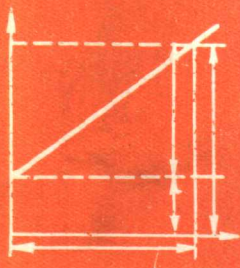


高中物理教学参考读物

运动学

上海教育出版社



上海市物理学会中学物理教学研究委员会编

高中物理教学参考读物

运 动 学

上 海 市 物 理 学 会
中学物理教学研究委员会编
上 海 教 育 出 版 社

高中物理教学参考读物

运 动 学

上海市物理学会

中学物理教学研究委员会编

上海教育出版社出版

(上海永福路123号)

新华书店上海发行所发行 江苏启东印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 3.125 字数 66,000

1957年5月新知识第2版

1959年4月新1版 1962年5月新2版

1981年10月新3版 1981年10月第15次印刷

印数 355,001—405,000本

统一书号: 7150·495 定价: 0.28元

修订版前言

上海市物理学会中学物理教学研究委员会从1956年开始所主编的一套《高中物理教学参考读物》共14册,先后经过四年的时间,到1959年陆续出齐。编写目的是以当时的《中学物理教学大纲》为依据、结合中学物理教学的需要,帮助教师更好地掌握教材,以提高教学质量。问世以来,颇得读者的支持和关怀。在文化大革命前曾多次重印,其中有几本印数多达数十万册。其间也曾根据读者所提意见作过修订和适当补充,重新排版出了几次修订本。粉碎“四人帮”后,为了满足广大师生对物理参考书的需求,又重印了一次。但物理科学近年来发展较快,它在社会主义建设和实现“四化”的过程中起着重要的作用,为了适应这些要求,原书不足之处很多,须作进一步的修订。为此,我们在维持原书面目不过多改变和原篇幅不过多扩大的前提下,根据教育部最近颁布的《全日制十年制学校中学物理教学大纲》(试行草案)和当前中学物理的教学情况,在内容上适当加深加广;处理教材的方法上力求新颖,以供教师备课时参考,并对学有余力的同学提供课外补充读物,加深理论和扩大知识面。单位制以SI制为主,如有必要亦适当介绍其他单位制。适当更新插图内容,增补一些有参考价值的例、习题。删去比较陈旧烦琐的内容,努力做到取材精练新颖,争取能够反映我们国家的新成就。

本书原由束世杰、江浩、杨逢挺、陈泰年等同志编写，现参加修改的为孙绿漪同志。由于我们对中学物理的教学经验不足，又是在匆忙中完稿，疏忽和错误不妥之处在所难免，请读者随时予以指正。

目 录

力学发展简史	1
第1章 匀速直线运动	5
一、机械运动	5
二、运动和静止的相对性	6
三、固体的平动与转动	8
四、质点的概念	9
五、位移	10
六、运动的速度	11
七、匀速运动的位移图线和速度图线	12
八、运动的合成	14
九、速度的合成与分解	16
十、相对速度	21
第2章 匀变速直线运动	25
一、变速运动	25
二、平均速度和即时速度	26
三、加速度	31
四、平均加速度和即时加速度	32
五、匀加速直线运动	34
六、初速度等于零的匀加速运动的速度	35
七、初速度不等于零的匀加速运动的速度	36

八、初速度为零的匀加速运动的位移	37
九、初速度不为零的匀加速运动的位移	41
十、匀加速运动公式	42
十一、自由落体运动	47
十二、自由落体的加速度	49
十三、竖直下抛物体的运动	51
十四、匀减速运动	51
十五、竖直上抛物体的运动	56
第3章 刚体运动学	64
一、刚体 刚体运动的基本形式	64
二、刚体的平动	65
三、刚体绕固定轴的转动	67
四、绕固定轴转动的刚体上某一点的运动	69
五、传动装置	71
复习参考题	80
附录 部分参考问题的解法提示	86

力学发展简史

运动学是力学的一个部门。力学是研究物质的最简单的运动形态以及引起这种运动的原因的学问。这里所谓物质的运动是指一个物体对另一个物体、或物体内一部分对另一部分间的相对位置变动,也即是机械运动。

力学是历史上最悠久的一门科学。这是由于人类在生产劳动和生活斗争中最容易接触到有关力学方面的问题,因此,就积累了这方面的丰富的知识,具体表现在许多复杂的军事工程和伟大的建筑物上。例如:我国的万里长城、宫殿、宝塔、桥梁和运河;埃及的金字塔;巴比伦的古塔;希腊的海港;罗马的桥梁和堡垒;中古时代的城堡和庙宇等,这些都是劳动人民智慧的结晶。在日常生活中,人们也不断地接触到力学知识,并且在生产实践中利用这些知识。所以力学在各种自然科学中最富有直观性,而且发展得最早,范围也很广。

象多数的现代科学一样,从力学的零星知识总结成为一门有系统的科学,是历代学者不断地运用实践和认识的相互过程,积累出许多基本规律而逐步完成的。

在公元前五世纪春秋战国时代,我国伟大的学者墨翟(公元前468—392)就已知道许多力学和光学方面的现象和规律。在他所著墨经中对力的概念、重和运动间的关系以及杠杆的原理都有明确的阐述。在光学方面对光的直进、反射和

成象的道理也有详细的记载。后来汉代的张衡(公元78—139年)发明了候风地震仪和许多观察天文仪器,也是以力学知识为基础的。在我国古代著作中包含着不少这样珍贵的资料。

在公元前三世纪,希腊出现了一位伟大的物理学家和数学家阿基米德(公元前287—212年),他创立了杠杆理论,发现了流体静力学的基本定律,研究了平面形体的平衡和物体的重心,发明了许多机械,奠定了静力学的基础。

十六世纪以后,资本主义经济逐渐萌芽,由于生产力的发展,要求人类掌握更多更深入的自然规律为人类服务,这就给科学首先是力学提供了进一步发展的必要条件。例如随着贸易竞争、航海和水陆运输的频繁,造船、筑路、建港和军事等方面需要解决更多的技术问题,这就很自然地促进了力学的发展。十六世纪到十八世纪是人才辈出的年代,其中在力学方面贡献最大的有伽利略(1564—1642年)、惠更斯(1629—1695年)和牛顿(1642—1727年)。伽利略广泛地阐明了力学的基本定律,他研究了匀加速运动和匀减速运动中很多非常重要的性质,从而奠定了运动学的科学基础。他说“……人们都知道自由落体的运动是加速运动,但是加速度究竟是按照怎样的规律来变化的呢?这个问题到现在还没有阐明。据我所知,还没有谁证明出:落体在等长时间内所通过的空间(路程)之比和循序增加的奇数之比是一样的。又譬如,人们已经发现了:抛射出去的物体或炮弹的轨道是一条曲线;但是却没有指出这曲线就是抛物线。”

在伽利略以前,作用于物体上的力,都是用静力学的方法来测量的。伽利略首先指出力是速度变化的原因,创立了动力学上的力的概念。

伽利略在力学方面研究的重要意义,不仅在于他所获得的许多宝贵成果,更突出的在于他采用了系统的实验方法来研究力学现象。例如:在振幅很小时单摆运动的等时性定律、质点在斜面上的运动规律等都是伽利略通过观察和实验研究出来的。所以我们可以说,从伽利略开始,力学变成了一门自然科学,它的发展是和工程技术方面的需要有密切联系的,同时从伽利略起,科学实验开始被有计划地应用于力学的研究中,变成研究力学运动的一种重要方法。

惠更斯继承了伽利略的研究,而且加深了关于摆动的理论,并将伽利略的动力概念推广到由许多质点构成的物体发生平动的问题上。

现代力学基础的建立是由牛顿最后完成的。他不但集前人之大成,而且采用了数学方法简化了力学规律的表述方式;并规定力学是研究任意力所产生的运动以及产生运动所需的力的学说。他阐明作用和反作用定律和万有引力定律。牛顿运动第一和第二定律是根据伽利略研究所得的结果总结起来的,但概括的范围较广,因此我们可以根据这个基本定律研究许多由可变力所产生运动变化的问题。

伽利略和牛顿所奠定的力学,现在叫做牛顿力学或经典力学。牛顿以后,力学的发展可说是一日千里。在十八、十九两世纪中,许多杰出的物理学家在牛顿定律的基础上发扬光大了经典力学,使其成为一门理论严密、体系完整的科学,而且在其他自然科学和工程技术各方面,经典力学也获得了广泛的应用,以致在十九世纪末叶,不少科学家错误地认为一切自然现象都可以用力学概念和定律来说明,这就形成了哲学上机械唯物论的观点。

从十九世纪末叶以来,物理学进一步发展后,人们才知道

牛顿力学并不能完满地解释一系列新发现的现象，有加以修正的必要。1905 年爱因斯坦发表了著名的相对性原理，使力学可以适用于接近光速的物体运动；普朗克的量子概念和薛定谔等人创立的量子力学，使力学可以处理分子、原子等微粒的运动。应该指出，我们关于力学的知识是以经典力学的基础逐步扩展和加深的，力学理论也逐步修正而更加完满，这并不说明经典力学已被推翻或废弃不用，在一定范围内，经典力学的理论对于力学现象的解释仍然是正确的。相对论力学对于低速物体的运动，量子力学对于质量较大物体的运动都得出和经典力学完全相同的结果，因此，在初级物理学中，经典力学中的各项定律是足够精确的。下面我们将讨论经典力学中的一些基本现象、规律和概念。

第 1 章

匀速直线运动

一、机械运动

整个自然界是由各种各样的物质组成的，一切物质总是在不断发展着和变化着，也就是说，物质总是在运动着。运动是物质内在的属性，是物质存在的形式。物质不能被创造也不会被消灭，运动也是一样的，运动与物质是形式与内容的关系。在自然界中，没有不运动的物质，也没有可以和物质分割开的运动。运动的意义即是指一般的变化而说的，因为物质的变化是多种多样的，所以物质的运动也有各种不同的形式。电磁的变化和原子核的裂变是运动；铁的生锈是运动；动植物的生长和死亡是运动；人类的思维也是运动。在哲学上把所有运动分为机械的运动、物理的运动、化学的运动、生命的运动以及社会的运动五种基本形式。各种运动并不是互相孤立而是相互联系着的。

机械运动是指物体与物体间或是物体的一部分和另一部分间相对位置的变动,是最基本、最简单的运动形式。火车开动后,火车和车站间的相对位置有了变化,那末我们说火车相对于车站有了机械运动。把一根弹簧拉长或压缩时,弹簧的一部分相对于另一部分也做了机械运动。在力学中所讨论的运动都是属于机械运动,以后可以把“机械”二字省去而简称为运动。

二、运动和静止的相对性

各种机械运动都是相对的,如果我们只考察某一物体而不注意与其他物体的相互位置的关系,那就无从判别这物体是否在运动,也就是说从物体本身是看不出它是否在运动的。假设自然界中只有一个物体,那末这一个物体的运动与否就无法决定。因为某种原因看不见窗外的物体,而船的开动又非常平稳时,坐在轮船里的旅客常会相互询问轮船是否在开动,这就是因为只注意轮船本身是不能决定它是否在运动的。同样,地球上的人,若不观察天空的星体,就不能知道地球是否在运动。

当我们认为某一物体在运动,那一定是对另一物体而说的,在这时候,后者被当做静止不动的,这当做静止不动的物体或物体群就构成一参考系统^①。同一物体相对于不同的参考系统来讲,它的运动情况是不同的。人静坐在快速前进的火车里,相对于火车讲,人是不动的,因为人和火车的相对位置是不变化的;但是相对于地面上固定的物体讲,那就应该说人动得很快了。地面上的树木房屋相对于地球讲是不动的,

^① 或者叫参照物。

但地球绕太阳而运动,地球相对于太阳讲是运动的,因此地面上的树木房屋都因地球的运动而运动。所谓地球相对于太阳而运动,是以太阳当做参考系统而讲的,但太阳对于整个银河系是以 200 千米每秒的速度而运动的。所以当我们研究物体的机械运动时,当做静止不动的物体实际上都在运动着。在自然界中找不出一个绝对静止不动的物体,所有的物体都在运动着,所有的运动都是相对的。

在研究两个物体的相对运动时,应该把其中一个物体当做静止不动,而考察另一个物体相对于这个物体是否在运动。到底应该把那一个物体当做静止,来观察另一个物体的运动,这要看问题的性质来决定。甲乙两汽车在同一条平直的公路上向东开行,甲开得较乙快,坐在乙车中的人说,甲车是向东运动,这是以乙车当做参考系统的。坐在甲车里的人说,乙车是向西运动,这是以甲车当做参考系统而说的。轮船开了,坐在船上的小孩说,岸上的房屋树木向后动,这小孩是以船当做参考系统的。站在岸上的人说,船向前开动了,这是以岸当做参考系统而讲的。

在各种各样运动中,也可能有这样的运动,就是在运动中的两物体彼此间的相对位置不变。例如两艘轮船在湖中以同一快慢和同一方向开行,这时他们的相对位置不变,这样的运动状态叫做相对静止。相对静止是相对运动的特殊情况。所以地面上的湖、山、城镇虽然都随着地球而运动,但是它们间的相对位置没有变化,所以它们互相保持着相对静止。

在物理学上除了研究地球或天体的运动外,平常我们说物体是运动或静止,都是相对于地球而讲的,也就是说,若此后我们所谈的运动以地球作为参考系统时,为了简便起见,可以省去“相对”二字。

三、固体的平动与转动

即使机械运动也有各种不同形态和十分复杂的性质。学习的顺序总是由浅入深,由简到繁,因此在力学中把实际的运动分成一些比较简单的运动,先研究简单的运动然后再研究复杂的运动。平动和转动是机械运动中最简单、最基本的两种形式。

一个运动着的物体,如果在物体上取任意两点所联成的

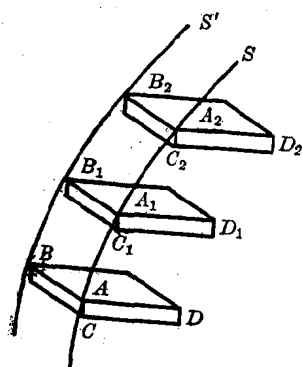


图 1-1 平动

直线在整个运动中都是互相平行的,那末这个物体的运动就叫做平动,或称移动。如图 1-1 所示,平行六面体代表一固体,运动时,它的棱 AB 位置虽不断变化,但始终是平行的,即 $AB \parallel A_1B_1 \parallel A_2B_2$; 所有其他任意两点的连线在运动时也是平行的,例如: $AC \parallel A_1C_1 \parallel A_2C_2$ 以及 $AD \parallel A_1D_1 \parallel A_2D_2$ 等,这时物体在作平动。作平动的时候,物体上在同一

时刻各点的速度和加速度都是相同的,在同一时间内各点运动的轨迹也都是一样的。物体上各点运动的轨迹是直线的叫做直线运动,是曲线的叫做曲线运动。抽屛从桌内拉出时的运动是直线运动。图 1-1 所示六面体的运动是曲线运动。

如果固体内所有各点都绕同一直线作大小不同的圆周运动,这种运动就叫做转动。这直线称为转动体的轴线。转动体上所有各点的速度和加速度等不尽相同。机器上的飞轮是

转动体的一个实例。一般物体的运动都是平动和转动并合而成的复杂运动。

四、质点的概念

机械运动研究的是物体相对位置的变化,所以,研究运动的一个重要任务是要确定物体在各个时刻的相对位置。物体都具有一定的形状大小,一般说来,物体上各点相对于一参照物的位置各不相同,在运动中各点的位置变化也各不相同。所以要详细描述物体的位置及其变化,并不是一个简单的问题。但是在某些情况,可以不考虑物体的形状和大小,而把它看作是一个点,这样,就会使研究问题大大简化。用来代替物体的点叫做质点。

在什么情况下可以把物体看作是一个质点呢?

第一种情况:当物体的大小和问题中的其他距离相比为极小时,我们可以把物体看成质点。例如,研究地球绕日运动时,因为地球的大小(半径约 6.4×10^6 米)和它离太阳的距离(约 1.5×10^{11} 米)相比非常小,地球上各点到太阳的距离可以看作是相同的,即地球的形状大小可以忽略不计,这时就可以把地球当作质点。在研究地球的自转时,地球上各点至转轴的距离各不相同,这时就不能忽略地球的形状大小了,当然也就不能把地球当作质点了。

第二种情况:当固体作平动时,可以把物体看作质点。因为我们已讲过,固体作平动的时候,固体上各点的运动是完全相同的,因此在研究固体作平动时,我们只须研究它的任何一点就够了,不必考虑它的大小和形状,这时我们把它当作质点看待也无尚不可。但当物体作转动时,物体各点的速度和加

速度是不同的,这时研究转动体上一点的运动情况(速度和加速度等)就不够了。

五、位 移

位移是描写物体在某段时间始末位置变化的一个物理量。如图 1-2 所示,物体在某段时间内,从 A 点运动到 M 点,

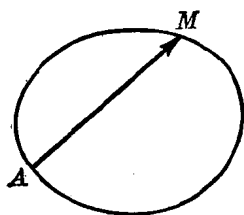


图 1-2 路程和位移

有向线段 AM 就是物体在这段时间内的位移。位移不仅有大小,而且有方向。在这里,线段 AM 的长代表位移的大小。线段上箭头的指向代表位移的方向。在物理学中,这种既有大小又有方向的物理量叫做**矢量**。

在物理学中还常常用**路程**这个物理量来描写物体位置的变化过程。但路程和位移是两个不同的物理量。路程描写的是物体在运动过程中实际通过的轨迹的长短。如图 1-2 中物体沿曲线从 A 运动到 M , 路程的大小就是曲线 AM 的长度。路程只有大小而没有方向。这种只有大小的物理量叫做**标量**。

在直线运动中,路程和位移在有些情况下是相等的,例如,物体沿 OB 直线由 O 到 A (图 1-3),路程和位移都是 OA 。在另外一些情况下则又不相等,例如物体沿直线由 O 到 B ,再由 B 回到 A , 那末路程为 $OB+BA$ (算术和), 而位移则仍为 OA 。

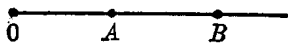


图 1-3 路程和位移