

大专教材

物理学

主编 于庆祥 赵言诚 李 斌

哈尔滨工程大学出版社

物 理 学

于庆祥 赵言诚 李 斌 编
王立忠 审

哈尔滨工程大学出版社

(黑) 新登字第 9 号

内 容 简 介

本书共分十七章, 前十五章(经典物理部分)包括力学的物理基础、机械振动和机械波、热学基础、电磁场、波动光学, 讲授(包括习题课)约为 90 学时。十六、十七章(近代物理部分)作为选讲材料。书后附有经典物理部分的思考题、习题及习题答案。全书采用国际单位制。

本书可供高等院校大专班作教材用, 也可供夜大学、函授大学等各类成人高等院校师生选用或参考。

物 理 学

于庆祥 赵言诚 李 斌 编

*

哈尔滨工程大学出版社出版发行
新华书店经销
哈尔滨毕升电脑排版有限公司排版
大庆市第一印刷厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 印张 16.75 字数 428 千字
1994 年 11 月第 1 版 1994 年 11 月第 1 次印刷
印数: 1—5000 册

ISBN 7-81007-483-0
O·27 定价: 13.50 元

前 言

本书是为高等院校工程专科各专业编写的物理教材，也可供夜大学、函授大学等各类成人高等院校师生选用或参考。

本书依据教学基本要求、精选内容、突出主线，条理清楚，具有较好的科学性与系统性。每章开头列有“教学基本要求”使读者明确本章重点。文中对基本概念阐述力求准确，对重点内容的叙述力求详尽，主次分明、方便教学。每章正文之后，均有“小结”，使读者学完一章之后，可提纲挈领地了解全章内容。通过思考题和习题的演练将有助于巩固所学的内容和提高分析和解决问题的能力。

赵言诚编写本书一、二、三、四、五、八章的正文及相应章节的思考题和习题，并给出答案；李斌编写十、十一、十二章的正文及相应章节的思考题与习题，并给出答案；于庆祥编写六、七、九、十三、十四、十五、十六、十七章的正文及相应章节的思考题与习题，并给出答案，并负责全书总筹和定稿工作。

王立忠对全部书稿作了详细审阅和审后的修订工作。

对本书出版给予大力支持和协助的出版社同志，在此表示衷心的感谢！

由于编者业务水平有限，希望使用本书的读者提出宝贵意见，以便再版时修订。

编 者

目 录

绪 论.....	1
----------	---

第一篇 力学的物理基础

第一章 质点运动学.....	4
§ 1-1 描述质点运动的四个物理量.....	4
§ 1-2 直线运动	12
§ 1-3 质点的平面曲线运动	16
小 结	24
第二章 质点动力学	25
§ 2-1 牛顿运动定律	25
§ 2-2 力的种类及性质	29
§ 2-3 牛顿运动定律的应用	32
§ 2-4 功 动能定理	40
§ 2-5 势能 机械能守恒定律	51
§ 2-6 动量 动量定理	55
§ 2-7 质点系动量定理 动量守恒定律	60
§ 2-8 碰撞	63
小 结	67
第三章 刚体的转动	70
§ 3-1 刚体的基本运动	71
§ 3-2 转动动能 转动惯量	73
§ 3-3 力矩 转动定律	78
§ 3-4 力矩的功 转动中的动能定理	84

§ 3-5 动量矩和冲量矩 动量矩守恒定律	86
小 结	92

第二篇 机械振动和机械波

第四章 机械振动	96
§ 4-1 简谐振动	96
§ 4-2 简谐振动的几何描述及能量	105
* § 4-3 阻尼振动 受迫振动 共振	110
§ 4-4 简谐振动的合成	115
小 结	123
第五章 机械波	126
§ 5-1 机械波的产生和传播	127
§ 5-2 描述简谐振动的几个物理量	131
§ 5-3 波动方程	133
§ 5-4 波的能量 能流密度	139
§ 5-5 惠更斯原理	143
§ 5-6 波的叠加原理 波的干涉	146
§ 5-7 驻波	154
小 结	159

第三篇 热 学 基 础

第六章 气体分子运动论	162
§ 6-1 气体分子运动论的基本概念	162
§ 6-2 理想气体状态方程	165
§ 6-3 理想气体微观模型 压强和温度的统计 意义	167
§ 6-4 能量按自由度均分原理 理想气体的内能	172

§ 6-5 麦克斯韦分子速率分布定律	175
小 结	179
第七章 热力学基础	181
§ 7-1 内能 功和热量 准静态过程	181
§ 7-2 热力学第一定律 摩尔热容	184
§ 7-3 热力学第一定律对理想气体的四种过程的 应用	187
§ 7-4 循环过程 卡诺循环	193
§ 7-5 热力学第二定律	198
小 结	200

第四篇 电 磁 学

第八章 静电场	203
§ 8-1 电荷 库仑定律	203
§ 8-2 电场 电场强度	206
§ 8-3 电力线 电通量 高斯定理	218
§ 8-4 电场力的功 电势	232
§ 8-5 等势面 场强和电势的微分关系	246
小 结	252
第九章 静电场中的导体和电介质	255
§ 9-1 静电场中的金属导体	255
§ 9-2 电容 电容器	261
§ 9-3 静电场中的电介质 电场的能量	266
小 结	276
第十章 稳恒电流与稳恒磁场	278
§ 10-1 基本磁现象	278
§ 10-2 毕奥-萨伐尔定律	283
§ 10-3 磁场的高斯定理和安培环路定理	289

§ 10-4 磁场对电流和运动电荷的作用	296
小 结	304
第十一章 电磁感应	306
§ 11-1 电磁感应现象	306
§ 11-2 电磁感应的基本规律	308
§ 11-3 电磁感应电动势的计算	312
§ 11-4 电磁感应的应用	322
§ 11-5 自感、互感和磁场能量	324
小 结	334
第十二章 麦克斯韦电磁理论	336
§ 12-1 经典电磁学的实验基础	336
§ 12-2 麦克斯韦的基本假设	338
§ 12-3 电磁波的预言和证实	342
§ 12-4 电磁波谱	345
* § 12-5 电磁场的物质性	348
小 结	349

第五篇 波动光学

第十三章 光的干涉	352
§ 13-1 相干光 获得相干光的双光束干涉装置	352
§ 13-2 光程和光程差	358
§ 13-3 薄膜干涉	359
§ 13-4 劈尖的干涉 牛顿环	363
§ 13-5 迈克耳逊干涉仪	368
小 结	369
第十四章 光的衍射	371
§ 14-1 光的衍射 惠更斯-菲涅耳原理	371
§ 14-2 单缝的夫琅和费衍射	373

§ 14-3 圆孔衍射 光学仪器的分辨率	379
§ 14-4 光栅衍射	381
小 结	386
第十五章 光的偏振	388
§ 15-1 自然光和偏振光	388
§ 15-2 反射和折射时的偏振光	391
§ 15-3 偏振片 马吕斯定律	393
§ 15-4 光的双折射现象	396
小 结	397

第六篇 狭义相对论与量子光学基础

第十六章 狭义相对论简介	400
§ 16-1 力学的相对性原理 伽利略变换	400
§ 16-2 狭义相对论的基本原理 洛伦兹变换	403
§ 16-3 相对论的时空观	407
§ 16-4 相对论动力学基础	412
* § 16-5 相对论中的“观测”与“看见”	416
第十七章 量子光学简介	418
§ 17-1 光子	418
§ 17-2 氢原子光谱 玻尔理论	422
§ 17-3 激光	427
思考题与习题	436
习题参考答案	512

绪 论

自然界是由各种形态的物质组成的。日月星辰、各种气体、液体和固体、分子、原子和电子，以及光和电磁场等都是物质。自然界中形形色色的各种不同物质都在永恒不息地运动和变化着，因此，物质的运动形式多种多样。各种不同的物质运动形式，既服从共同的普遍规律，又有其各自独特的规律。对各种不同的物质运动形式的研究，形成了自然科学的各个分科。

物理学研究的是物质最基本，最普遍的运动形式。它包括机械运动、分子热运动、电磁运动、原子和原子核内部的运动等等。由于它所研究的运动形式是比较低级的，所以这些运动形式也普遍地存在于更高级、更复杂的运动之中。例如：一切天体或地球上的一切物体，均服从万有引力定律；又如，一切运动过程，不论它是否具有化学性质或生物学性质，都服从能量守恒定律。因此，对物理学规律的认识和掌握，将有助于进一步研究物质的较复杂和较高级的运动规律。从这个意义上说，物理学是其它自然科学的基础。

各门科学的研究方法都离不开人类对客观世界的认识法则，也就是实践—理论—实践的认识法则。

物理学的理论就是通过观察、实验等研究方法并通过实践的检验而建立起来的。

科学理论的发展大多是在社会生产的需求下发展起来的。工业自动化，能源合理利用，提高测量技术水平等促进了光学、电学及核物理等的发展。即社会生产是物理学发展的动力。由于物理理论的普遍性，又推动了生产力水平和科学技术的发展，电磁理论的完善使人类进入了电气化的时代，能源，半导体，电子计

算机、激光技术的开发等又使社会生产和科学技术更上一层台阶。所以物理学与生产技术的关系是理论与实践的关系，实践是理论的基础，理论是实践的指南。物理学理论已渗透于自然科学的一切领域，应用于生产技术的各个部门。所以大学物理课是工科院校培养人才的一门重要的必修基础理论课，一方面它是学习其它技术理论课的重要基础，同时又能系统地培养学生科学思维方法及解决实际问题的能力，激发开创精神，增强适应能力。所以大学物理课在培养高素质人才方面起到重要的作用。

第一篇 力学的物理基础

在日常生活中，常会看到物质的相对运动，即一物体的位置相对另一物体发生变化。例如：天体的运行，大气及江河中水的流动，机器的运转，车船的运动等等。我们将这种最基本、最简单的运动形式称为机械运动。而力学的研究对象是机械运动所遵循的客观规律。

力学一般分为运动学、动力学和静力学三个部分。如果把静力学当作动力学的一个特殊情形处理，那么，力学则包含运动学和动力学两大部分。运动学研究的是物体在位置变动时的轨迹以及位移，速度和加速度等物理量随时间的变化关系，它不涉及引起运动变化的原因；动力学研究的是物体间的相互作用对物体运动的影响，即讨论物体在力的作用下所服从的运动规律。

本篇研究的主要内容有：质点运动学，质点动力学及刚体的定轴转动。它是物理学后续篇章和其它自然科学的基础。

第一章 质点运动学

基本要求

1. 深刻理解描述质点运动及其变化的四个物理量（位置矢量、位移、速度、加速度）的定义及其主要性质（矢量性、瞬时性和相对性）。
2. 理解运动方程的意义和作用，掌握由运动方程求四个物理量的方法。
3. 理解法向加速度和切向加速度，会计算质点作圆周运动时的法向加速度和切向加速度。

§ 1-1 描述质点运动的四个物理量

一、基本概念

1. 参照系

为了观察一个物体的运动而选作参考的另一物体（或一组相对静止的物体）称为参照系。参照系的选择是完全任意的，主要看研究问题的方便与否。但是值得注意的是，在不同的参照系中观察同一物体的运动，所得的结论并不相同，即运动的描述具有相对性。

例如，江中匀速运动的船，若以船为参照系，坐在船上的人相对船是静止的；但若以岸为参照系，人相对岸又是运动的。船和岸都是参照系，而人对两个参照系的运动状态的描述却是截然不同的。可见参照系在力学中是一个非常重要的概念。

2. 坐标系

参照系是定性描述物体运动的。为了定量地确定物体相对参照系的位置，则需在参照系中建立适当的坐标系。坐标系和参照系是连成一体，物体相对坐标系的运动，也就是相对参照系的运动。所以，当我们一旦建立了坐标系，实际上就暗示了参照系已选定。

坐标系的选择也是任意的，主要看研究问题是否方便。常用的坐标系有直角坐标系、自然坐标系、极坐标系等等。

3. 质点

所谓质点，就是不考虑形状和大小，并将质量看成集中在一点的物体，这时可以用质点的运动代替物体的运动。

质点是个理想模型，它突出了物体具有质量，占有位置这两个根本性质。一个物体能否抽象为一个质点，要视问题的性质而定。例如：对于地球，当研究其绕太阳运动时，由于地球的半径较绕太阳公转的轨道半径要小得多，因此，地球上各点相对于太阳的运动基本上可看作是相同的，此时，地球可视为一质点。但是，在研究地球自转时，再将地球视为质点就没有意义了。

质点运动是研究物体运动的基础。当研究物体运动时，可将整个物体看成是由一些质点组成的，分析这些质点的运动情况，即可弄清整个物体的运动情形了，这就是引入质点概念的意义。

二、描述质点运动的四个物理量

1. 位置矢量 $\vec{r}$

一质点在三维直角坐标系中的位置可用由坐标原点 O 引向质点 A 的有向线段 $\vec{r}$ 来表示，如图 1-1 所示。有向线段 $\vec{r} = \vec{OA}$ 称为位置矢量，简称位矢。它是用来描述任一时刻质点在空间所处位置的物理量。

若以 $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ 分别表示沿 ox 轴，

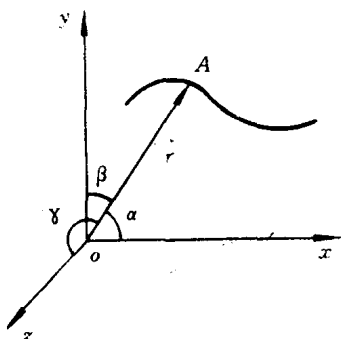


图 1-1

oy 轴, oz 轴方向的单位矢量, 则 $\vec{r}$ 可表示为

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k} \quad (1-1)$$

其大小为 $r = |\vec{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$, 其方向可用方向余弦表示, 即

$$\cos\alpha = \frac{x}{r} \quad \cos\beta = \frac{y}{r} \quad \cos\gamma = \frac{z}{r}$$

式中, α, β, γ 分别是 $\vec{r}$ 与 x, y, z 轴的夹角, 它们的关系为 $\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1$

$\vec{r}$ 的性质:

- (1) $\vec{r}$ 的矢量性。它既有大小又有方向, 服从矢量运算法则。
- (2) $\vec{r}$ 的相对性。它与参照系的选择有关, 同一质点在不同的参照系中, 具有不同的位置矢量 $\vec{r}, \vec{r}'$ 。如图1-2。

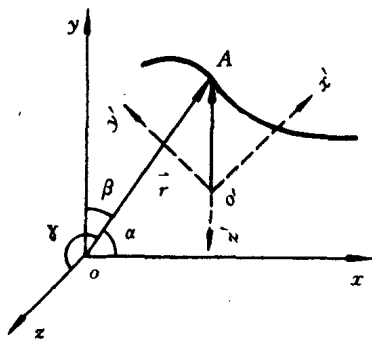


图1-2

- (3) $\vec{r}$ 的瞬时性。即运动的质点在不同的时刻 $\vec{r}$ 具有不同的大小和方向。

位置矢量的单位是长度单位, 在国际单位制 (SI 制) 中用米, 记作 m。

2. 位移矢量 $\Delta \vec{r}$

由 $\vec{r}$ 的引入可知它是随时间变化的, 那么为了描述质点空间位置变化的大小和方向, 我们引入一个物理量——位移。

如图1-3所示。设 t 时刻质点位于 A , 坐标为 (x_1, y_1, z_1) , 位置矢量为 $\vec{r}_A$, $t + \Delta t$ 时刻位于 B , 坐标为 (x_2, y_2, z_2) , 位置矢量为 $\vec{r}_B$, 则在 Δt 时间内质点位置矢量的变化可用 A 到 B 的有向线段 $\vec{AB}$ 来表示。我们将 $\vec{AB}$ 称为质点的位移矢量, 简称位移。即

$$\begin{aligned}\vec{AB} &= \Delta \vec{r} \\ \Delta \vec{r} &= \vec{r}_B - \vec{r}_A\end{aligned}\quad (1-2)$$

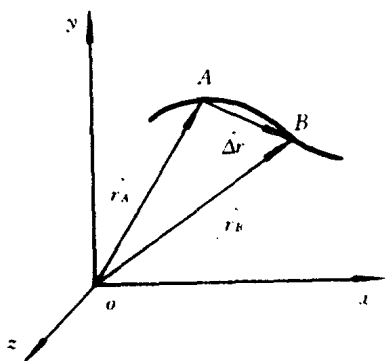


图1-3

$$\therefore \quad \vec{r}_A = x_1 \vec{i} + y_1 \vec{j} + z_1 \vec{k}$$

$$\vec{r}_B = x_2 \vec{i} + y_2 \vec{j} + z_2 \vec{k}$$

$$\therefore \quad \Delta \vec{r} = (x_2 - x_1) \vec{i} + (y_2 - y_1) \vec{j} + (z_2 - z_1) \vec{k}$$

$$\begin{aligned}\text{其大小 } \Delta r &= |\Delta \vec{r}| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \\ &= \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}\end{aligned}$$

方向 $\cos\alpha = \frac{\Delta x}{\Delta r}, \cos\beta = \frac{\Delta y}{\Delta r}, \cos\gamma = \frac{\Delta z}{\Delta r}$

注意事项:

(1) $\vec{\Delta r}$ 的矢量性。它既有大小、又有方向。

(2) $\vec{\Delta r}$ 是时间的函数,因而在谈及位移时应指明是哪个时间间隔内的位移。

(3) 位移 $\vec{\Delta r}$ 和路程 ΔS 是两个不同的物理量, $\vec{\Delta r}$ 反映质点位置的改变,只与质点运动的始末状态有关,与中间过程无关,是矢量;路程 ΔS 是质点运动轨迹的长度,与中间过程有关,是标量。图 $\vec{AB}$ 和 $\widehat{AB} = \Delta S$ 分别表示位移和路程,通常情况下 $\Delta S \neq |\vec{\Delta r}|$,只有在直线运动且方向不变的情况下,位移的大小才等于路程。

(4) $\vec{\Delta r}$ 的相对性。由于 $\vec{r}$ 与参照系的选择有关,所以 $\vec{\Delta r}$ 与参照系的选择也有关。

3. 速度矢量 $\vec{v}$

为了说明质点运动的方向和快慢,引入质点运动速度这个物理量。

(1) 平均速度

如图1-3所示,质点在 Δt 时间内位移为 $\vec{\Delta r}$,则定义 $\vec{\Delta r}$ 与 Δt 的比值为平均速度。

$$\begin{aligned}\vec{v} &= \frac{\vec{\Delta r}}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \vec{i} + \frac{\Delta y}{\Delta t} \vec{j} + \frac{\Delta z}{\Delta t} \vec{k} \\ &= \vec{v}_x \vec{i} + \vec{v}_y \vec{j} + \vec{v}_z \vec{k}\end{aligned}\quad (1-3)$$

其大小 $|\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$

方向是 $\vec{\Delta r}$ 的方向。

平均速率是质点的路程与经历该路程所需时间的比值。即 $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ 。

一般情况下平均速率与平均速度的大小是不等的。例如质点