

高等职业教育系列教材

Jìshù wùlǐ jīchǔ

技术物理基础



华航Z0196570

主 编 郭洪奇 楼渝英
副主编 许德淳 陈北南 罗群林 荣 铮
主 审 胡毓中 陈 真

重庆大学出版社

高等职业教育系列教材

Jìshù wùlǐ jīchǔ

1196570

技术物理基础

主 编 郭洪奇 楼渝英
副主编 许德淳 陈北南 罗群林 荣 铮
主 审 胡毓中 陈 真



华航Z0196570

重庆大学出版社

技术物理基础

主 编 郭洪奇 楼渝英

副主编 许德淳 陈北南 罗群林 荣 铮

责任编辑 秦德培

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆电力印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:14.5 插页:2 字数:362千

2000年9月第1版 2000年9月第1次印刷

印数:1-5 000

ISBN 7-5624-2265-6 / O · 189 定价:16.00元

编写说明

本教材主要参考全国五年制高等职业教育《技术物理基础》课程教学大纲,结合高职、中专物理教学实际,由重庆市中专物理学会组织编写。

《技术物理基础》体现了物理与实用技术的有机结合,物理与专业技术接口,尽可能兼顾各学校的各专业对技术物理基础的不同要求,注重对学生创新意识、创造能力、职业能力的培养,可供物理课在 50~150 学时的不同专业广泛选用。

全书共分十二章,包括力学、热学、电磁学、光学、原子物理及物理学知识在生产技术中的应用等内容。教材初稿的 1~4 章由荣铮编写,5~10 章由郭洪奇编写,11、12 章由简辉春编写;二稿的第 1 章由许德淳编写,第 2 章由王尉刚编写,第 3 章由肖世明、蔺华编写,第 4 章由陈北南、楼渝英、唐安成编写,第 5 章由王洪明、杨致强编写,第 6 章由高承莲、刘智勇编写,第 7 章由伍文蒂编写,第 8 章由罗群林、沈咏梅编写,第 9 章由曾跃明编写,第 10 章由张帮凤编写,第 11 章由石敦亮、骆林兰、赵虹、刘福禄、曾昭凡、谭晓琴、唐安成编写,第 12 章由吴孟飞、黄纪恒编写,统稿时对文中各章节内容又作了不同程度的改编。

由于时间仓促,编者水平有限,难免有不尽人意之处,谨请广大读者批评指正。

绪 论

物理学研究对象 广阔无垠、丰富多彩的自然界是由各种各样的物质组成的。大至天体、日、月、星、辰,小到微粒、原子、电子都是物质。固体、液体、气体及电场、磁场、引力场等也是物质。一切物质都在永不停息地运动、变化着。运动的形式多种多样,而物理学是研究物质最基本、最普遍的运动形式和物质的基本结构的科学。其中,力学研究物体的机械运动;热学研究大量分子无规则的热运动;电磁学研究电磁运动;原子物理学研究原子内部的结构和原子、原子核的运动。物理学研究的这些运动形式,普遍地存在于其他高级的、复杂的物质运动形式之中,物理学是自然科学的基础。

技术物理与生产实际 在17、18世纪,由于物理学中牛顿力学的建立和热力学的发展,不仅有力地推动了其他学科的发展,而且在技术上研制出了以纺织机为代表的工作机和以蒸汽机为代表的动力机。工作机和动力机的广泛采用,推动了生产力的发展,引起了第一次工业革命。到了19世纪,在法拉第和麦克斯韦的电磁场理论推动下,技术上成功地制造出电机、电器和电讯设备,促进了工业电气化的发展,使人类进入了应用电能的时代,这就是历史上的第二次工业革命。20世纪以来,由于相对论和量子力学的建立,人们对原子和原子核结构的认识逐步深入,实现了原子核能、人工放射性同位素的利用,发明了半导体、核磁共振、激光等新技术的应用。新兴工业像雨后春笋,使人类进入了新技术时代。这就是当前以原子能、电子计算机为代表的,以自动化、信息化为标志的第三次工业革命。

当前物理学研究领域已深入到基本粒子的研究,随着人类对基本粒子的认识的加深,将在物理学中孕育着新的突破,全面揭示基本粒子内部的结构和它们相互转化相互作用的规律,将会给自然科学领域和人类的生活带来巨大的影响。

技术物理的学习意义 我国有着悠久的历史 and 灿烂的文化。古代墨翟对力学很有研究;汉代张衡制成了浑天仪和地动仪;三国时代马钧制成了指南车和利用惯性原理制作的抛石机;宋代制成了早期火箭。新中国成立后,我国物理学得到空前的发展。在高能物理学方面,1965年我国从理论上提出了关于强子结构的层子模型,在可控核聚变方面,1984年9月使“中国环流器一号”顺利启动;在激光应用方面,1987年6月我国研制的“神光”装置试验成功;在超导方面,1988年2月获得了起始转变温度高达100K以上的钡基氧化物超导体,在空间技术方面,我国已成为世界上少数几个掌握卫星回收技术的国家之一。“亚洲一、二、三号”卫星的发射成功,证明我国的“长征”系列火箭,具有为世界各国发射卫星的能力,从而进入了国际航天发射服务市场。

目前,物理学已成为发展最快、影响最深的基础科学。它一方面向认识的深度开拓,另一方面向应用的广度发展,它对未来科学技术的发展必将产生极大的影响。所以,对未来的专业技术人才来说,为了早日把我国建设成为社会主义的现代化强国,学好技术物理基础是非常必要的。技术物理基础既是高职教育主要的文化课,又是专业基础课和专业课的主要基础,学好技术物理基础是学好后续的专业基础课和专业课的前提。

怎样学技术物理基础

学习技术物理基础须注意列几方面的问题:

1. 技术物理基础是一门实验性的科学,技术物理基础的许多重要的定理、定律都是前人经过无数次实践和实验归纳总结出来的,而这些理论又反过来推动着生产技术的发展。所以学生在学习技术物理基础理论的同时,必须认真做技术物理基础实验,培养自己要善于观察和善于动手,切实掌握技术物理基础实验的基本原理和实验技能,为专业技能、技术学习打好基础。

2. 技术物理基础是一门精确的学科,其中许多的规律最终都要用数学关系表达出来。技术物理基础的概念和规律用数学语言表达出来之后,运用它来分析、推论、论证就显得特别简单、明确。所以要学好技术物理基础必须同时学好数学,并在学习技术物理基础中提高自己运用数学知识的能力。切忌对技术物理基础公式的死记硬背、生搬硬套,一定要透彻理解技术物理基础基本原理、基本定律的实际意义,灵活地运用到各种不同的具体情况中去。

3. 学习技术物理基础一定要理论联系实际,努力运用所学的知识去分析、解决在生活和生产中所遇到的各种问题。例如,可用物理学帕斯卡定律去结合液压传递知识,从而了解油压刹车系统;利用摩擦力的知识去解决生活中和机器上的摩擦现象;利用热敏电阻自动控制温度;利用光敏电阻可以自动控制机器运转或作为安全保护的设施等。一定要了解清楚技术物理基础中每一部分在实际生活、生产中的应用和作用,使你更加了解学习技术物理基础的目的,更加懂得学习技术物理基础的必要性。

4. 学习技术物理基础,还要有刻苦钻研的精神,对于技术物理基础的有关现象,不能只知其然,不知其所以然。技术物理基础中概念、定理、定律、公式多,只有认真学习、牢固掌握它们之间的联系和区别,才能准确、有效地运用其知识和技能解决实际生活、生产上的问题。技术物理基础中介绍的知识都要结合实际去仔细了解,以获取丰富多彩的生活知识和专业知识。

总之,希望同学们在学习技术物理基础的过程中,能自觉地发挥主动精神,理论联系实际,对每个问题都应该掌握或了解清楚。通过自己的观察或动手,和同学、老师的讨论以至锻炼自己的思维能力,训练自己的观察能力和动手能力,加深对学习内容的理解。课后做好复习和练习。要多阅读课外读物,扩大知识面,提高学习兴趣,扩展思路。要学好技术物理基础比较艰苦,但也可以从中获得乐趣。特别是能亲身解决科学问题或实际技术问题,更会感到无限的欣慰。每个有志青年都应该树立远大理想,立志为我国科学事业、经济建设、技术发展作出卓越贡献!

图书在版编目 (CIP) 数据

技术物理基础/郭洪奇, 楼渝英主编. - 重庆: 重庆大学出版社, 2000. 9

高等职业教育系列教材

ISBN 7-5624-2265-6

I. 技... II. ①郭... ②楼... III. 工程物理—高等教育: 职业教育—教材 IV. TB13

中国版本图书馆CIP数据核字 (2000) 第47036号

目 录

绪 论

第一章 直线运动

第一节 位移	(1)
第二节 速度	(3)
第三节 加速度	(5)
第四节 匀变速直线运动的规律	(7)
第五节 自由落体运动	(10)

第二章 力与运动

第一节 牛顿第一定律	(13)
第二节 重力 弹力 摩擦力	(15)
第三节 牛顿第三定律	(17)
第四节 力的合成与分解	(20)
第五节 牛顿第二定律	(23)
第六节 牛顿定律的应用	(26)

第三章 力的积累效应

第一节 功 功率	(30)
第二节 动能	(32)
第三节 势能	(34)
第四节 机械能守恒定律	(36)
第五节 动量	(38)
第六节 动量守恒定律	(41)

第四章 常见运动

第一节 平抛运动	(46)
第二节 圆周运动	(49)
第三节 物体转动	(54)
第四节 天体运动	(56)
第五节 简谐振动	(59)
第六节 机械波	(64)
第七节 理想流体	(70)

第五章 热学及应用

第一节 理想气体	(74)
第二节 热力学第一定律	(78)
第三节 固体 液体	(82)
第四节 物态变化	(88)

阅读材料 液化技术	(89)
第六章 电场及应用	
第一节 库仑定律	(95)
第二节 电场强度	(96)
第三节 电势	(98)
第四节 电势差	(101)
第五节 电场中的带电粒子	(103)
第六节 电场中的导体	(107)
第七节 电容器及应用	(111)
阅读材料 静电的技术应用	(114)
第七章 直流电技术	
第一节 电流 电压 电阻	(118)
第二节 电功 电热	(121)
第三节 电阻的联接	(123)
第四节 全电路欧姆定律	(126)
第五节 电阻的测量	(131)
阅读材料 直流电源	(134)
第八章 磁场及应用	
第一节 磁场	(137)
第二节 磁感强度	(140)
第三节 磁场对电流的作用	(143)
第四节 磁场对运动电荷的作用	(146)
阅读材料 电机 电表	(149)
第九章 电磁感应技术	
第一节 电磁感应现象	(151)
第二节 楞次定律	(153)
第三节 电磁感应定律	(155)
第四节 互感 自感	(157)
第五节 发电机 变压器	(160)
阅读材料 涡流 电声原理	(165)
第十章 电磁场及应用	
第一节 电磁振荡 电磁波	(169)
第二节 电磁波的发射与接收	(172)
第三节 电磁波的传播	(174)
阅读材料 微波及应用	(178)
第十一章 光学及应用	
第一节 光的折射	(182)
第二节 透镜成像	(186)
第三节 光学仪器	(190)

第四节	光的波动性.....	(193)
第五节	光的电磁说.....	(198)
第六节	光的粒子性.....	(200)
第七节	光的波粒二象性.....	(202)
阅读材料	电子显微镜.....	(203)
	射电望远镜.....	(203)
	X-CT 简介	(203)
	光电效应的应用.....	(204)
第十二章	原子物理基础	
第一节	原子结构.....	(206)
第二节	光谱分析.....	(208)
第三节	原子能级.....	(209)
第四节	激光及应用.....	(212)
第五节	天然放射性.....	(214)
第六节	原子核结构.....	(216)
第七节	核反应技术.....	(218)
阅读材料	激光武器.....	(220)
	放射性技术.....	(221)

第一章 直线运动

自然界是由物质组成的,一切物质都处在永恒的运动中,物质的运动形式是多种多样的。其中最简单、最基本的运动形式是机械运动。物质的所有其他运动形式中,几乎都包含着机械运动。力学是研究机械运动及其应用的学科,它是整个物理学的基础,也是工程技术的基础之一。在这一章,我们将学习描述机械运动的方法和直线运动规律及应用技术。

第一节 位 移

参考系 一个物体相对于另一物体的位置变化或一个物体各部分之间相对位置的变化叫做机械运动,简称运动。宇宙间一切物体都在运动,如火车沿轨道前进。地球绕太阳转动等。房屋桥梁和山岭等看起来是静止的,其实它们都在随着地球一起运动。在研究一个物体运动时,总要选择另一个物体作为标准,被选为标准的这个物体就叫做参考系。例如研究火车运动,可以以铁轨旁的树木或电杆为参考系。

在描述一个物体运动时,首先必须明确参考系。参考系的选取要根据研究问题的性质和方便而定。例如,研究太阳系的行星的运动,都用太阳系为参考系;研究地面上物体的运动,通常选取地球为参考系。

在研究一个物体运动时,如果选取的参考系不同,则对这个物体运动状态的描述也常常不同。例如,对奔驰的火车的运动,若以坐在火车上的乘客为参考系,火车是静止的;若以站立在铁轨旁的人为参考系,火车又是运动的。由此可见,对物体运动状态的描述与参考系选取有关,机械运动的这种性质称为运动的相对性。

利用运动和静止的这种相对性,人们设计了所谓的“风洞”,在地面上来研究空气流对飞机的作用。风洞是在实验室里设计的一个很大的管子。在风洞里造成一股模拟自然风的空气流,人们研究这股空气流对悬挂着的不动飞机(或飞机模型)的作用,这样得到的实验结果跟飞机在空中飞行得到的结果全相同。目前,风洞实验原理还广泛用于改进流线型汽车、火车和船舶的设计中。

质点 我们所研究的物体形状各异,大小不一,运动情况不同。为了便于研究,要根据研究问题的性质和范围,先对研究对象做一定简化,也就是把它理想化。例如:从桌上拉出抽屉时抽屉的运动;随传送带而前进的工件的运动。它们的共同之处在于物体任意两点连线在运动过程中始终保持平行,这样的运动叫做平移。显然物体做平移运动时,物体上各点运动情况都相同,物体上任一点的运动都可以代表物体的运动,这样就可以把物体视为一个具有质量的点来处理。

在研究问题时,如果物体的形状、大小可以忽略不计,就可以把整个物体简化为一个具有质量的点,这样的物理模型叫质点。

能否将一个物体看做质点,关键不在于物体形状、大小,而要根据研究问题的性质而定。例

如,研究地球绕太阳公转时,由于地球大小(直径约 $1.3 \times 10^7 \text{m}$)远小于地球与太阳间距离(约 $1.5 \times 10^{11} \text{m}$),所以可以忽略地球形状、大小而把它看成质点。但在研究地球自转时(比如研究白天、黑夜),地球的形状是主要因素自然就不能忽略地球形状、大小,不能把地球看做质点了。

将物体看成质点,这是一种理想化的方法,它突出了研究问题时的主要因素,而排除了次要因素。这种研究问题的方法在物理学中常常用到。在本书的几章力学中,如不加说明,都是把物体看成质点。

位移 路程 研究物体的运动时,通常要知道物体经过的路程。路程是物体运动轨迹的长度。但是,有时更关心运动物体到达的位置与初位置的距离。例如,在测量运动员的跳远成绩时,不测量他的路程,而测量起跳点到落地点的距离。研究飞机的航线时,也不研究它的路程,而关心它到达的位置与起飞点的距离以及它的飞行方向。如果不知道飞行方向,只知道飞行距离,同样不能确定飞机到达的位置。如何来描述物体运动,让我们看下边例子。图 1-1 所示,物体由初位置 A 出发向东到达末位置 B , A 与 B 距离为 10m ;若物体从初位置 A 向东到达末位置 C ,两种情况位置变化方向相同(都向东),但位置变化大小不同,若由初位置 A 向北到达末位置 D , AD 间距离为 10m ,与从 A 到 B 比较,两个位置变化大小相同,但方向不同,所以位置变化也不相同。可见物体位置变化情况应由大小及方向两个因素决定。在物理学中,把物体由初位置指向末位置的有向线段,叫做位移。在国际单位制(SI)中位移的单位是米,符号是 m ;由初位置指向末位置的方向表示位移方向。两段位移要相等必须是大小相等且方向相同。

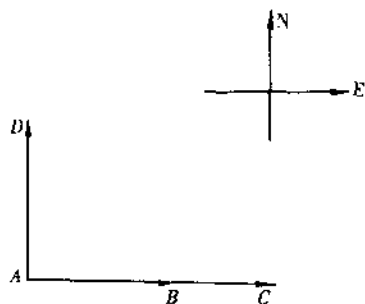


图 1-1

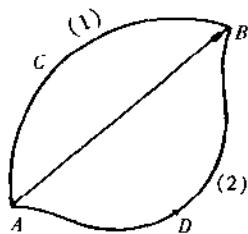


图 1-2

在图 1-2 中,物体从初位置 A 到达末位置 B ,可以通过不同路径实现,但不管沿任何路径,物体位置的变化就是相同的。所以位移只与物体初末位置有关,而与路径无关。

物体通过的路径(或运动轨迹)的长度叫做路程。单位是米,符号是 m 。路程只有大小,没有方向。

路程与路径有关。通常情况下位移大小和路程不等。如图 1-2 所示,物体由 A 到 B ,位移大小为 AB 长度,而当物体沿路径 1 到达 B 时,路程为 ACB 长度,而由 2 路径到达 B 时,路程为 ADB 长度。只有当物体做单向直线运动时,位移大小才等于路程。

在实际应用中,位移和路程各有其不同的用处,如田径运动会中的用位移表示跳高、跳远、铅球的成绩,用路程表示长跑、短跑的成绩。

标量 矢量 在物理学中,把只有大小,没有方向,且运算遵循代数运算法则的量叫做标量。例如时间、质量、电流强度等都是标量。

把既有大小,又有方向,且运算遵循平行四边形定则的物理量叫做**矢量**。例如位移、力等是矢量。

表示一个矢量,既要表示出它的大小,又要表示出它的方向。对于在同一直线上的矢量可以用代数量来表示;首先取一个正方向,若矢量方向与正方向相同,则取正;若矢量方向与正方向相反,则取负。

时刻 时间 时刻指某一瞬时。例如,上午8点正上课,8点就是时刻,表示8点那一瞬时,第二秒末也是时刻,指的是第二秒结束或第三秒开始那一瞬时。

时间指的是两个时刻间的间隔。例如,上午8点上班,12点下班,从8点到12点的间隔4小时即为时间。第二秒内也是时间,指的是第一秒末到第二秒末的间隔,时间为1秒。

在SI中,它们的单位都是秒,符号是s。

质点运动时,时刻和位置相对应,时间与位移或路程相对应。例如,飞机17点30分从上海起飞,20点到达重庆,共经历了2小时30分,其中17点30分和20点30分都是时刻,分别与上海和成都机场对应,而2点30分是时间,与从上海机场到成都机场这段位移或路程对应。

习 题 1-1

1. 甲、乙两车以相同速度在平直公路上行驶以什么为参考系车是运动的?以什么为参考系车是静止的?

2. 关于质点的说法,下面正确是哪一个?(1)小物体可以看做质点,而大物体不能看做质点。(2)转动物体在任何时候都不能看做质点。(3)做直线运动的物体可以看做质点,而做曲线运动的物体不能看做质点。(4)同一物体在某种情况下可以看做质点,在另一种情况下也许不能看成质点。

3. 某人向东走了200m,又向西走了300m,他通过位移大小为多少?方向如何?路程为多少?

4. 一运动员沿半径为50m的圆形轨道跑完一圈,他通过位移大小为多少?通过路径为多少?

5. 头3秒,3秒末,第3秒内分别表示的是时间还是时刻?如果是时间指明其初时刻和末时刻。

第二节 速 度

速度是描述质点运动快慢及运动方向的物理量。初中阶段我们已接触了速度这个物理量,但都很不确切,也不完善。为此,我们要进一步深入对速度的理解和认识。

匀速直线运动 物体沿直线运动时,运动快慢不变而且运动方向也不变的运动,即在任意相等时间内通过位移都相等的运动,叫做**匀速直线运动**。

在匀速直线运动中,物体的位移 s 跟通过这段位移所用时间 t 的比值,叫做**匀速直线运动的速度**。用 v 表示速度,则

$$v = \frac{s}{t} \quad (1-1)$$

在SI中,速度的单位是米/秒,符号是m/s,读作米每秒。常用的单位还有km/h,cm/s等。

速度是矢量,其大小反映物体运动快慢,其方向即物体运动方向,也就是位移方向。在匀速直线运动中,速度为常矢量(即大小,方向都不变)。

变速直线运动 匀速直线运动是一种理想的运动,实际上我们日常看到的直线运动,往往不是匀速直线运动。汽车出站时,运动越来越快,而进站时则运动越来越慢,也就是说在相等的时间内通过的位移并不相等。把物体沿直线运动时,在相等时间内通过位移不相等的运动,叫做变速直线运动。

平均速度 在变速直线运动中,物体通过的位移 s ,跟通过这段位移所用时间 t 的比值,叫做这段位移时间内的平均速度。平均速度用 $\bar{v}$ 表示,则

$$\bar{v} = \frac{s}{t} \quad (1-2)$$

平均速度也是矢量,其大小反映物体在这段位移或时间内运动的平均快慢,其方向即位移方向。不难看出,物体做变速运动时在不同位移内或不同时间内的平均速度一般不同。因此,讲平均速度必须指明是哪一段位移或时间内的平均速度。平均速度是与位移或时间相对应的。

瞬时速度 平均速度只能粗略地描述变速运动物体的运动快慢及方向。那么,又怎样精确地描述呢?汽车驾驶室的速度计指针所指的示数,可以帮助驾驶员了解每个时刻汽车行驶快慢,如指针所指示数为80km/h。就表示了这个时刻汽车速度是80km/h。我们把物体在某一时刻或某一位置的速度,叫做瞬时速度,简称速度。

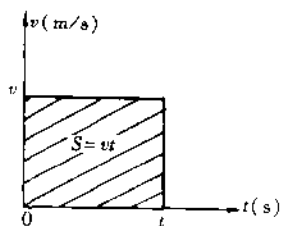
瞬时速度也是矢量,其大小精确地表示了物体运动快慢,其方向即物体运动方向。

瞬时速度是和位置或时刻相对应的,瞬时速度必须指明是哪一位置或哪一时刻。这也是它和平均速度的区别所在。例如,子弹以400m/s的速度过枪筒和以800m/s的速度从枪口飞出,其中400m/s就是平均速度,因为它与通过枪筒这段位移对应;而800m/s是瞬时速度,因为它是与枪口这个位置对应。

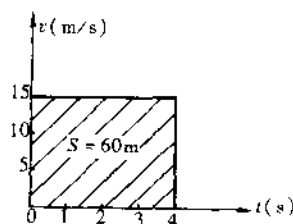
速率 物体通过的路程跟通过这段路程所经历的时间的比值,叫做速率。单位是米/秒,符号是m/s,它是标量,只有大小,而无方向。速率和速度是两个不同概念。

瞬时速率(通常简称速率)与瞬时速度(通常简称速度)大小是相等的,因为在极短时间内路程和位移大小可以等同了。所以我们也常说速度的大小就是速率。

速度—时间图像 速度—时间图像($v-t$ 图像),简称速度图像,即是用图像法表示速度 v 与时间 t 的函数关系。在平面直角坐标系中,纵轴表示速度,横轴表示时间。



(a) 匀速直线运动的 $v-t$ 图像



(b) 利用 $v-t$ 图像求位移

图 1-3

对匀速直线运动,由于速度是常量,所以 $v-t$ 图是一条平行于时间轴的直线,例如,一辆汽车以 15m/s 速度做匀速直线运动,其 $v-t$ 图像如图 1-3a 所示。

由于匀速直线运动位移 $s=vt$,由图像上看出,物体速度图线与时间轴所围成“面积”在数值上等于物体在 t 时间内通过位移 s (图 1-3a、b)。在面积一词上加上引号,意思是这里的面积不是几何面积,而是表示位移。可以证明,在非匀速直线运动中,这个结论仍然成立。

习题 1-2

1. 下列速度中哪些是瞬时速度:某运动员 100m 赛跑速度是 12m/s ;汽车以 10m/s 的速度经过桥头;一只宇宙飞船起飞后 20s ,速度达到 400m/s ;一汽车沿成渝高速公路行驶速度为 80km/h 。

2. 气垫导轨滑块上挡光片宽度为 1cm ,经过光电门 A 挡光时间是 250ms ,经过光电门 B 挡光时间为 200ms ,则滑块在 A 、 B 两个光电门处的速度分别为多少?

3. 一物体沿直线运动,起初以 2.5m/s 速度运动 10m ,然后以 4.0m/s 速度运动 10m ,它在这 20m 位移内平均速度是多少?

4. 一物体以 5.0m/s 速度做匀速直线运动,作出它的 $v-t$ 图像,并在图像中表示出它在 $0\sim 4.0\text{s}$ 内的位移。

第三节 加 速 度

匀变速直线运动 在变速直线运动中,物体速度在不断变化,而最简单,也最重要的是速度均匀变化。表 1-1 记录的是一辆汽车直线运动时,在不同时刻的速度。

表 1-1

时刻/s	0.1	0.2	0.3	...	1	2	3	...
速度/($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	4.8	4.82	4.84	...	5.0	5.2	5.4	...

由表中可看出,在每个 0.1s 时间内速度增量都为 0.02m/s ,现在每个 1s 时间内速度增量都为 0.2m/s ,这表明,该汽车在相等时间内速度增量都相同,即速度是均匀变化的。

物体做直线运动,在任意相等的时间内速度的增量都相等,这种运动叫做匀变速直线运动。

当物体做直线运动时,若速度均匀增加,叫做匀加速直线运动。例如石块自由下落,汽车的启动都可以近似看成匀加速直线运动;若速度均匀减小,叫做匀减速直线运动。例如竖直向上抛出的石块向上运动,汽车刹车都可以近似看成匀减速直线运动。

加速度 在不同的匀变速直线运动中,速度变化快慢是不一样的,因此我们需要引入一个物理量来描述速度变化快慢。

如上表 1-1 中,汽车速度增量与所用时间比值为 0.2m/s^2 ,即 1.0s 速度增加 0.2m/s ,而子弹在枪筒里击发,在 $2\times 10^{-3}\text{s}$ 内速度可以由零增至 900m/s ,速度增量与所用时间之比则为 $4.5\times 10^5\text{m/s}^2$,即 1.0s 速度增加 $4.5\times 10^5\text{m/s}$,显然子弹速度变化就远比此汽车速度变化快。

可见,速度增量与所用时间的比值可以反映速度变化快慢。

在匀变速直线运动中,物体速度增量与所用时间的比值,叫做匀变速直线运动的加速度。加速度用 a 表示,则

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} \quad (1-3)$$

式中 v_0 表示初速度; v_t 表示末速度; $v_t - v_0$ 表示 t 时间内速度增量(通常用 Δv 表示,即 $\Delta v = (v_t - v_0)$)。

在 SI 中,加速度单位是米/秒²,符号是 m/s^2 ,读做米每二次方秒。加速度是矢量,它的大小表示速度变化快慢,它的方向就是速度增量的方向。

在匀变速直线运动中,由于速度均匀变化,所以加速度 a 是常矢量(即大小,方向不变)。加速度表示方法与位移相同。本书取 v_0 方向为 x 轴正方向。如图 1-4 所示,当 $v_t > v_0$ 时, $a > 0$, a 为正值,则加速度方向与初速度方向相同,物体做匀加速直线运动(如图 1-4a);当 $v_t < v_0$ 时, $a < 0$, a 为负值,则加速度方向与初速度方向相反,物体做匀减速直线运动(如图 1-4b)。

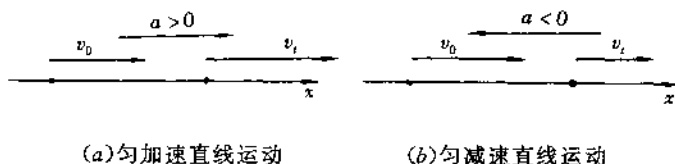


图 1-4

特别应当注意的是,速度与加速度是完全不同的两个物理量。速度是描述物体的运动状态,即运动快慢及方向;而加速度是描述物体运动状态的变化,即速度变化的快慢及速度变化方向,加速度只和速度变化的快慢相联系。物体速度变了,说明它具有加速度;物体具有加速度,经过一段时间速度就要变化。我们不能认为速度大,加速度一定就大,例如 F-11 隐形战斗机以 $1.0 \times 10^3 \text{m/s}$ 的速度匀速飞行,它的速度大,但速度不变,所以加速度为零;也不能认为速度为零,加速度就一定为零,例如,握在手中的物体,当松手瞬时,其速度为零,但它却具有向下加速度;也不能认为加速度方向与速度方向一定相同,匀减速直线运动时,加速度方向就可能和速度方向相反;以后的学习还可知道,曲线运动时,加速度方向与速度方向还不在于一直线上。

例题 1: 做匀变速直线运动的火车,在 50s 内速度由 10m/s,增加到 20m/s,求火车加速度。

解: 已知 $v_0 = 10 \text{m/s}$, $v_t = 20 \text{m/s}$, $t = 50 \text{s}$ 求 a

取 v_0 方向为正方向,则

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{20 - 10}{50} \text{m/s}^2 = 0.20 \text{m/s}^2$$

则火车加速度大小为 0.20m/s^2 ,其方向与初速度方向相同。

例题 2: 汽车紧急刹车,在 2.0s 内速度由 36km/h 减小到零,求汽车加速度(汽车刹车的运动可视为匀减速直线运动)。

解: 已知 $v_0 = 36 \text{km/h} = 10 \text{m/s}$, $v_t = 0$, $t = 2.0 \text{s}$,求 a

取初速度方向为正方向,则

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{0 - 10}{2.0} \text{m/s}^2 = -5.0 \text{m/s}^2$$

“—”说明汽车加速度方向与初速度方向相反(即做匀减速直线运动)。

习题 1-3

1. 下列说法正确的是:匀变速直线运动是速度均匀变化的运动;匀变速直线运动是加速度不变的运动;物体运动就有加速度,不运动就没有加速度;只要速度发生了变化,就一定有加速度。

2. 下列说法正确的是:物体运动快,它的加速度一定大;物体的速度变化大,它的加速度一定大;物体的速度变化快,它的加速度一定大;物体速度为零,它的加速度一定为零。

3. 下列运动可以看成匀变速直线运动,求它们的加速度。

(1)速度为 54km/h 的火车,制动 2.0s 以后停下;

(2)在 10s 内汽车速度由 3.0m/s,增加到 32.4km/h。

第四节 匀变速直线运动的规律

匀变速直线运动的速度公式 由 $a = \frac{v_t - v_0}{t}$ 可得 $v_t = v_0 + at$ (1-4)

式(1-4)就是匀变速直线运动速度公式。

匀变速直线运动的位移公式 作匀变速直线运动的 $v-t$ 图像,由 $v_t = v_0 + at$,在匀变速直线运动中的 v_0 、 a 是常量, v_t 是 t 的一次函数,故 $v-t$ 图像是一条直线,如图 1-5 所示。图 1-5a 是初速度不为零的匀加速直线运动的速度—时间图像,图 1-5b 是匀减速直线运动的速度—时间图像,图 1-5c 是初速度为零的匀加速直线运动的速度—时间图像。

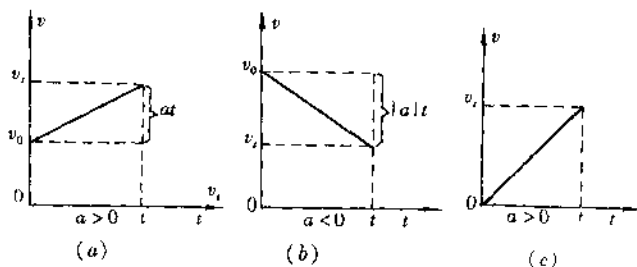


图 1-5

根据 $v-t$ 图像的物理意义可知,只要求出 $v-t$ 图像与时间轴所围“面积”即可知 t 时间内的位移。图 1-5 中梯形两底分别为 v_0 、 v_t ,高为 t ,所以

$$s = \frac{(v_0 + v_t)}{2} t$$

再将 $v_t = v_0 + at$ 代入上式,得

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (1-5)$$

式(1-5)就是匀变速直线运动的位移公式。

匀变速直线运动的平均速度 由 $s = \bar{v}t$ 和 $s = \frac{v_0 + v_t}{2} t$ 可得: