可看作质点;当我们讨论地球公转时,由于地球的直径(约 1.3×$10^{7}$ m)比地球和太阳之间的距离(1.5×$10^{11}$ m)小得多,所以地球也可看作质点。同样是地球,当我们研究地球自转时,由于地球的大小不能忽略,当然就不能把它看作质点了。

表 1 - 1 中给出了一些长度的实际例子。

表1 - 1　长 度 实 例

| 距　　离 | 长度 l m |
|---|---|
| 目前可观察到的宇宙的半径 | 约 1×$10^{26}$ |
| 我们的银河系的直径 | 7.6×$10^{20}$ |
| 地球到最近的恒星(半人马座比邻星) | 4.0×$10^{16}$ |
| 光在一年内走的距离(1 l.y.) | 0.95×$10^{16}$ |
| 地球到太阳 | 1.5×$10^{11}$ |
| 地球的半径 | 6.4×$10^{6}$ |
| 珠穆朗玛峰的高度 | 8.9×$10^{3}$ |
| 人的身高 | 约 1.7 |
| 无线电广播电磁波波长 | 约 3×$10^{2}$ |
| 说话声波波长 | 约 4×$10^{-1}$ |
| 人的红血球直径 | 7.5×$10^{-6}$ |
| 可见光波波长 | 约 6×$10^{-7}$ |
| 原子半径 | 约 1×$10^{-10}$ |
| 质子半径 | 1×$10^{-15}$ |

路程和位移　路程是运动物体所经路径的长度,只有大小而没有方向。位移是物体运动的起点指向终点的有向线段,既有大小又有方向,其大小为运动起点到终点的距离,方向由起点指向终点。位移是表示质点位置变化的物理量。例如由北京去上海,可以选择不同的交通路线,走过的路程可能不同,但是发生的位移是确定的,都是从北京指向东南方向 1 080 km 处的上海,如图 1 - 2 所示。无论路程如何,从北京到上海的位置变动相同,即位移相同。

引入位移的概念,是强调运动的结果,而不考虑过程。位移的大小与路程一般是有区别的。

物体在做曲线运动时,位移的大小与路程不相等。只有当物体做方向不变的单向直线运动时,位移的大小才和路程相等。

在 SI 中,路程和位移的单位都是米,符号是 m。

在物理学中,我们通常把物理量分成两类:矢量和标量。矢量既有大小又有方向,如力、速度、位移等;而标量只有大小没有方向,如质量、长度,时间等。研究矢量时,即要说明大小也要说明其方向。在作图时,矢量可用有向线段来表示。如图 1 - 3,有向线段的长度 AB 表示它的大小,箭头表示方向,由 A 指向 B。

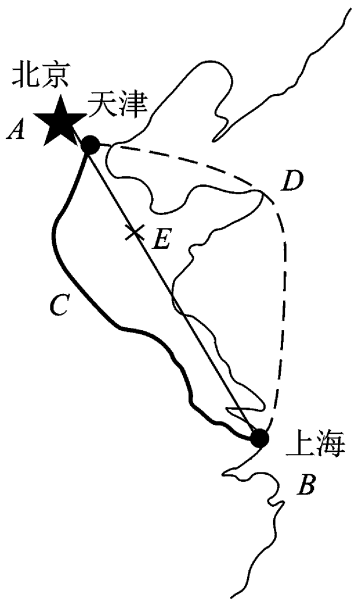



图 1 - 2　路程和位移

矢量的运算必须符合平行四边形定则(见 2 - 3 节),标量则可以用代数的方法直接相加或相减。

时间和时刻　时刻与物体运动的某一位置相对应;而时间则与物体运动的位移或路程相对应。例如,K97 次快速列车于 9 时 11 分由北京出发,运动 27 小时 59 分,于次日 13 时 10 分到达香港。这里的“9 时 11 分”和“13 时 10 分”就是时刻;而“27 小时 59 分”则是时间。

在表示时间的数轴上,时刻用点 $t_1$、$t_2$ 表示,时间用线段 $t_2 - t_1$ 表示,如图 1 - 4 所示。




图 1 - 3　矢量的表示

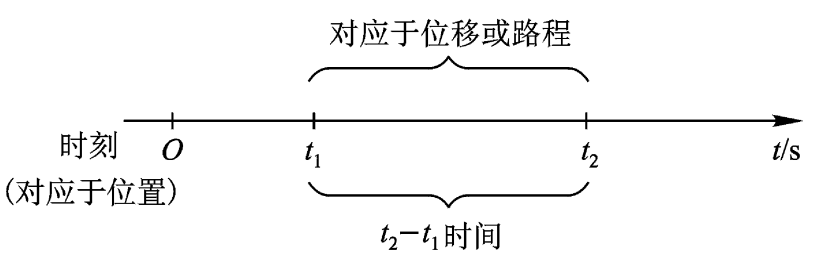



图 1 - 4　时间与时刻在数轴上的表示

在 SI 中,时间的单位是秒,符号是 s。常用时间单位还有小时(h),分(min)等,1 h = 3 600 s,1 min = 60 s。

时刻和时间的概念对我们来说是很重要的,表 1 - 2 给出了一些时间的实际例子,请注意最长和最短时间的巨大差别。

表 1 - 2　时 间 实 例

| 过　　程 | 时间 t/s |
|---|---|
| 宇宙的年龄 | 约 $4\times10^{17}$ |
| 地球的年龄 | $1.2\times10^{17}$ |
| 万里长城的年龄 | $7\times10^{10}$ |
| 人的平均寿命 | $2.2\times10^{9}$ |
| 地球公转周期(1 年) | $3.2\times10^{7}$ |
| 地球自转周期(1 日) | $8.6\times10^{4}$ |
| 人的脉搏周期 | 约 0.9 |
| 说话声波的周期 | 约 $1\times10^{-3}$ |
| 无线电广播电磁波的周期 | 约 $1\times10^{-6}$ |
| 可见光波的周期 | 约 $2\times10^{-15}$ |
| 最短的粒子寿命 | 约 $10^{-25}$ |

平均速度和瞬时速度　众所周知,不同的运动快慢程度并不相同。为了说明物体运动的快慢,我们引入速度的概念。

在匀速直线运动中,速度等于位移 s 与发生这段位移所用时间 t 的比值,用 v 表示,公式为

$$v = \frac{s}{t} \tag{1-1}$$

速度的 SI 单位是米每秒,符号是 m/s。常用单位还有千米每小时(km/h),厘米每秒(cm/s)等。

$$1\ \text{km/h} = \frac{1\,000\ \text{m}}{3\,600\ \text{s}} = \frac{5}{18}\ \text{m/s} \quad 1\ \text{cm/s} = 10^{-2}\ \text{m/s}$$

速度是表示物体运动快慢的物理量。速度越大表示运动得越快;速度越小表示运动得越慢。

速度不但有大小,而且有方向,它是矢量。在匀速直线运动中,速度的大小和方向是恒定的。

在变速直线运动中,物体在相等的时间内位移不相等。我们将位移与发生此位移所用时间的比值称为平均速度,即

$$\bar{v} = \frac{s}{t} \tag{1-2}$$

$\bar{v}$是矢量,它的方向与位移方向相同。平均速度反映物体在一段时间内运动的平均快慢程度。在变速直线运动中,不同时间或不同位移内的平均速度一般是不相同的。求平均速度,必须指明是哪一段时间内或哪一段位移的平均速度。利用平均速度,可以求出质点在该段时间内的位移,即

$$s = \bar{v}t \tag{1-3}$$

使用这个公式时要特别注意,s 与$\bar{v}$必须是同一段时间 t 内的位移和平均速度。

运动物体经过某一时刻或某一位置时的速度,称为瞬时速度,通常简称速度。在直线运动中,瞬时速度的方向与物体经过某一位置时的运动方向相同,瞬时速度的大小叫瞬时速率,有时简称速率。

在实际技术上,我们通常用速度计来测瞬时速率。图 1-5 表示的是汽车的速度计。指针所指的数值,就是某时刻该汽车的瞬时速率。当你乘汽车时注意一下司机前面的速度计,你会发现,指针所指的数值随行驶的快慢而改变。

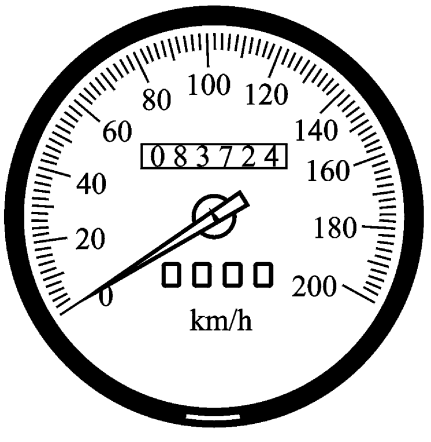



图 1-5　速度计

表 1-3 中给出了一些实际运动速率的数值。

表 1-3　某 些 速 率

| 运 动 形 式 | 速率 v (m·s$^{-1}$) |
|---|---|
| 光在真空中 | $3.0\times10^{8}$ |
| 北京正负电子对撞机中的电子 | $(99.999\,998\,\%)\times3.0\times10^{8}$ |
| 太阳在银河系中绕银河系中心的运动 | $3.0\times10^{5}$ |
| 地球公转 | $3.0\times10^{4}$ |
| 人造地球卫星 | $7.9\times10^{3}$ |

续表

| 运 动 形 式 | 速率 v (m·s$^{-1}$) |
|---|---|
| 现代歼击机 | 约 $9\times10^{2}$ |
| 步枪子弹离开枪口时 | 约 $7\times10^{2}$ |
| 赤道上的物体随地球自转 | $4.6\times10^{2}$ |
| 空气分子热运动(平均值) | $4.5\times10^{2}$ |
| 空气中声速(0 ℃) | $3.3\times10^{2}$ |
| 机动赛车(最大) | $1.0\times10^{2}$ |
| 猎豹(最快动物) | $2.8\times10$ |
| 人跑步(最快时) | $1.205\times10$ |
| 大陆板块移动 | 约 $10^{-9}$ |

[观察与思考]

## 闪电与雷鸣

闪电与雷鸣同时发生,为什么我们总是先见闪电而后闻雷声？光在空气中传播速度为 $3\times10^{8}$ m s,声音在空气中的传播速度约为 340 m s,假如闪电和雷鸣的时间差为 3 s,你能估算出雷电发生处距我们有多远吗？

## 习　题　1 - 1

1.“小小竹排江中游,巍巍群山两岸走”这两句话,各选择了怎样的参考系？

2. 下列哪些情况下,所研究的物体可以看作质点。

(1) 从地球上的控制中心观察宇宙飞船的运动;

(2) 用雷达跟踪的飞行物(飞机、导弹等);

(3) 火车通过桥面时;

(4) 手表上秒针的运动。

3. 中国运动员王军霞在 1996 年第 26 届奥运会上创造了女子长跑 5 000 m 的奥运会记录:14 min59.88 s。这个数据是时刻还是时间。

4. 出租汽车司机是按位移收费还是按路程收费。

5. 如图 1 - 6 所示,两根路灯杆 A、B 相距 40 m,假如你坐在汽车里,能否测算出汽车在这段位移内的平均速度？需要测量哪些数据？如何计算？

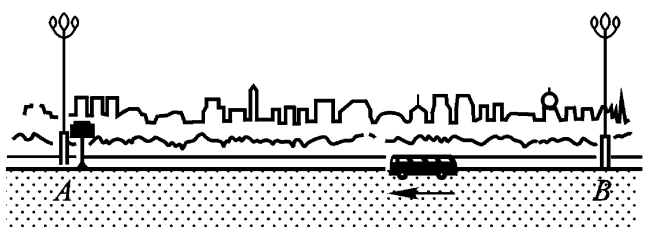



图 1 - 6　题 5 图

6. 夜空中最亮的天狼星,它发出的光到达地球要用 $2.5\times10^{8}$ s 的时间,光在真空中一年内传播的距离叫做 1 l.y.(光年),1 l.y. = $9.46\times10^{15}$ m。天狼星与地球的距离是多少光年？

# 1 - 2　变速直线运动　加速度

我们日常看到的直线运动,往往不是匀速直线运动。物体沿直线运动,如果在相等的时间内发生的位移不相等,这种运动就叫做变速直线运动。例如,飞机起飞时,速度越来越大,在相等时间内位移不相等,飞机在做变速直线运动。火车进站时速度越来越小,在相等时间内,位移不相等,火车也在做变速直线运动。火箭升空时就是做速度不断增大的变速直线运动。

在变速直线运动中,如果在相等时间内速度的改变也相等,这种运动就叫做匀变速直线运动。例如,一辆汽车做变速直线运动时,驾驶员注视速度计,记下间隔相等的各时刻的速度值:在时刻 0 s、5 s、10 s、15 s 时,速度值分别为 20 km h、30 km h、40 km h、50 km h。从数据中可以看出,汽车每隔 5 s,速度增加 10 km h,即在相等时间内,速度的改变量是相等的。这时汽车的运动就是匀变速直线运动。

在匀变速直线运动中,像上述汽车这样,速度随时间而均匀增加的直线运动称为匀加速直线运动;相反,速度随时间而均匀减小的直线运动称为匀减速直线运动。

我们常见的变速运动,有很多都可以当成匀变速直线运动来处理。例如:发射炮弹时炮弹在炮筒里的运动;火车、汽车等交通工具在开动后或停止前一段时间内的运动;石块从不太高的地方竖直下落的运动;石块被竖直向上抛出的运动等,都可以看作匀变速直线运动。

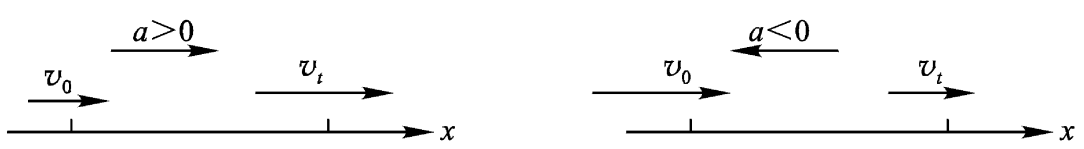
**加速度**　不同的变速运动,速度改变的快慢是不同的。例如,运动员推出铅球时,铅球的速度可以在 0.2 s 内由零增加到 17 m s,它平均每秒速度的改变值等于 85 m s;迫击炮发射炮弹时,在炮筒中炮弹的速度在 0.005 s 内就可以由零增加到 250 m s,平均每秒速度的改变量等于 $5\times10^4$ m s。炮弹在炮筒中的速度改变比铅球在运动员手中的速度的变化要快得多。为了描述速度改变的快慢,我们引入加速度这一概念。

加速度是表示速度改变快慢的物理量,它等于速度的改变量与发生这一改变所用时间的比值。用 $v_0$ 表示物体开始时刻的初速度,用 $v_t$ 表示经过一定时间 t 后的末速度,则速度的改变量为 $v_t - v_0$,用 a 表示加速度,那么

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} \tag{1-4}$$

在 SI 中,加速度的单位是米每二次方秒,符号是 $m\ s^2$。

加速度不但有大小,而且有方向,它也是矢量。如图 1 - 7 所示,若规定初速度的方向为正方向,物体做匀加速运动时,$v_t > v_0$,$a > 0$,加速度的方向与物体初速度方向相同;物体做匀减速运




(a) 匀加速直线运动　　(b) 匀减速直线运动

图 1 - 7　加速度的方向

需要全本请访问 www.ertongbook.com