

卫生部规划教材

全国中等卫生学校教材

供社区医学 卫生医学 妇幼医学 放射医学
口腔医学 护理 助产 检验 临床检验 药剂专业用

物理学

第三版

主编 董品沪



四川出版集团
四川科学技术出版社

全国中等卫生学校教材

物 理 学

(供社区医学 卫生医学 妇幼医学 放射医学 口腔医学
护理 助产 检验 临床检验 药剂专业用)

主编 董品沪

主审 张崇俊

编委 肖邦新 肖擎纲

李红良 董品沪

四 川 出 版 集 团
四 川 科 学 技 术 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

物理学/董品沪主编. -3版. -成都:四川科学技术出版社,2000.6(2005.7重印)
全国中等卫生学校教材
ISBN 7-5364-0423-9

I.物... II.董... III.物理学-专业学校-教材
IV.04

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第22961号

全国中等卫生学校教材

物 理 学

主 编 董品沪
责任编辑 李迎军
封面设计 易 卫
版面设计 康永光
责任校对 戴林等
责任出版 周红君
出版发行 四川出版集团·四川科学技术出版社
成都盐道街3号 邮政编码 610012
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 12 字数 270 千
印 刷 四川广播电视大学印刷厂
版 次 1986年6月成都第一版
1998年6月成都第三版
印 次 2005年7月成都第30次印刷
定 价 12.00元
ISBN 7-5364-0423-9/R·73

■ 版权所有·翻印必究 ■

■ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。
■ 如需购本书,请与本社邮购组联系。
地址/成都盐道街3号
邮政编码/610012

全国中等医学教材编审委员会

主任委员：姜寿葆

副主任委员：陈咨夔 殷冬生

委员：（以姓氏笔画为序）

马惠玲	王同明	方茵英	王德尚	延 民	那功伟
朱国光	吕树森	李绍华	李振宗	李振林	陈心铭
吴忠礼	杨华章	洪启中	洪思劬	郭常安	张冠玉
张审恭	殷善堂	董品泸	谭筱芳		

第三轮中等医学教材出版说明

卫生部曾于 1983 年组织编写、陆续出版全国中等卫生学校 11 个专业使用的 77 种教材。1992 年又组织小修订,出版第二轮教材。为我国的中等医学教育作出了积极贡献。

为适应中等医学教育改革形势的需要和医学模式的转变,1993 年 11 月,卫生部审定、颁发了全国中等卫生学校新的教学计划及教学大纲。在卫生部科教司领导下,我们组织编写(修订)出版第三轮全国中等医学 12 个专业 96 种规划教材,供各地教学使用。

这轮教材以培养中级实用型卫技人才为目标,以新的教学计划及大纲为依据,体现“思想性、科学性、先进性、启发性、适用性”,强调“基本理论知识、基本实践技能、基本态度方法”。教材所用的医学名词、药物、检验项目、计量单位,注意规范化,符合国家要求。

编写教材仍实行主编负责制;编审委员会在教材编审及组织管理中,起参谋、助手、纽带作用;部分初版教材和新任主编,请主审协助质量把关。第三轮中等医学教材由人民卫生、河北教育、山东科技、江苏科技、浙江科技、安徽科技、广东科技、四川科技和陕西科技九家出版社出版。

希望各校师生在使用规划教材的过程中,提出宝贵意见,以便教材质量能不断提高。

卫生部教材办公室

1995 年 10 月

目 录

绪 论

- 一、物理学研究的对象和内容..... (1)
- 二、物理学与医学的关系..... (1)
- 三、认真学好物理学..... (2)
- 四、要认真做好练习..... (2)

第一章 力 学

- 第一节 机械运动..... (3)
- 第二节 力 (10)
- 第三节 功和能 (18)
- 第四节 液体的流动 (24)

第二章 振动和波

- 第一节 振动 (32)
- 第二节 波动 (34)
- 第三节 声波 (38)
- 第四节 超声波 (43)

第三章 热学和分子物理学

- 第一节 分子运动 内能 (47)
- 第二节 固体的热膨胀 (51)
- 第三节 气体的性质 (53)
- 第四节 液体的性质 (57)
- 第五节 湿度 (63)

第四章 电学

- 第一节 电场 (68)
- 第二节 直流电 (81)

第五章 电磁学

- 第一节 磁场 (90)
- 第二节 电磁感应 (94)
- 第三节 交流电 (98)
- 第四节 磁疗和电疗..... (105)

第六章 电子技术与电磁振荡

- 第一节 半导体的导电特性..... (107)
- 第二节 晶体二极管及其整流..... (109)
- 第三节 晶体三极管及其放大..... (112)
- 第四节 电磁振荡和电磁波..... (115)
- 第五节 高频电疗..... (119)

第七章 光 学

第一节	光度学·····	(121)
第二节	几何光学·····	(125)
第三节	物理光学·····	(143)
第八章 原子和原子核		
第一节	原子能级·····	(155)
第二节	激光·····	(159)
第三节	X 射线·····	(161)
第四节	原子核·····	(164)
第九章 阅读资料		
第一节	心电图·····	(171)
第二节	电子显微镜·····	(175)
第三节	X—CT ·····	(176)
第四节	核磁共振·····	(178)
附 录		
附录一	国际单位制 (SI) ·····	(181)
附录二	本书常用的物理恒量·····	(183)
附录三	希腊字母·····	(183)

绪 论

一、物理学研究的对象和内容

人类赖以生存的自然界,是由各种各样的物质构成的。物质的固有属性是运动。没有运动的物质和没有物质的运动,都是不存在的。地球的运行、微观粒子的运动、生物的代谢和人的思维等,都是物质运动变化的例子。物理学是研究物质的最基本、最普遍的运动形式和规律的科学。它研究的内容非常丰富,包括机械运动、分子热运动、电磁运动、原子和原子核内的运动等。物理学研究的这些运动,普遍地存在于其他高级的、复杂的物质运动形式之中。例如,大气压的生理作用、人体能量守恒问题、声波与耳、眼的光学系统、生物电、神经传导的生物物理问题、医学中的放射性核素等。在任何生物体内发生的生物过程,都与其组织中所发生的物理或化学过程相联系,一切自然现象,包括有生命的和无生命的在内,都毫无例外地要遵循能量守恒定律、万有引力定律等物理定律,因此,物理学是生命科学的基础。

在初中物理课中,同学们已经初步学习过机械运动、热运动、电磁现象和光现象等知识,懂得了许多物理概念,理解了一些物理定律,这使我们对物质世界有了初步的认识。但初中只学习了一些浅显的物理知识,学习的面也比较窄,更多的是一些现象的叙述,偏重于定性方面的知识。

在中等卫校的物理课中,同学们将要学习一些物理现象的本质和定量关系。例如,在力学中要学习牛顿运动定律、力的合成、功和能、流体力学的知识等;在电、磁、光学中,要学习一些定量关系,还要学习原子物理学的初步知识等,使我们的物理知识有较大的提高,并增强运用物理知识分析问题、解决问题的能力,以适应医学科学的需要。

二、物理学和医学的关系

物理学导源于人类的生产活动和科学实践。它的形成和发展,是和其他学科相辅相成的。在医学领域中,它是探讨机体内部生理和病理的特点、性质、过程等方面的基础之一。例如,人体内部发生的生理过程与物理过程相联系;神经传导的过程与电现象相联系;人体体温的调节跟热现象、能量的转换过程相联系,而且,人类生活在大自然中,生活环境对人体也有很大的影响。例如,温度、湿度、压强、电磁场和放射线等,与人的生存关系甚为密切,如果不了解这些物理因素的规律,就不可能了解人体在这些外界条件下活动的规律。

在基础医学的研究和医学的预防、诊断、治疗、药物制备和检验等方面的发展中,物理学的方法和技术是有力的工具。例如,显微镜、X射线(X-CT)、超声波、激光、放射性核素、核磁共振等的诊治,都是物理学的研究成果在医学上应用的范例。物理学的任何一个重要发明、发现和新理论的建立,可以说几乎没有一个不被医学采纳运用的。大量采用物理学的设备和方法,已成为现代医学的一个特征。事实上,物理学对医学的巨

大变革起了重大作用：显微镜的发明和电学理论的问世，使属于解剖水平的医学，衍生出了细胞学、组织胚胎学、病理学、微生物学和寄生虫学等，医学由此发展到了细胞水平。自从电子显微镜诞生后，医学又进入到亚细胞水平（超显微结构水平）。X射线衍射技术、波谱技术、电泳、色谱仪等的发明，又使医学进入到分子生物学水平，所以，物理学既是生命科学的基础，又推动着医学不断向前发展。作为现代的医学工作者要想顺利地搞好本职工作，必须具备一定的物理基础知识。

三、认真学好物理学

中等卫校的物理课学时少、内容多，因而进度快，这一特点同学们要尽快适应。要求同学们在学习中，上课前做好预习，上课时专心听讲，要勤于动脑，善于思考，注意思维能力、学习方法和学习能力的培养。

物理学与医学一样是实践性很强的科学，学习时必须遵守“实践—理论—实践”的原则，重视理论联系实际。因此，要认真做好物理实验。

四、要认真做好练习

做练习能加深对所学知识的理解，能发现自己所学不足之处，从而去弥补它；能逐步培养自己独立分析问题和解决问题的能力。

第一章 力 学

在物质的一切运动形态中，最简单的一种就是物体之间或者一个物体各个部分之间相对位置的变动，这种变动称为机械运动。例如，车辆、船只、飞机的运动；飞轮的转动；弹簧的振动；水和空气的流动等。力学研究的对象，就是机械运动的性质和它的客观规律。其他物理现象，如热现象、电磁现象中都伴随着机械运动。因此，力学知识是研究物理学其他部分的基础。

力学知识及其应用对人类影响很大。在牛顿力学和热力学的建立和发展基础上，人们成功地发明和制造了蒸汽机、纺织机、火车和轮船等，物理学上的这一重大突破，引起了工业革命，导致了生产和技术突飞猛进的发展。人类从此结束了只依赖人力和畜力做功的历史，使人类在进步中上了一个新的台阶。

研究医学科学、生物科学和医药器械离不开力学知识。例如，学习人体运动、血液循环，设计和检修医药器械等，都要涉及到力学。因此，必须重视本章的学习。

第一节 机械运动

机械运动的形式是各种各样的，就物体运动的轨迹来说，有的作直线运动，有的作曲线运动。物体运动时，有的运动得快，有的运动得慢，有的时快时慢。为了描述它们的运动规律，常用到质点、路程、位移、速度和加速度等有关物理量。另外，确定一个物体的运动，还必须选择一个假定不动的物体作参照，这个被选作参照的物体叫做参照物或参照系。例如，描述火车的运动，可以用铁路旁的电杆或树木作为参照系。除特殊情况外，一般都以地球作参照系。

一、质点 位移和路程

质点 任何物体都有一定的大小和形状，在研究物体运动时，为了使问题简化，常常忽略物体的大小和形状，把它当成一个具有物体全部质量的点来看待。这样的点，叫做质点。

在什么情况下，可以把物体看作质点呢？这要根据具体情况而定。例如，地球直径（约 1.28×10^4 千米）小于太阳与地球之间的距离（约 1.50×10^8 千米）的万分之一，所以，在研究地球绕太阳公转时，可以不考虑地球各部分运动的差别，而把地球看成质点；若研究地球的自转，其大小、形状就不能忽略，这时就不能再把地球当成质点了。又如，研究汽车在平直公路上行驶，由于车身上各部分的运动情况相同，当我们把汽车作为一个整体来研究它的运动时，就可把汽车当作质点；若研究汽车轮胎的运动，由于轮胎各部分运动情况不相同，那就不能把它看成质点了。

质点是一个理想模型，是科学研究的一种方法。在物理学中，常常用理想模型来代替实际研究的对象，以突出事物的主要方面，从而使问题简化便于研究，以后的章节中还会遇到。

位移和路程 质点在运动过程中，它的位置随着时间而改变。为了确定运动质点的位置变化，我们引入一个叫做**位移**的物理量。设质点原来在位置A，经过一段时间，沿路径C运动到位置B（图1-1）。在这段时间内，质点的位置改变是由A到B，位置改变的大小等于直线AB的长度，方向是由起点A指向终点B，质点的位移就是从初位置A指向末位置B的有向线段。像这样，不仅要知道它的大小，而且还要知道它的方向，才能完全确定的物理量，叫做**矢量**，例如力、速度、位移等都是矢量。仅由大小可以完全确定的物理量，叫做**标量**，例如路程、时间、温度等。

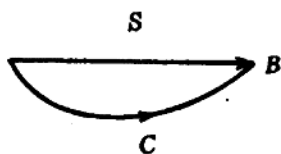


图1-1 位移和路程

位移与路程是不同的物理量，路程是质点运动所经过的路径的长短，没有方向，是标量，如图1-1中所表示的曲线ACB的长度。位移表示质点位置的改变，它只决定于质点的最初和最终位置，与质点运动的路径无关，是矢量。在一般情况下，质点运动的位移和路程是不相等的，即使在直线运动中，位移的路程也不能混为一谈。例如，一质点沿直线从A运动到B又折回到A点，显然路程等于A、B之间距离的两倍，而位移却等于零。只有当质点沿直线运动且方向不变时，位移的大小才与通过的路程相等。

位移和路程的单位相同，在国际单位制中，它们的单位都是米（代号是m）。

二、变速直线运动

在初中，我们已经学过了匀速直线运动的规律，实际上匀速运动比较少见，平常我们看到的运动，大多是非匀速运动。例如，飞机起飞时，运动越来越快。火车进站时，运动越来越慢，像这种在相等的时间里位移不相等的运动叫做**变速运动**。路径是直线的变速运动叫做**变速直线运动**。

变速直线运动的特点是运动的快慢程度不同，即在相等的时间内位移不全相等，所以，它没有恒定的速度。那么，怎样来描述它的运动快慢呢？粗略的办法是把它看作匀速运动。例如，一辆汽车，在半小时内行驶了36千米，尽管它的运动时快时慢，但我们设想汽车在这半小时内是匀速地通过了36千米，于是汽车的速度是 $\frac{36000 \text{ 米}}{1800 \text{ 秒}} = 20 \text{ 米/秒}$ 。这20米/秒就是汽车在这半小时内的平均速度。

在变速直线运动中，运动物体的位移和所用时间的比值，叫做这段时间内的**平均速度**。用S表示位移，t表示时间， $\bar{v}$ 表示平均速度，那么

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

平均速度的大小表示物体在这段时间内运动的平均快慢程度。它不但有大小，而且有方向，是矢量。它的方向就是物体位移的方向。在国际单位制中，它的单位是米/秒，读作米每秒（代号是m/s）。

〔例题〕 一位百米赛跑运动员的成绩是10秒，前50米用去5.5秒。求全程和前后半段的平均速度。

解：已知：S=100m，t=10s， $S_1=S_2=50\text{m}$ ， $t_1=5.5\text{s}$ ， $t_2=4.5\text{s}$

$$\text{全程：}\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{100}{10} = 10 \text{ (m/s)}$$

$$\text{前半段: } \bar{v} = \frac{S_1}{t_1} = \frac{50}{5.5} = 9.1 \text{ (m/s)}$$

$$\text{后半段: } \bar{v} = \frac{S_2}{t_2} = \frac{50}{4.5} = 11 \text{ (m/s)}$$

答：百米赛跑运动员跑完全程的平均速度是 10 米/秒，前后半段的平均速度分别是 9.1 米/秒和 11 米/秒。

由上例可见，平均速度与所取的时间间隔和位移段有关。因此，在计算平均速度时，必须明确是哪一段时间内或哪一段位移内的平均速度。

平均速度只能粗略地描述做变速运动的物体的运动情况，要精确地描述变速运动，就必须知道物体在某一时刻或通过某一位置时的速度，例如被发射的子弹经过枪口时的速度。运动物体在某一时刻（或某一位置）的运动速度叫做**即时速度**，简称**速度**。运动的初时刻和末时刻的速度，分别叫做**初速度**（记为 v_0 ）和**末速度**（记为 v_t ）。装在汽车上的速度计能测量汽车的即时速度的大小。

三、匀变速直线运动

在变速直线运动中，速度值会发生变化，其中最简单又最重要的变化方式是均匀变化。如某人骑自行车经过一条坡路，初速度为 2.0 米/秒，后来每经过 1 秒，速度便增加 0.4 米/秒；又如某汽车刹车前的速度是 10 米/秒，后来每经过 1 秒，速度便减少 0.6 米/秒。这物体做的就是匀变速运动。

物体作直线运动时，如果在相等的时间内速度的变化相等，这种运动叫做**匀变速直线运动**，简称匀变速运动。作直线运动的物体，当它的速度均匀地增加时，叫做**匀加速直线运动**；当它的速度均匀地减小时，叫做**匀减速直线运动**。石块从高处下落，炮弹在炮筒里的运动，车辆的启动和刹车，物体在斜面上的运动等都可以近视看作是匀变速直线运动。

不同的匀变速直线运动，速度的变化是不同的。汽车启动时，它的速度在几秒内从零增加到每秒十几米；而开炮时，炮弹的速度在千分之几秒内从零增加到每秒几百米。显然，汽车的速度变化较慢，炮弹的速度变化较快。

为了描述物体速度变化的快慢，物理学上引入了加速度的概念。

在匀变速直线运动中，速度的变化和所用的时间的比值，叫做**匀变速直线运动的加速度**。

做匀变速直线运动的物体在 t 这一段时间内，速度从初速度 v_0 变到末速度 v_t ，速度的改变等于 $v_t - v_0$ ，用 a 表示加速度，那么：

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} \quad (1-2)$$

加速度的单位，由时间和速度的单位确定。在国际单位制中，加速度的单位是米/秒²，读作米每二次方秒（代号是 m/s^2 ）。

加速度有大小和方向，是矢量。

如果取开始运动的方向为正方向，初速度的数值总是正的。上式中，当 $v_t > v_0$ 时，加速度 a 是正值，表示加速度方向与初速度方向相同；物体作匀加速直线运动；当 $v_t < v_0$ 时，加速度 a 是负值，表示加速度的方向跟初速度方向相反，物体作匀减速直线运动；当 $v_t =$

v_0 , 加速度为零, 表示速度没有改变, 物体作匀速直线运动。

〔例题〕 做匀加速运动的救护车, 在 20 秒内速度由 10 米/秒增加到 50 米/秒, 求救护车的加速度的大小。火车紧急刹车时做匀减速运动, 在 2 秒内速度从 10 米/秒, 减小到零, 求火车的加速度的大小。

解: (1) 已知 $v_0=10\text{m/s}$, $v_t=50\text{m/s}$, $t=20\text{s}$, 所以救护车的加速度是:

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

(2) 已知 $v'_0=10\text{m/s}$, $v'_t=0$, $t'=2\text{s}$, 火车的加速度是:

$$a = \frac{v'_t - v'_0}{t'} = \frac{0 - 10}{2} = -5 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

答: 救护车的加速度的大小是 2 米/秒²。火车紧急刹车时的加速度的大小是 5 米/秒², 负号在这里表示火车做减速运动。

四、匀变速直线运动的公式

速度公式 由式 (1-2), 可改写成匀变速直线运动的速度公式:

$$v_t = v_0 + at \quad (1-3)$$

式 (1-3) 说明了匀变速直线运动的即时速度 v_t 随时间 t 变化的规律。如果知道了初速度 v_0 和加速度 a , 就可以求出任一时刻 t 的速度 v_t 。

〔例题 1〕 一列以 72 千米/小时的速度行驶的火车, 在到达一座铁桥前 90 秒开始减速, 做匀减速运动, 加速度的大小是 0.1 米/秒²。火车到达铁桥时的速度是多大?

解: 已知 $v_0=72\text{km/h}=20\text{m/s}$, $a=-0.1\text{m/s}^2$, $t=90\text{s}$

$$\begin{aligned} \text{由 } v_t &= v_0 + at = 20\text{m/s} + (-0.1) \times 90\text{m/s} \\ &= 20\text{m/s} - 9\text{m/s} = 11\text{m/s} \end{aligned}$$

答: 火车到达铁桥时的速度是 11 米/秒。

位移公式 由式 (1-1) 知道, 做变速运动的物体在时间 t 内的位移 s , 等于物体在这段时间内的平均速度 $\bar{v}$ 和时间 t 的乘积, 即 $s = \bar{v}t$ 。由于匀变速运动的速度是均匀改变的, 它在时间 t 内的平均速度 $\bar{v}$, 就等于时间 t 内的初速度 v_0 和末速度 v_t 的平均值, 即

$$\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2} \quad (1-4)$$

将式 (1-4) 代入 $S = \bar{v}t$ 中, 得到 $S = \bar{v}t = \frac{v_0 + v_t}{2} \cdot t$, 其中 $v_t = v_0 + at$, 所以

$$S = v_0t + \frac{1}{2}at^2 \quad (1-5)$$

式 (1-5) 也适用匀减速直线运动, 只不过加速度是负值, 所以上式是匀变速直线运动的位移公式。它表明了匀变速直线运动的位移怎样随着时间而改变。

利用式 (1-3) 和式 (1-5), 可以写出下面两式:

$$v_t - v_0 = at \quad (1)$$

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

用以上两式相乘, 得 $v_t^2 - v_0^2 = 2aS \quad (1-6)$

式(1-6)表明了速度与位移的关系,在时间 t 未知的情况下,运用它来解题往往比较方便。

〔例题2〕一艘宇宙飞船以 20米/秒^2 的加速度运动,问速度从 7.0千米/秒 均匀增加到 9.0千米/秒 ,需要多少时间?在这段时间内,飞船通过的位移是多少?

解一:已知 $a=20\text{m/s}^2$, $v_0=7.0\text{km/s}=7\times 10^3\text{m/s}$, $v_t=9.0\text{km/s}=9\times 10^3\text{m/s}$

由公式 $v_t=v_0+at$ 得到

$$t=\frac{v_t-v_0}{a}=\frac{9\times 10^3-7\times 10^3}{20}=100\text{ (s)}$$

$$S=\bar{v}t=\frac{v_0+v_t}{2}\cdot t=\frac{7\times 10^3+9\times 10^3}{2}\times 100=8\times 10^5\text{ (m)}$$

解二:由 $S=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 可求解

$$\begin{aligned} S &= 7\times 10^3\times 100\text{m} + \frac{1}{2}\times 20\times 100^2\text{m} \\ &= 7\times 10^5\text{m} + 1\times 10^5\text{m} = 8\times 10^5\text{m} \end{aligned}$$

解三:由 $v_t^2-v_0^2=2aS$ 也可以求解

$$S=\frac{v_t^2-v_0^2}{2a}=\frac{(9\times 10^3)^2-(7\times 10^3)^2}{2\times 20}=8\times 10^5\text{ (m)}$$

答:宇宙飞船需要 100秒 的时间才能通过 $8\times 10^5\text{米}$ 的位移。

当匀变速直线运动的初速度等于零时,上述三个公式分别变成:

$$v_t=at \quad (1-7)$$

$$S=\frac{1}{2}at^2 \quad (1-8)$$

$$v_t^2=2aS \quad (1-9)$$

〔例题3〕某种飞机起飞前,在跑道上匀加速滑行,要 20秒 才能达到起飞速度 80米/秒 ,问跑道至少要多长?

解一:已知 $v_0=0$, $v_t=80\text{m/s}$, $t=20\text{s}$ 。

由公式 $v_t=at$ 得到:

$$a=\frac{v_t}{t}=\frac{80}{20}=4\text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$\text{代入公式 } S=\frac{1}{2}at^2=\frac{1}{2}\times 4\times 20^2=800\text{ (m)}$$

解二:应用 $v_t^2=2aS$ 求解,得到:

$$S=\frac{v_t^2}{2a}=\frac{80^2}{2\times 4}=800\text{ (m)}$$

解三:应用 $S=\bar{v}t$ 也可求解

$$\text{因: } \bar{v}=\frac{v_0+v_t}{2}$$

$$\text{故: } S=\frac{v_0+v_t}{2}\cdot t=\frac{0+80}{2}\times 20=800\text{ (m)}$$

答:跑道至少要 800米 。

五、自由落体运动

物体下落的运动是一种常见的而且重要的运动。挂在线上的重物,如果把线剪断,它

在重力的作用下就沿着竖直方向越来越快地下落。从手中释放的石块，在重力作用下也沿着竖直方向越来越快地下落，可见物体下落的运动是变速直线运动。

不同物体的下落运动，情况是否相同呢？



拿一根长 1.5 米，一端封闭，另一端有管口的玻璃筒（图 1-2）把形状和重量都不同的物体，例如金属片、小羽毛等放入筒内，如果筒里有空气，把筒倒转后，这些物体落下的快慢互不相同。如果把筒里的空气抽去，这些物体落下的快慢就相同了。

平常我们看到物体落下的快慢不同，并不是由于它们的重量不同，而是由于它们受到空气的阻碍作用不同的缘故。

在没有空气的空间里，物体只在重力作用下从静止开始下落的运动，叫做**自由落体运动**。在有空气的空间里，如果空气的阻力作用比较小，且可以忽略不计，物体的下落也可以看作是自由落体运动。

直观告诉人们，自由落体运动是变速直线运动，但它是哪种类型的变速直线运动呢？下面用实验来研究这个问题。

图 1-3 是小球自由落体的闪光照片，它是每隔 $1/30$ s 的时间拍摄的。我们以 $1/10$ s 为单位，用刻度尺去量图 1-2 自 一下 $1/10$ s、 $2/10$ s、 $3/10$ s……的位移，可以发现：小球由落体实验 通过的位移与时间的平方成正比。即 $S_1 : S_2 : S_3 : \dots = 1^2 : 2^2 : 3^2 : \dots$ 。可见，自由落体运动符合 $S = \frac{1}{2}at^2$ 的运动规律。所以，**自由落体运动是初速度为零的匀加速直线运动**。

上述实验表明，只要金属片和小羽毛的位移 S 相同，所用的时间 t 也相同。这说明在同一地点，不同物体作自由落体运动的加速度都一样，这一加速度叫**重力加速度**，通常用 g 来表示。

g 的方向总是竖直向下的，它的大小可以用实验方法求出。例如，使钢球从一定高度落下，量出所用的时间，就可以计算出 g 的大小。

在地球上不同的地方， g 的大小略有差别。例如，在赤道 $g = 9.780$ 米/秒²，在北极 $g = 9.832$ 米/秒²，在北京 $g = 9.801$ 米/秒²。同一地点的不同高度上重力加速度也不等，如果高度不太高，则每升高 1 千米，重力加速度的减小不超过原来的 $3/10^4$ 。一般在离地面不太高的空间，重力加速度取 $g = 9.8$ 米/秒²，在粗略的计算中，也可以把 g 取作 10 米/秒²。

自由落体运动既然是初速度为零的匀加速运动，这种运动必然遵从式 (1-7)、(1-8) 和式 (1-9) 所表示的运动方程。在自由落体运动中，若用 h 表示在时间 t 内下落的高度，用 v_t 表示 t 秒末的速度，用 g 来代替 a ，那么

$$v_t = gt$$



图 1-3 自由落体闪光照片

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

$$v_t^2 = 2gh$$

〔例题〕 钢球从 17.6 米高的地方落下的时间是 1.9 秒，求重力加速度和末速度。

解：已知 $h = 17.6$ 米， $t = 1.9$ 秒；求 g 和 v_t 。

根据公式 $h = \frac{1}{2}gt^2$

$$\text{得到 } g = \frac{2h}{t^2} = \frac{2 \times 17.6}{1.9^2} = 9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$\text{由公式 } v_t = gt = 9.8 \times 1.9 = 18.6 \text{ (m/s)}$$

答：重力加速度为 9.8 米/秒²，末速度为 18.6 米/秒²。

六、匀速圆周运动

圆周运动是我们在实际生活中经常遇到的一种运动。例如，皮带轮和飞轮上各点的运动，就是圆周运动；电动机转子和电风扇叶片上各点的运动，也是圆周运动。总之，路径是圆的运动叫做圆周运动。

质点沿圆周运动时，如果在相等的时间里通过的圆弧长度相等，这种运动就叫做**匀速圆周运动**。砂轮上每一点的运动，人造地球卫星绕地球的运动，都是匀速圆周运动。

在描述匀速圆周运动时，常用下面几个物理量：

周期和频率 质点沿圆周运动一周所需要的时间叫**周期**，用 T 表示。 T 越大，表示质点旋转得越慢； T 越小，表示质点旋转得越快。在国际单位制中，它的单位是秒。

质点在一秒钟内沿圆周运动的周数，叫做**频率**，用 f 表示。 f 越大，表示质点旋转得越快； f 越小，表示质点旋转得越慢。在国际单位制中，它的单位是 1/秒（代号是 1/s 或 s^{-1} ），又称为赫兹（代号 Hz），简称赫。

如果在一秒钟内运动 f 周，那么运动一周所需要的时间是 $1/f$ ，所以：

$$T = \frac{1}{f} \text{ 或 } f = \frac{1}{T} \quad (1-10)$$

〔例题〕 如果电风扇每分钟转 2700 周，那么电风扇上每一点（轴心除外）的周期和频率各是多少？

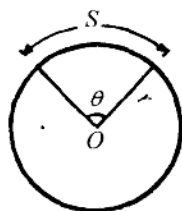


图 1-4 角速度

$$\text{解： } T = \frac{1}{2700/60} \text{ s} = \frac{1}{45} \text{ s} = 0.022 \text{ s}$$

$$f = \frac{2700}{60} \text{ s}^{-1} = 45 \text{ s}^{-1}$$

答：周期为 0.022 秒，频率为 45 赫兹。

角速度和线速度 如图 1-4 所示，质点沿圆周旋转得越快，在相等的时间 t 内连接质点和圆心的半径所转过的角度 θ 就越大；反之就越小。所以比值 θ/t 可以表示质点绕圆心旋转的快慢程度。

质点做匀速圆周运动时，连接质点和圆心的半径转过的角度 θ 跟所用时间 t 的比值，叫做匀速圆周运动的**角速度**，用 ω 表示

$$\omega = \theta/t \quad (1-11)$$

在国际单位制中，角速度的单位是弧度/秒（代号是 rad/s），读作弧度每秒。如果物

体做匀速圆周运动的周期是 T 秒, 在时间 T 内半径转过角度是 2π 弧度, 那么,

$$\omega = 2\pi/T \text{ 或 } \omega = 2\pi f \quad (1-12)$$

质点做匀速圆周运动时, 它所通过的圆弧长 S 跟所用时间的比值, 叫做匀速圆周运动的线速度 v , 即 $v = S/t$ 。线速度是表示质点做圆周运动的快慢程度, 其方向为该点圆周的切线方向。

如果质点沿半径 r 的圆周运动一周所通过的圆弧长 $s = 2\pi r$, 所用时间为周期 T , 那么

$$v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r f \quad (1-13)$$

质点做匀速圆周运动时, 线速度的大小虽然不变, 但它的方向却时刻在改变, 所以, 匀速圆周运动实际上是一种变速运动。

比较以上两式, 得到

$$v = r\omega \quad (1-14)$$

式 (1-14) 表示了线速度的大小跟角速度的关系。

〔例题 1〕 一架高空侦察机, 在高空沿半径为 3.0 千米的圆周水平盘旋, 周期为 2 分, 求它盘旋的角速度和线速度的大小?

解: 已知 $r = 3.0\text{km} = 3 \times 10^3\text{m}$, $T = 2\text{min} = 120\text{s}$ 。

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \times 3.14}{120} \text{rad/s} = 5.23 \times 10^{-2} \text{rad/s}$$

$$v = r\omega = 3 \times 10^3 \times 5.23 \times 10^{-2} \text{m/s} = 1.57 \times 10^{-2} \text{m/s}$$

答: 高空侦察机盘旋的角速度和线速度的大小分别是 5.23×10^{-2} 弧度/秒和 1.57×10^2 米/秒。

〔例题 2〕 一蒸汽轮机的转速为 3.0×10^3 转/分, 它的角速度是多大? 在飞轮上与转轴相距 0.20 米处的线速度是多大?

解: 已知 $f = 3.0 \times 10^3 \text{ 转/min} = 50 \text{ 转/s}$, $r = 0.20\text{m}$ 。

因蒸汽轮机每转一周, 半径所转过的角度为 $2\pi\text{rad}$, 它每秒 50 转, 即 $50r/\text{s}$, 则

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 50 \text{rad/s} = 314 \text{rad/s}$$

$$v = r\omega = 0.20 \times 314 \text{m/s} = 62.8 \text{m/s}$$

答: 汽轮机的角速度为 314 弧度/秒, 在飞轮上与转轴相距 0.20 米的线速度是 62.8 米/秒。

第二节 力

一、力 几种常见的力

力的概念 人们对力的认识, 最初是从日常生活或生产劳动中, 对物体推、拉、压等肌肉活动中得到的。用手推动小车、提起重物、拉长或压缩弹簧时, 肌肉会感到紧张, 我们就说, 人对小车、重物、弹簧用了力。不仅人对物体能发生力的作用, 物体对物体也能发生力的作用。如机车牵引列车前进, 机车就对列车施加了力。总之, **力是物体对物体的作用; 一个物体受到力的作用, 一定有另一个物体对它施加作用。力是不能离开物体而独立存在的。**

用力推小车, 小车受到力的作用就会运动; 关闭了发动机的汽车, 受到车轮跟地面