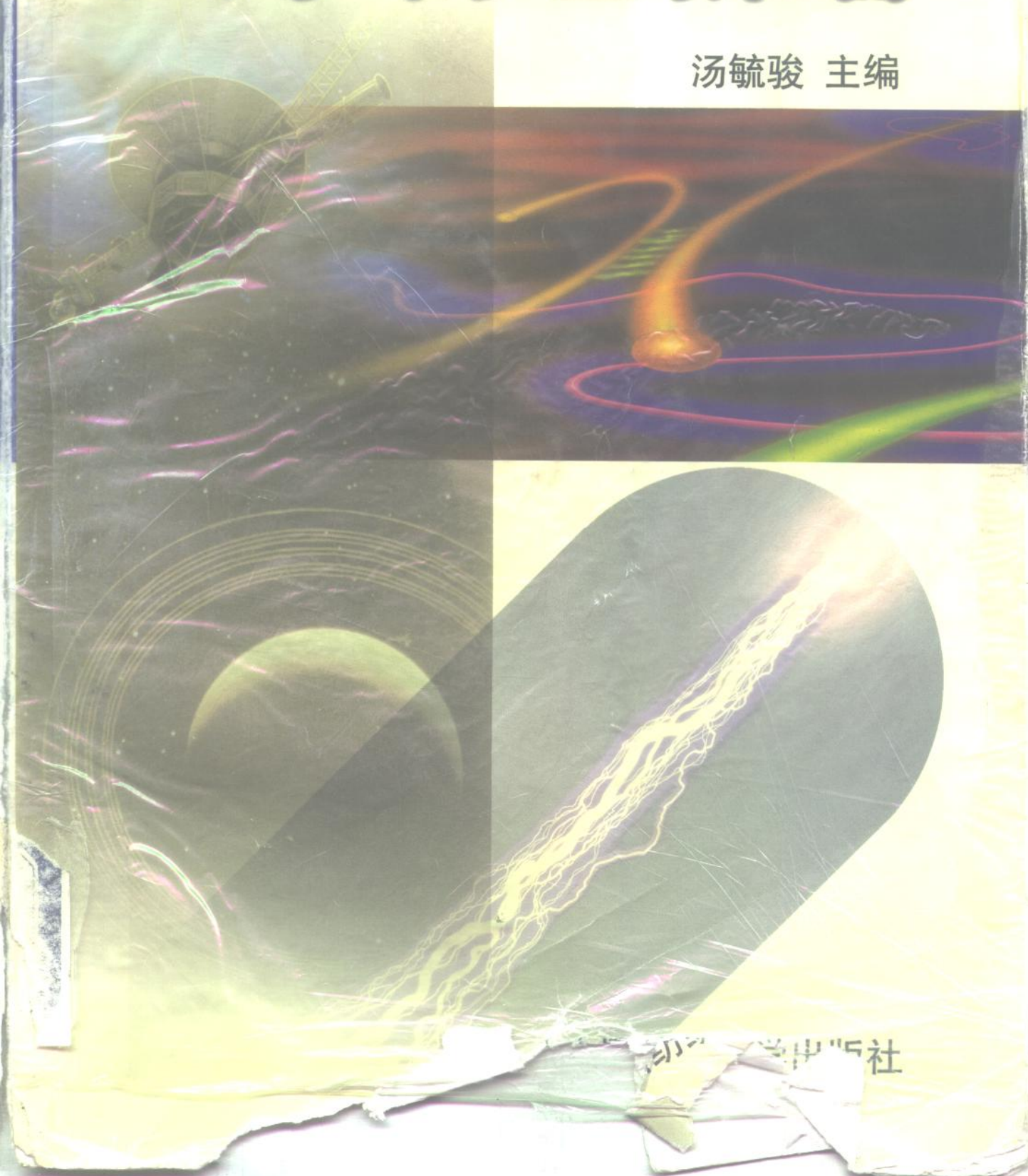


# 大学物理新编

汤毓骏 主编



高等教育出版社

# 大学物理新编

汤毓骏 主编

中国纺织大学出版社

## 内 容 提 要

本书根据《高等工科院校大学物理教学基本要求》，将大学物理课程体系重新调整。在多种物理运动形式中，突出了振动与波动，在多种物理量中，突出了能量与动量。并注意加强教材的科学性、近代性与应用性。全书共分四篇，第一篇为力学，落实在机械波的应用上；第二篇为电学，落实在波动光学的应用上；第三篇为热学，第四篇为近代物理，落实在物质波与近代物理的应用上。对物理学发展史、我国的物理成就以及物理在近代科技中的应用，都作了适当介绍，有助于科学素质的培养。

本书可供高等工科院校作大学物理教材作用，所需学时数为100~140学时。也可作为成人教育和函授教育的普通物理课程的教学参考书。

责任编辑 张漱泉

封面设计 卜允台

## 大 学 物 理 新 编

汤毓骏 主编

中国纺织大学出版社出版

(上海市延安西路1882号 邮政编码:200051)

新华书店上海发行所发行 上海天马印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:25.25 字数:61.3万

1997年8月第1版 1997年8月第1次印刷

印数:0001-3000

ISBN 7-81038-110-5/O·03

定价:35.00元

## 编者的话

物理学在自然科学中是最具有活力的带头学科,它是人类认识自然、改造自然、创造物质财富所不可或缺的左右手,在素质教育中有着极其重要的地位和作用。可是,由于种种原因,作为高等工科院校的一门重要课程,其教学现状是不能令人满意的。本书的编写就是为了改善这种状况。本书内容覆盖了全部高等工科院校大学物理的基本要求,在知识面和深度上都有所拓宽提高。为了把大学生引入物理学之门,这本新编普适性教材取上了《大学物理新编》的名称。

在本书的编写中,我们注意了两线三性。两线之一是以振动、波动为主线。物理运动形式是多种多样的,我们突出振动与波动,把其他运动形式有机地结合起来。全书分四篇。第一篇力学,最后落实在声学上。第二篇电学,最后落实在电磁波和波动光学上。第三篇热学,第四篇近代物理,最后落实在物质波上。所以本书的格局是三波鼎立。两线之二是在为数众多的物理量和物理公式中,以守恒量和守恒定律为主线,贯穿全书,以便于学生重点掌握。三性指的是现代性、应用性和素质性。内容现代化以适应时代的要求,我们在每篇中都有专门章节写物理与现代科技,就出于这种考虑。工科不同于理科,内容要偏重物理的应用性,有关这方面的物理原理自然成为书中的重点所在。至于素质性教育,是人才培养的重要方面。本书每篇不仅对物理学的发展史有所介绍,而且还介绍我国古代这方面的成就,对学生进行爱国主义教育,激励学生以古为鉴,发奋向上。此外对物理学方法特别是物理建模,反复引导、介绍,为学生指点入门。培养学生自学能力,也是不容忽视的一项工作。本书除教材外,还有自学指南配套使用。在自学指南中,既有较为基本的练习,也有难度较大的练习,循序渐进,把学生的能力培养逐步引向较高的层次。我们希望本书的编写使用,能给大学物理的教学带来新的起色。

本书编写人员的分工如下:第一篇第六章,由汤毓骏执笔;第二篇第六章,由王文华执笔;第三篇第二章及第四篇三章,由谢涵坤执笔;习题部分和自学指南,由张佩礼、周馥执笔;书中插图由沈亚平绘制。全书经上海交通大学胡盘新教授和同济大学严导淦教授评审。严导淦教授不仅细致地审阅全书,还提出了不少有益的建议。我们对两位教授的大力支持和热情帮助表示由衷的深切的谢意。

编者

1997年6月

# 绪 论

物理学以前叫做自然哲学,是一门包罗万象的科学,直到 16 世纪~17 世纪,才逐渐演变成为一门范围明确、方法严谨的学科。从它的历史和现状来看,它是自然科学中的带头学科,也是除数学以外的一切自然科学和工程技术的基础。

自然界以及人类社会中的一切宏观实在都是物质,从遥远的星系到充满全部空间的微波背景辐射都是物质。实物和场是物质存在的两种基本形式,实物是由大量原子、分子所组成的宏观实体,也包括原子、分子、离子和静止质量不为零的基本粒子,如电子、质子、中子等。场是物质存在的另一种形式,是传递物体间相互作用的媒质。我们熟知的场,有电场、磁场和引力场。传递引力的媒质叫做引力场,传递电磁相互作用的媒质叫做电磁场,微波背景辐射也是一种电磁场。我们可按物质大小的数量级的顺序,将物质世界分成不同的层次(见下表)。

物质世界的层次

| 层次名称 |                                         | 空间尺度数<br>星级(m)                                                      | 质量数量级<br>(kg)                             | 相关的专门<br>学科分支                                                   |
|------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 宇观世界 | 宇宙半径<br>银河星团<br>星系<br>星球                | $10^{26}$ (已知部分)                                                    | $10^{55}$                                 | 宇宙学                                                             |
|      |                                         | $10^{23}$<br>$10^{20}$<br>$10^7 \sim 10^{12}$                       | $10^{40}$<br><br>$10^{30}$ (太阳)           | 天文学<br>天体物理学                                                    |
| 宏观世界 | 地球<br>地上物体<br>(包含动植物)<br>气体<br>液体<br>固体 | $10^7$<br>$10^{-7} \sim 10^5$                                       | $10^{24}$<br>$10^2$<br>$10^{-12}$ (红血球细胞) | 地质学<br>地球物理学<br>生物学<br>生物物理学<br>空气动力学<br>液体动力学<br>固体物理学 } 凝聚态物理 |
|      |                                         |                                                                     |                                           |                                                                 |
| 微观世界 | 巨大分子<br>分子<br>原子<br>原子核<br>基本粒子         | $10^{-7}$<br>$10^{-9}$<br>$10^{-10}$<br>$10^{-14}$<br>$10^{-15}$ 以下 | $10^{-26}$ (氧分子)                          | 生物化学<br>高分子化学<br>化学物理<br>化学<br>分子物理学<br>原子物理学<br>核物理学<br>粒子物理学  |
|      |                                         |                                                                     | $10^{-30}$ (电子)                           |                                                                 |

应该指出,表 1 中动植物的生命现象是宇宙中最为复杂的运动形式,而人体则是复杂的生命现象之一,人大约由  $10^{16}$  个细胞组成。细胞是一个基本的生理学单位,大约含有  $10^{12}$  个~ $10^{14}$  个原子。由人体大小的实物起向非常大和非常小两个方向去考察,物质世界的结构变得逐渐简单起来,还没有发现像生物体中所见的那种复杂的组织存在。微观世界和宇观世界所用的有些理论是相通的。从表中可以看出,物质世界许多层次的研究,属于物理学的范畴,而另一些层次则属于物理学的分支,或是几个学科交叉的边缘学科。物理学对其他学科影响之深远,于此可见一斑。

运动是物质的固有属性。在自然界里,没有不运动的物质,也没有脱离物质的运动。运动的形式是多种多样的:有简单的,有复杂的;有低级的,有高级的。物理学研究的物质运动形式是最基本和最普遍的,它渗透在自然界的一切领域,应用于生产技术的各个部门。它是研究宏观、微观和微观等不同层次物体的各种复杂和高级运动形式的基础。研究物质的运动,必然涉及空间和时间两个概念,因此,时间和空间也是物理学研究的对象。三维空间加上时间构成一个四维时空。相对论认为时间和空间相互联系,不是彼此孤立的,同时,时间、空间和运动着的物质不可分割,时空的量度与物质运动有关,不存在脱离物质运动的绝对时间和绝对空间。

综上所述,可以认为,物理学是研究物质的基本结构、相互作用和物质运动的基本规律的科学,是人类认识自然、改造自然最有活力的学科。

# 目 录

## 绪 论

### 第一篇 力 学

#### 力学总论

|                           |   |
|---------------------------|---|
| § 1-0-1 力学的研究对象及其发展 ..... | 1 |
| § 1-0-2 我国古代的力学成就 .....   | 2 |

#### 第一章 质点的运动..... 5

|                            |    |
|----------------------------|----|
| § 1-1-1 质点 运动方程 .....      | 5  |
| § 1-1-2 位移 速度和加速度 .....    | 7  |
| § 1-1-3 运动学的两类问题 .....     | 10 |
| § 1-1-4 圆周运动 .....         | 12 |
| § 1-1-5 抛体运动 .....         | 14 |
| § 1-1-6 简谐振动 .....         | 17 |
| § 1-1-7 同方向简谐振动的合成 拍 ..... | 22 |
| § 1-1-8 相互垂直的简谐振动的合成 ..... | 24 |
| § 1-1-9 运动的相对性 .....       | 26 |
| 习 题 .....                  | 27 |

#### 第二章 牛顿运动定律 ..... 31

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| § 1-2-1 牛顿第一运动定律和第三运动定律 .....   | 31 |
| § 1-2-2 常见力和基本力 .....           | 32 |
| § 1-2-3 牛顿第二运动定律及其微分形式 .....    | 35 |
| § 1-2-4 牛顿运动定律的应用 .....         | 37 |
| § 1-2-5 振动系统的动力学分析 .....        | 42 |
| § 1-2-6 牛顿第二定律积分形式之一:动量定理 ..... | 46 |
| § 1-2-7 牛顿第二定律积分形式之二:动能定理 ..... | 49 |
| § 1-2-8 非惯性系 惯性力 .....          | 52 |
| 习 题 .....                       | 54 |

#### 第三章 基本量和守恒定律 ..... 57

|                           |    |
|---------------------------|----|
| § 1-3-1 个体与系统 内力与外力 ..... | 57 |
| § 1-3-2 保守力的功 势能 .....    | 58 |
| § 1-3-3 振动系统的能量 .....     | 60 |

|            |                              |            |
|------------|------------------------------|------------|
| § 1-3-4    | 功能原理 机械能守恒定律 能量转换和守恒定律 ..... | 62         |
| § 1-3-5    | 质心定理 动量守恒定律 .....            | 66         |
| § 1-3-6    | 碰撞 .....                     | 68         |
| § 1-3-7    | 动量矩守恒定律 有心力场 .....           | 70         |
| § 1-3-8    | 基本量和基本常量 .....               | 74         |
| § 1-3-9    | 经典力学和现代科技进展 .....            | 77         |
| 习 题        | .....                        | 80         |
| <b>第四章</b> | <b>刚体的运动 .....</b>           | <b>82</b>  |
| § 1-4-1    | 刚体模型及其运动 .....               | 82         |
| § 1-4-2    | 刚体的角动量 转动动能 转动惯量 .....       | 83         |
| § 1-4-3    | 力矩 定轴转动定律 .....              | 86         |
| § 1-4-4    | 转动中的动能定理 .....               | 89         |
| § 1-4-5    | 角动量定理 角动量守恒定律 .....          | 90         |
| § 1-4-6    | 进动 .....                     | 92         |
| 习 题        | .....                        | 94         |
| <b>第五章</b> | <b>波动学基础 .....</b>           | <b>96</b>  |
| § 1-5-1    | 机械波的产生和传播 .....              | 96         |
| § 1-5-2    | 波速 波长 波的周期和频率 .....          | 98         |
| § 1-5-3    | 波动方程 .....                   | 99         |
| § 1-5-4    | 波的能量和强度 波的吸收和散射 .....        | 102        |
| § 1-5-5    | 波的叠加原理 波的干涉 .....            | 105        |
| § 1-5-6    | 波的反射 驻波 .....                | 107        |
| § 1-5-7    | 波的衍射 惠更斯原理 .....             | 110        |
| 习 题        | .....                        | 111        |
| <b>第六章</b> | <b>声学 .....</b>              | <b>113</b> |
| § 1-6-1    | 声波 次声波 超声波 .....             | 113        |
| § 1-6-2    | 超声波原理和应用 .....               | 115        |
| § 1-6-3    | 多普勒效应 .....                  | 116        |
| 习 题        | .....                        | 118        |

## 第二篇 电 学

### 电学总论

|         |                   |     |
|---------|-------------------|-----|
| § 2-0-1 | 电学的研究对象及其发展 ..... | 121 |
| § 2-0-2 | 我国古代的电学成就 .....   | 123 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| <b>第一章 静止电荷的电场</b> .....   | 125 |
| § 2-1-1 库仑定律 .....         | 125 |
| § 2-1-2 场强叠加原理 场强的计算 ..... | 126 |
| § 2-1-3 高斯定理 .....         | 131 |
| § 2-1-4 高斯定理的应用 .....      | 135 |
| § 2-1-5 场强环流定理 .....       | 138 |
| § 2-1-6 电势 电势叠加原理 .....    | 140 |
| § 2-1-7 场强和电势梯度的关系 .....   | 143 |
| 习 题.....                   | 145 |
| <b>第二章 稳定电流的磁场</b> .....   | 149 |
| § 2-2-1 磁感强度和磁感线 .....     | 149 |
| § 2-2-2 毕奥-萨伐尔定律 .....     | 151 |
| § 2-2-3 安培环路定律 .....       | 153 |
| § 2-2-4 运动电荷在磁场中所受的力 ..... | 157 |
| § 2-2-5 载流导线在磁场中的作用力 ..... | 158 |
| 习 题.....                   | 163 |
| <b>第三章 物质中的电场和磁场</b> ..... | 167 |
| § 2-3-1 电介质的极化 .....       | 167 |
| § 2-3-2 电介质中的静电场 .....     | 169 |
| § 2-3-3 静电场中的导体 .....      | 172 |
| § 2-3-4 电容 电容器 .....       | 176 |
| § 2-3-5 磁介质的磁化 .....       | 178 |
| § 2-3-6 铁磁质 .....          | 182 |
| § 2-3-7 超导简介 .....         | 183 |
| 习 题.....                   | 185 |
| <b>第四章 电磁感应和能量转换</b> ..... | 189 |
| § 2-4-1 静电场的能量 .....       | 189 |
| § 2-4-2 电源的电动势 .....       | 191 |
| § 2-4-3 电磁感应的基本定律 .....    | 192 |
| § 2-4-4 动生电动势 .....        | 195 |
| § 2-4-5 感生电动势 涡旋电场 .....   | 196 |
| § 2-4-6 自感应 .....          | 198 |
| § 2-4-7 互感应 .....          | 202 |
| § 2-4-8 磁场的能量 .....        | 204 |
| § 2-4-9 电磁振荡电路 .....       | 207 |
| 习 题.....                   | 211 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| <b>第五章 电磁场理论 电磁波</b> ..... | 214 |
| § 2-5-1 位移电流 .....         | 214 |
| § 2-5-2 麦克斯韦方程组 .....      | 217 |
| § 2-5-3 电磁波的传播和性质 .....    | 220 |
| § 2-5-4 电磁波能量 坡印廷矢量 .....  | 222 |
| § 2-5-5 电磁波谱 .....         | 223 |
| § 2-5-6 电磁学与现代科技 .....     | 224 |
| 习 题 .....                  | 227 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| <b>第六章 波动光学</b> .....     | 229 |
| § 2-6-1 光的单色性和相干性 .....   | 229 |
| § 2-6-2 光的干涉实验 .....      | 230 |
| § 2-6-3 薄膜的颜色 .....       | 233 |
| § 2-6-4 劈尖和牛顿环 .....      | 236 |
| § 2-6-5 迈克耳孙干涉仪 .....     | 239 |
| § 2-6-6 光的衍射 单缝 .....     | 240 |
| § 2-6-7 衍射光栅 .....        | 244 |
| § 2-6-8 光学仪器的分辨率 .....    | 250 |
| § 2-6-9 X射线的衍射 .....      | 251 |
| § 2-6-10 光的偏振 .....       | 253 |
| § 2-6-11 偏振光的获得 .....     | 256 |
| § 2-6-12 椭圆偏振光和圆偏振光 ..... | 261 |
| § 2-6-13 偏振光的干涉 .....     | 262 |
| § 2-6-14 人为双折射 .....      | 263 |
| 习 题 .....                 | 264 |

## 第三篇 热 学

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| <b>热学总论</b> .....                 | 267 |
| § 3-0-1 热学的研究对象和研究方法 .....        | 267 |
| § 3-0-2 中国古代的热学成就 .....           | 268 |
| § 3-0-3 热学研究与现代技术 .....           | 269 |
| <b>第一章 热力学</b> .....              | 272 |
| § 3-1-1 热学中的若干基本概念 .....          | 272 |
| § 3-1-2 热力学第一定律 内能 .....          | 274 |
| § 3-1-3 理想气体的等值过程、绝热过程和多方过程 ..... | 277 |
| § 3-1-4 卡诺循环及其逆循环 .....           | 282 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| § 3-1-5 热力学第二定律 熵 .....          | 286 |
| § 3-1-6 熵增加原理 从有序到无序 .....       | 290 |
| § 3-1-7 温熵图 .....                | 293 |
| § 3-1-8 能源与热污染 .....             | 294 |
| 习 题 .....                        | 295 |
| <b>第二章 气体动理论</b> .....           | 299 |
| § 3-2-1 力学规律性和统计规律性 .....        | 299 |
| § 3-2-2 统计方法基础及统计物理的基本假设 .....   | 300 |
| § 3-2-3 理想气体的压强和温度 .....         | 303 |
| § 3-2-4 能量按自由度均分原理 理想气体的内能 ..... | 306 |
| § 3-2-5 麦克斯韦速度分布 .....           | 309 |
| § 3-2-6 玻尔兹曼分布律 .....            | 312 |
| § 3-2-7 气体中的输运过程 分子碰撞 .....      | 313 |
| § 3-2-8 热力学定律的微观诠释 .....         | 316 |
| 习 题 .....                        | 318 |

## 第四篇 近代物理

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| <b>近代物理总论</b> .....              | 321 |
| § 4-0-1 物理学的新飞跃 .....            | 321 |
| § 4-0-2 中国学者对近代物理的杰出贡献 .....     | 322 |
| § 4-0-3 近代物理与现代技术 .....          | 323 |
| <b>第一章 狭义相对论基础</b> .....         | 326 |
| § 4-1-1 经典力学的时空观 .....           | 326 |
| § 4-1-2 迈克耳孙-莫雷实验 经典物理学的困惑 ..... | 328 |
| § 4-1-3 狭义相对论的基本原理和洛伦兹变换 .....   | 330 |
| § 4-1-4 狭义相对论的时空观 .....          | 333 |
| § 4-1-5 相对论动力学基础 .....           | 336 |
| 习 题 .....                        | 339 |
| <b>第二章 量子物理基础</b> .....          | 341 |
| § 4-2-1 黑体辐射与普朗克假设 .....         | 341 |
| § 4-2-2 光电效应 光的波粒二象性 .....       | 343 |
| § 4-2-3 康普顿散射 .....              | 347 |
| § 4-2-4 微观物质粒子的波粒二象性 .....       | 349 |
| § 4-2-5 波函数和薛定谔方程 .....          | 352 |
| § 4-2-6 无限深势阱中的粒子和粒子的势垒贯穿 .....  | 354 |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| § 4-2-7 氢原子的玻尔理论 .....      | 357        |
| § 4-2-8 氢原子的量子力学描述 .....    | 361        |
| § 4-2-9 泡利不相容原理和元素周期表 ..... | 364        |
| 习 题 .....                   | 367        |
| <b>第三章 近代物理应用</b> .....     | <b>369</b> |
| § 4-3-1 激光 .....            | 369        |
| § 4-3-2 等离子体 .....          | 373        |
| § 4-3-3 核技术 .....           | 377        |
| § 4-3-4 扫描隧道显微镜 .....       | 380        |
| § 4-3-5 医学成象技术 .....        | 383        |

# 第一篇 力 学

## 力学总论

### § 1-0-1 力学的研究对象及其发展

在物质的各种运动形式中,机械运动是最简单而又最基本的一种。物体的机械运动是指物体的位置随时间的改变。位置总是相对的,位置的改变也只有相对于其他物体才能显现出来。行星围绕太阳的运动,车辆、船只相对地面的运动,都是如此。力学就是研究物体的机械运动的规律的。人类在社会实践中,特别在生产实践与日常生活中,随时随地都要遇到机械运动,所以力学在各种自然科学中最富直观性,而且发展得最早。

我国是世界上历史最悠久的文明古国之一。春秋战国时代的墨翟就已经知道许多力学现象和定律,并记载在他的著作《墨经》之中。汉代的张衡发明了候风地动仪和许多观察天文的仪器。南北朝的祖冲之利用差动齿轮原理设计制作指南车。秦代李冰父子在四川灌县修建的都江堰,隋代开凿的大运河都是伟大的水利工程。还有著名的万里长城,无数壮丽宏伟的宫殿庙宇,城堡楼阁,桥梁涵闸,至今仍为世界各国所称誉。弓箭弩炮的发明,风车水磨、舟车轮轴的普遍应用,都有力地证明我们的祖先在力学方面早已积累了非常丰富的经验和知识。关于这些,我们还将在下一节中再作介绍,在此就不一一列举了。

在别的国家,当资本主义尚未兴起以前,也有与我国类似的情况。其中特别值得指出阿基米德(Archimedes)对静力学的贡献,他证明了杠杆定律,发现了浮力定律,研究了物体的重心问题,并且发明了许多机器,其中有螺旋取水机。

从16世纪末叶起,资本主义开始在欧洲萌芽,由于生产力的发展,要求人们掌握更多更深刻的自然规律,这就为科学、首先是力学提供了进一步发展的必要条件。在16世纪到17世纪期间,对力学发展有重要贡献的是下面几位伟大学者的工作。哥白尼(Copernicus)创立了太阳中心说,引起了当时科学宇宙观上的大革命。第谷·布拉赫(Tycho Brahe)对行星运动作了长时期的观察和记录,后来经开普勒(Kepler)归纳成行星运动定律,为牛顿发现万有引力定律奠定了基础。出身于没落贵族家庭的伽利略(Galileo)是哥白尼学说的宣扬者和论证者。他赞成亚里士多德的著作,精心加以研究,却并不盲从,而是深究其依据。他论证了惯性运动,从而否定了亚里士多德的“运动必须推动”的教条。他首倡实验精神,发现落体运动定律。他区别了匀速运动与匀加速运动,从而使古代力学超出静力学的范畴,而进入动力学领域。他提出了运动合成的概念和相对性原理的思想。爱因斯坦高度评价伽利略的发现和其所应用的科学的推理方法,说“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”(见爱因斯坦、英费尔德《物理学的进化》一书)。荷兰学者惠更斯(Huygens)对物理的贡献是多方面的,他对碰撞作过许多实验,并利用摆的运动而创制時計。他研究了有关离心力的定律;他提出向心加速

度的概念,直接影响到万有引力定律的确立。

经典力学的基础,是英国天才学者牛顿(Newton)奠定的。牛顿在伽利略逝世那年出生于农民家里。他从小爱制作机械模型,遇到问题喜欢追根究底。1665年6月以后的20个月,是他一生中创造力最旺盛的时期。他集前人和同时代人在力学方面知识的大成,使力学成为一门理论严密、体系完整的科学。他把伽利略提出、笛卡尔完善的惯性定律写成第一运动定律;他定义了质量、力和动量,并写成第二运动定律;他在惠更斯等人研究过的碰撞现象中,归纳出第三运动定律。他得出了万有引力定律(万有引力一词是胡克提出来的,胡克实际上也提出过该定律),给出了力的独立作用原理、伽利略相对性原理和动量守恒定律。由于强有力的数学工具——微积分学的应用,力学的概念和定律在其他自然科学中和工程技术上获得了极为广泛的辉煌成就。牛顿以后,力学的发展,一日千里。由于力学在很多方面都取得了巨大成就,使人们把力学中一些概念和定律奉为金科玉律,加以绝对化,从而在17世纪~18世纪形成了物质世界的一种机械图景。这种物质世界的旧的机械图景的标志之一是:物质的质量完全不依赖于运动,它不会随物体运动速度的增大而改变,运动的源泉被看作是某种力。这种图景的第二个标志是:宏观过程的领域,即环绕在我们周围、我们直接感觉得到的物体的领域,在质的方面是和肉眼不能见到的物质粒子所实现的微观过程的领域没有区别,认为宏观物体和微观物体是按相同的力学规律运动着的。与前面两个标志密切有关的第三个标志是:把整个世界看作是由物质的各个分立部分、由个别的物体所形成的,这些个别物体的最小粒子是原子,原子可以穷尽宇宙间的一切变化。根据这种观点,原子是绝对简单、不可分割、不可转化的。这就是哲学上机械唯物主义的来源。

19世纪末叶以来,物理学的发展,揭示了复杂的、高级的物质运动都有自己的规律,不能套用机械运动的规律,而且发现经典力学中某些概念和定律,在新现象面前有修正的必要。爱因斯坦(Einstein)的相对论改变了旧的时空观,使力学可适用于高速运动的物体。普朗克(Planck)的量子论改变了旧的能量连续性的看法,导致量子力学的建立,使力学可以处理分子、原子等微粒的运动。本篇只限于介绍经典力学的主要内容。

## § 1-0-2 我国古代的力学成就

我国是世界上最早进入农业生产的国家之一,随着农耕技术的发展,都邑建筑的兴起,天文观察的深入,冶炼工业的出现,我国古代的力学也就随之产生与发展起来。

成书于春秋末期的《考工记》中,有这样一段记载:“马力既竭,辀犹能一取焉。”意思是说,马拉车的时候,马虽然停止前进,即不再用力,但车子还能继续走一段路。我国远在2000年前,就注意到了惯性现象,这是很了不起的。到了汉代,张衡制成候风地动仪,显然是利用了地震引起的惯性现象。地动仪的主件是一个上粗下细的立柱,由于它重心高,当地面一有震动,就极易向震动方向倒下去。在欧洲,类似仪器的出现,比张衡晚了1500多年。

为了改变物体的运动状态,就要克服惯性施以外力。《墨经》就是从这方面的意义上建立了力的概念。《墨经》指出:“力,形之所以奋也。”意思是说,力是使物体(形体)由静而动、动而愈速的原因。这可以说是对于力的一个正确的定义,是人类对于力的最早的理性认识。墨家在研究力及其效果问题的同时,还对力的平衡问题进行探索。他们在讨论杠杆平衡时,不仅从正面指出使用杠杆必须使杠杆保持水平,达到平衡,即所谓“衡而必正”,而且从反面论述杠杆失去平

衡的原因：一是杠杆平衡后，在任一边再加重物，平衡立即被破坏，即所谓“衡，加重于其一旁，必垂。”二是支点两边不等距离，即所谓“本短标长”，即使用两个相等重量加在两边，仍然得不到平衡。墨家把不等臂杠杆平衡的原因说得完整而深刻，这是对静力学的一大贡献。《墨经》还讨论了圆球的平衡，指出：“正而不可担，说在搏。”“搏”指球体，“正”是平衡，“担”是定的意思。球体放在平面上自然平衡，但难得安定，这正是随遇平衡的情况。墨家分析其原因是“无所处而不中悬。”亦即物体呈球形，则它在平面上随处都直立而中心不偏。墨家还研究过斜面，并设计了一种装有滑轮的前低后高的斜面车，称之为“车梯”。这样重物可随车梯的前进而不断升高，从而节省了人力。

关于杠杆原理，至迟到西汉初期，就已经认识到支点和力的作用点的重要性。《淮南子》上写道：“十围之木，持千钧之屋；五寸之键，制开合之门。岂其材之巨小足矣，所居要也。”千钧重屋被十围大的木柱顶着；门的开闭，被五寸长的门闩控制着，这不仅是材料的大小能够胜任，更重要的是柱和键所处的位置都很关键。西汉末年，长安有位能工巧匠名叫丁缓，他成功地利用齿轮传动系统，“作七轮扇，连七轮，大皆径尺，一人运之，满堂寒战。”它是现代活塞式航空发动机增速齿轮传动的雏型。丁缓还制造了“环转四周，而炉体常平，可置被褥中”的卧褥香炉。他把香炉放在一个镂空的球内，用两个机架架起来，利用相互垂直的转轴和香炉本身重量，无论外面如何翻动，内部香炉始终保持平稳而不会倾洒。它的原理与现代陀螺仪中的常平架相似。

东汉王充在其名著《论衡》中，不仅谈到了物体运动的快慢和其本身重量的关系，说是“其满而重者行迟，空而轻者行疾”，而且还认识到只有外加的力能使物体产生运动，即所谓“凿所以入木者，槌叩之也；锄所以能掘地者，跣蹈之也；诸有锋刃之器，所以能断斩割削者，手能把持之也，力能推引之也。”至于内力却不能使物体产生运动，他用了生动的例子区别内力与外力，他指出：“力重不能自称，须人乃举。”又说：“古之多力者，身能负荷千钧，手能决角伸钩，使之自举，不能离地。”这自举之力就是内力。王充不仅认识到功与力有关，还认识到功的大小与距离的长短有关。他说：“兴功用力，劳佚钧等。……必铨功之大小，立远近之步数。”由此可见，王充是我国古代科学家中最接近现代力学概念的一位了不起的人物。

在东汉时期，我们特别应该举出郑玄的发现。郑玄在为《考工记》作注时，对“量其力，有三均”这句话作了如下的注解：“假令弓力胜三石，引之伸三尺，弛其弦，以绳缓撮之，每加物一石，则张一尺。”这就是说，能够承受三石之力的弓，弓的伸张可达三尺。弓弦被放松后，每加一石之物，就可使弓伸张一尺。他正确地揭示出“力与变形成正比”的线性关系，而这个关系常被叫做胡克定律。郑玄的这个发现要比胡克早了近1500年，所以，这个弹性定律理应叫做“郑玄-胡克定律”。

公元530年，北魏张子信在海岛用圆仪观天象，长达30年之久。他不仅掌握了日月蚀规律，而且还发现“日行在春分后则迟，秋分后则速。”这是个重大发现，比布拉赫要早1000年。这个规律正是牛顿建立动力学定律过程中的重要环节。唐代僧一行不仅是世界上测出子午线一度的弧长有多少的第一个人，而且也是世界上最早发现恒星运动的人。欧洲哈雷提出恒星自行，已在一行之后近1000年了。

北宋沈括和明末宋应星是我国古代两位著名科学家。沈括在声学领域里有许多精辟的见解。他在《梦溪笔谈》中对古乐钟的发声作了分析，认为：“古乐钟皆扁如盒瓦，盖钟圆则声长，扁则声短，声短则节，声长则曲，节短处声皆相乱，不成音律。”意思是钟做成圆形，就有延长音，做成扁形，就没有延长音，在快速旋律中，有长音的就相互叠加错乱，而不成音律。这种分析独具

慧眼,实质上已涉及到声的干涉问题了。他在研究声的过程中,还做了声的共振实验,把纸人放在待测弦上,一弹与它相应的弦,纸人就会跳动,弹其它弦,纸人就不动。这个实验比英国人所做纸游码实验早五个多世纪。宋应星是《天工开物》这部名著的作者,他在声学上的成就,汇集在《论气》这部书中。宋应星从自然现象和生活经验出发,比较全面地论述了声的发生、传播、干涉和接收等问题。他列举了飞矢、跃鞭、弹弦、裂帛、鼓掌、挥椎等发声现象,指出要“以形破气”、“急冲急破”,才能因物体的急速运动冲击空气而发出声来。更精彩的是他把“物之冲气”与“物之激水”相比拟,明确提出气声也是一种波,这在声学发展史上无疑应该占有一定的地位。

最后,我们介绍清初徐正明的创造。徐正明吴县人,是一个制造车辆的工匠。《吴县志》说他“性敏志专一”,他潜心钻研“飞车”,经过一年苦干,搞出了设计图。家里揭不开锅了,他一边打短工,一边造车。经过十年奋斗,终于造成了栲栳椅式的飞车。据《香山小志》记载,这种飞车,“下有机关,齿牙错合,人坐椅中,以两足击板,上下之机,转风旋疾,驰之而去。离地尺余,飞渡港汊。”看来,飞车利用了变速齿轮传动系统,甚至还利用齿轮带动一种螺旋桨的装置,使之产生上升力。这辆飞车是世界上最早的人力驱动车,比俄国人莫柴尼斯基在1882年的发明,早了两个世纪。可惜徐正明因操劳过度,英年早逝。他的妻子悲恸之余,把飞车付之一炬,致使所造飞车未能流传下来。

从上面的介绍可知,我们的祖先虽是勤劳聪明、富有研究和创造的能力,可是在封建制度的长期桎梏下,这种研究和创造能力没有得到进一步发展。因此,科技的发展除了取决于社会生产力外,还受到社会制度的制约。

# 第一章 质点的运动

## § 1-1-1 质点 运动方程

### 质点

任何物体都有一定的大小和形状。物体运动时,内部各点的位置改变不一定相同。因此,要精确描写一般物体的运动,不是件简单的事情。如果物体的线度和形状在所研究的现象中不起作用,或所起的作用可以忽略不计,我们就可近似地把物体看作是一个没有大小和形状的理想物体,叫做**质点**。质点是物体的一个物理模型。

质点运动是研究物体运动的基础。任何物体都可看作由无数质点组成,分析这些质点的运动,就可以弄清楚整个物体的运动。

### 参考系和坐标系

描写一个物体的运动,总要选择另一个物体或物体系作为参考。被选作参考的物体或物体系叫做**参考系**。例如,确定交通车辆的位置时,我们常用固定在地面上的一些物体,如房屋或路牌作参考系。这样的参考系通常叫做地面参考系。在物理实验中,确定某一物体的位置,可用固定在实验室内的物体,如周围墙壁或固定的实验点作为参考系。这样的参考系就叫做实验室参考系。

同一个物体的运动,由于我们所选取的参考系不同,它的运动将会表现出不同形式。例如在匀速直线运动车厢中的自由落体,相对于车厢,是直线运动;相对于地面,是抛物线运动;相对于太阳或其他天体,运动的描述将更为复杂。这个事实叫**运动描述的相对性**。

为了从数量上确定物体相对于参考系的位置,需要在参考系上选某一定点为原点 $O$ ,通过原点建立一个固定的**坐标系**。最常用的坐标系是直角坐标系,它是从原点沿三个相互垂直的方向引三条固定的直线作为坐标轴,分别叫做 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 轴。质点的位置,就可用三个坐标值 $(x, y, z)$ 来表示。

### 运动方程

为了表示质点在时刻 $t$ 的位置 $P$ ,我们从坐标系的原点向该点引一矢量 $\mathbf{r} = \overrightarrow{OP}$ 。 $\mathbf{r}$ 的方向表明了 $P$ 点相对于坐标轴的方位, $r$ 的大小表明了原点到 $P$ 点的距离。方位和距离都知道了, $P$ 点的位置也就确定了。用来确定质点位置的矢量 $\mathbf{r}$ 叫做质点的**位矢**。显然,在同一参考系中,选择不同点为原点时,表示一个质点同一位置的位矢是不同的。

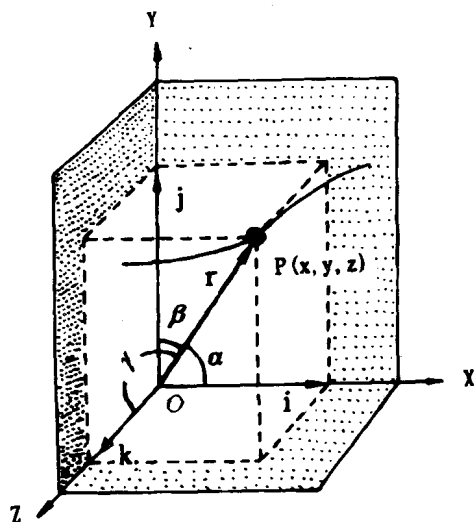


图 1-1-1 位 矢