

力学部分

基础物理

湖南师范学院物理系

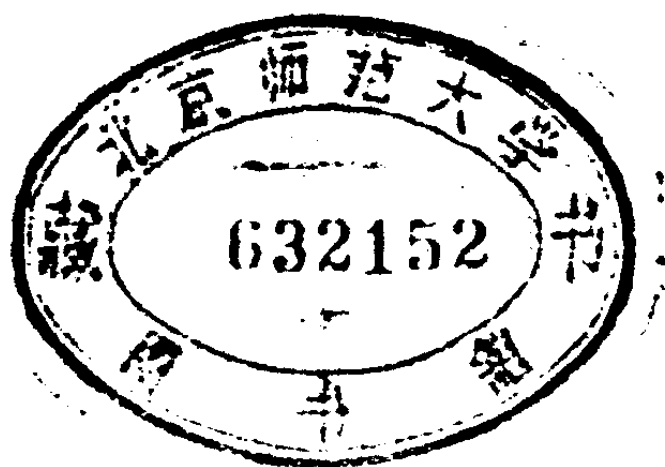
湖南人民出版社

基础物理

(力学部分)

湖南师范学院物理系

7.11.45/11



湖南人民出版社

基 础 物 理

(力学部分)

湖南师范学院物理系

*

湖南人民出版社出版
湖南省新华书店发行
湖南省新华印刷二厂印刷

*

1978年11月第1版第1次印刷
印数：1—50,000册 印张：11.25
统一书号：13109·44 定价：0.64元

目 录

引 言

第一章 直线运动(4)

第一节 参照系 质点.....(4)

一、机械运动的绝对性和相对性 参照系

二、质点

第二节 路程和位移.....(7)

第三节 直线运动的速度.....(8)

一、匀速直线运动 速度 二、变速直线运动

平均速度和瞬时速度

第四节 直线运动的加速度.....(14)

一、匀变速直线运动 加速度 二、平均加速

度和瞬时加速度

第五节 匀变速直线运动.....(17)

一、匀变速直线运动公式 二、自由落体运

动 竖直下抛运动 三、竖直上抛运动

第二章 运动和力(29)

第一节 力的基本概念.....(29)

一、力的涵义 二、力的三要素和图示法

第二节 常见的三种力.....(31)

一、重力 二、弹性力 三、摩擦力

第三节 力的平衡 力的量度.....(40)

第四节 力的合成与分解.....(41)

一、力的合成 平行四边形法则 二、力的分解
三、多个力合成的解析法

第五节 牛顿第一定律 惯性.....(51)

第六节 牛顿第二定律.....(54)

一、惯性的量度——质量 二、牛顿第二定律
的表述 三、质量和重量 四、力学单位制
五、量纲

第七节 牛顿第三定律.....(66)

第八节 运用牛顿运动定律解题举例.....(68)

第九节 动量和冲量 动量定理.....(74)

一、机械运动的转移 动量和冲量 二、动量
定理

第十节 动量守恒定律.....(80)

第三章 功和能.....(89)

第一节 功.....(89)

一、功的概念 二、变力的功

第二节 功率 机械效率.....(97)

一、功率 二、机械效率

第三节 动能 动能定理.....(104)

[2]

第四节 势能.....(109)

一、保守力和非保守力 二、势能

第五节 功能原理 机械能转化和守恒定律.....(118)

一、功能原理 二、机械能转化和守恒定律

三、能量守恒和转换定律

第六节 碰撞.....(127)

一、弹性碰撞 二、完全非弹性碰撞

第四章 物体的平衡(139)

第一节 在平面共点力系作用下物体的平衡.....(139)

第二节 力矩和合力矩定理.....(146)

一、力矩 二、合力矩定理

第三节 有固定转轴的物体的平衡.....(150)

第四节 同向平行力的合成 物体的重心.....(154)

第五节 力偶和平面力偶系的合成.....(164)

一、力偶 力偶矩 二、平面力偶系的合成

第六节 在平面一般力系作用下物体的平衡.....(168)

一、力的平移定理 二、平面一般力系的简化

三、在平面一般力系作用下物体平衡的条件

第七节 滚动摩擦.....(175)

第五章 曲线运动 转动(185)

第一节 物体作曲线运动的条件 速度的方向.....(185)

第二节 运动的独立性原理.....(187)

第三节 速度的合成和分解.....(189)

第四节 抛体运动.....(192)

一、平抛运动 二、斜抛运动

第五节 匀速圆周运动.....(197)

一、匀速圆周运动 二、向心加速度 三、
向心力和离心力

第六节 离心作用与离心机械.....(205)

第七节 刚体的定轴转动.....(208)

一、刚体运动的基本形式 二、角位移 角速度
三、角加速度 匀变速转动 四、转动惯量
五、转动定律

第八节 动量矩和冲量矩 动量矩守恒定律.....(223)

第九节 行星的运动 万有引力定律.....(226)

一、行星的运动 二、万有引力定律

第十节 地球上物体重量的变化.....(230)

第十一节 万有引力势能.....(232)

第十二节 三种宇宙速度.....(236)

一、第一宇宙速度 二、第二宇宙速度 三、
第三宇宙速度

第六章 振动和波(248)

第一节 简谐振动.....(249)

一、什么叫简谐振动 二、简谐振动中位移、
速度、加速度和时间的关系 三、简谐振动中

的振幅、周期和频率 四、简谐振动的位相和
位相差

第二节	单摆	(261)
第三节	简谐振动的能量	(267)
第四节	同一直线上同周期简谐振动的合成	(269)
第五节	阻尼振动 受迫振动和共振	(272)
	一、阻尼振动 二、受迫振动和共振	
第六节	机械波的产生 横波和纵波	(278)
	一、机械波产生的条件 二、横波与纵波	
第七节	波的速度 波长和频率	(282)
第八节	惠更斯原理 波的反射和折射	(284)
第九节	平面简谐波的波动方程	(291)
第十节	波的迭加原理 波的干涉	(299)
第十一节	声频声波与超声	(304)

第七章 流体的力学性质 (308)

第一节	静止流体的压强	(309)
	一、流体的压强 二、液体内部压强大小的 计算和产生压强的原因 三、大气压 四、 压强计和常用的压强单位	
第二节	流体的浮力	(319)
	一、阿基米德定律 二、物体的浮沉	
第三节	理想流体的稳定流动 连续方程	(322)
	一、理想流体 二、稳定流动 流线和流管	

三、流体的连续方程

第四节 伯努利方程及其应用……………(326)

- 一、关于流速与压强关系的几个实验
- 二、伯努利方程
- 三、实际流体的伯努利方程
- 四、伯努利方程的应用举例

第五节 在流体中运动的物体所受的阻力……………(336)

- 一、粘滞阻力
- 二、压差阻力

第六节 环流 飞机机翼的升力……………(339)

引 言

我们周围的世界是一个物质世界。什么叫物质呢？列宁指出：“物质是作用于我们的感官而引起感觉的东西；物质是我们通过感觉感知的客观实在”，大至太阳、地球，小至分子、原子、电子，都是物质。

一切物质都在不停地运动变化。恩格斯指出：“运动，就最一般的意义来说，就它被理解为存在的方式、被理解为物质的固有属性来说，它包括宇宙中发生的一切变化和过程，从单纯的位置移动起直到思维。”毛主席在《矛盾论》这篇光辉哲学著作中也深刻地指出：“人的认识物质，就是认识物质的运动形式，因为除了运动的物质以外，世界上什么也没有，而物质的运动则必取一定的形式。”

物质的运动形式是多种多样的。机械运动是一切物质运动形式中最简单最基本的一种。宇宙中天体的运行，地面上人和车辆的行走，飞机和轮船的航行，机器的运转，弹簧的伸长与压缩等等，都是机械运动的例子。它们的一个共同特点是：天体、人、车辆等在空间的位置发生了变化。所以，我们将一个物体相对其它物体的位置随时间而变化，或者一个物体的某些部分相对其它部分的位置随时间而变化，叫做机械运动。

力学是一门历史悠久的科学，它是在生产实践的基础上逐步发展起来的。在我国古代，由于生产工具、交通工具、建筑、

水利等等许多事业的发展，劳动人民早就积累了相当丰富的关于力学的生产技术经验，而且还对力学的某些科学概念、原理有了一些初步的认识。这在记载和总结生产及工艺成就的一些著作和某些哲学著作中都有所反映，例如，从公元前四世纪墨翟著的“墨经”起，到以后的“考工记”、“论衡”和“天工开物”等书中，对于力的概念、杠杆原理、滚动摩擦、功的概念、材料强度以及天文学等等许多方面的知识都有相当多的记载。但由于我国持续几千年的封建制度束缚了生产力的发展，致使劳动人民的极宝贵的经验和知识，未能得到总结提高发展成为一门系统的、完整的科学。

在国外，拿欧洲来说，在漫长的中世纪里，也同样经历了黑暗的封建统治，科学的发展受到严重阻碍。直到文艺复兴时代，资本主义工商业开始兴起，这时由于航海、纺织、机械制造业发展的需要以及战争的影响，才促进了力学的发展。在研究方法上，也因生产技术的发展，提供了实验工具，因此观察和实验的科学方法也逐步建立起来，有力地促进了力学规律，特别是动力学规律的发现。经过十七世纪到十八世纪许多科学家的努力（如伽利略、牛顿等人），建立起了力学的实验基础，并且在理论上形成了比较完整的经典力学体系。

十九世纪后半期以来，随着生产、科学的不断发展，产生了研究高速物体运动规律的相对论力学和研究微观客体运动规律的量子力学。在这些新的研究领域里，经典力学的理论已不再适用。经典力学的基本定律只是在低速、宏观物理现象领域，即是物体及其运动的空间范围远大于 10^{-10} 米（原子的大小），速

度远小于光速 3×10^8 米/秒的情况下才能保持正确,才较准确地反映客观现实。

新中国诞生后,优越的社会主义制度为自然科学的发展开辟了无限广阔的前程。在伟大领袖毛主席的领导下,我国人民发扬自力更生、艰苦奋斗的精神,只用了20多年的时间,就把一个贫穷落后的旧中国变成初步繁荣昌盛的社会主义新中国。原子弹、氢弹的制成,南京长江大桥、大型水电站的建立,人造地球卫星的发射与收回,都清楚地说明我国已成功地解决了在这样一些领域中所提出的许多重要的力学问题。

华主席指示我们:科学要兴旺发达起来,要捷报频传。还指出:有毛泽东思想,有毛主席制定的革命路线,有现在这样一支科技队伍,有八亿勤劳勇敢的人民,我们应当有信心赶超世界科学水平。我们坚信,今后在以华主席为首的党中央领导下,在向科学技术现代化进军中,我国的力学研究工作一定能够更加迅速地发展,为在本世纪内实现四个现代化作出更大的贡献。

第一章 直线运动

第一节 参照系 质点

一、机械运动的绝对性和相对性 参照系

宇宙间的一切物体都在不停地运动着。平常我们认为静止不动的物体，如房屋、山岳、树木……等，实际上都只是相对于地球是静止的，而地球却在不停地自转和公转，所以这些物体也随着地球一起高速地运动着。一方面它们参与地球的自转，坐地日行八万里（指赤道处）；另一方面，参与地球的公转，以每秒30公里的速度绕太阳运动着。太阳在银河系中也不是静止的，它以每秒200公里的速度绕银河中心运动。宇宙是无限的，整个银河系又以巨大的速度相对河外星系在运动。所以物体的运动是绝对的，无条件的，这就是机械运动的绝对性。

要确定一个物体的位置，只能相对于另一个物体来确定。如问这本书在哪里？你回答：书在桌子上。这就表明只能相对于桌子来确定这本书的位置。因此，要描述物体位置及位置的变化——机械运动，就必须选择另一个物体作为对照物体，然后，研究这个物体相对于所选的对照物体（或对照物体组）是如何运动的，如果所选的对照物体不同，对同一物体的运动的描

述就会不同。例如把机器放在运行的车厢里，站在路旁的人看来，即以地面为对照物体来说，机器是随车厢而运动的；而在车厢里坐着的人看来，机器却是不动的，这是因为他以运动着的车厢为对照物体的缘故。又如下雨的时候，地面上的人看来（以地面为对照物体），雨滴是竖直下落的，而在行驶着的车辆上的人看来（以行驶着的车辆为对照物体），雨滴则是斜着下落的。因此，相对于不同的对照物体，同一物体运动的描述就不同。在研究物体的运动时，必须指明所选用的对照物体。这种在具体研究物体运动时所选用的做为对照的物体（或一组物体），称为参照物（或参照系、参考系）。参照物选定以后，对物体运动的描述就确定了。在力学中运动描述依赖于参照系的事实，说明了机械运动的相对性。

究竟选择什么样的物体做参照系，这要看问题的性质和研究的方便。例如研究物体在地面上的运动，最方便的是选择地面做参照系。而要研究地球等行星对太阳的运动，最方便的是选太阳做参照系。

二、质点

参照系选定以后，对物体运动的描述就确定了。但是，由于物体具有大小和形状，在运动时，物体上面各点的位置变化，在一般情况下是各不相同的。例如，我们平常说地球绕太阳以椭圆轨道运动，如果仔细考察起来，由于地球还有自转，所以地球上各点相对于太阳的运动轨道就不完全是椭圆。如果我们只着眼于研究地球绕太阳公转，考虑到地球到太阳的距离比地

球的直径大一万多倍，则地球上各点的运动情况基本上可以看成一样的。也就是说，可以不考虑地球的形状和大小，而把它简化为一个点。这就说明：在研究物体运动时，如果一个物体大小尺寸和同一问题中其他有关距离相比为甚小，以及当物体没有转动，或者转动可以看作是次要因素被忽略时，我们就可以把这个运动物体理想化，看做是只有质量而无形状大小的一个点，把它叫质点。在上述情况下，用“质点”来代替实际物体，可以使问题简化，使人更深刻地、更迅速地抓住问题的本质。

质点运动是机械运动最简单的一种，不仅许多实际物体的运动可以近似地看成质点的运动，而且在进一步研究物体的复杂运动时，常把整个物体看成由无数质点所组成的，分析这些质点的运动就可以弄清物体的全部运动情况，因此研究质点的运动是研究复杂物体运动的基础。

至于是否能把某一物体看成质点，这就要根据前面所讲的条件，并视研究问题的性质而定。例如，当研究导弹飞行的距离时，可以把导弹看成质点，而要研究大气对导弹的阻力、导弹本身旋转的作用时，就不能把导弹看成质点。

观察质点的运动时，首先注意到的是质点运动的轨道（或轨迹）。质点运动时，它所经过的空间各点的连线称为质点运动的轨道。依轨道的不同，质点的运动可分为直线运动（轨道为直线）和曲线运动（轨道为曲线）两类。

以后各章节除特殊指明不可看做质点的物体外，所研究的物体运动都可以看做是质点的运动。

第二节 路程和位移

设物体(质点)在某一段时间内,从一个位置 M_1 运动到另一个位置 M_2 (如图1—1),我们就说这个物体走过了一段路程。路程就是物体在运动过程中所经过的实际路径的长度,即沿物体运动轨迹所量得的物体经过的路径的长度,在图1—1中就是曲线弧 $\widehat{M_1M_2}$ 的长度。

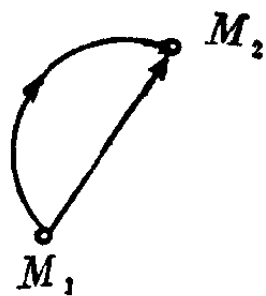


图1—1

但机械运动是物体位置的变化,路程不能完全描述物体位置的改变,因为它未指明方向,而位置变化具有方向性。比如说,你从某地出发,走了10公里路程,并不能确定你到了什么地方。因为不知道你是向正东方向走?还是向东北方向走?或是向其它方向走?因此,必须引入一个新的物理量来确切而简便地说明物体的位置的改变,这个量就是位移。位移是描述物体位置变化的一个物理量。由 M_1 到 M_2 的位移,在图上就是用初始位置 M_1 指向末位置 M_2 的,以带箭头的直线段 $\overrightarrow{M_1M_2}$ 来表示,箭头代表位移的方向,直线段 M_1M_2 的长度代表位移的大小。所以,位移既具有大小,又具有方向。

物体所通过的路程跟位移大小是否相等呢?很明显,在曲线运动中,二者大小是不相等的。但在直线运动中,二者大小是否就一定相等呢?也不一定。如竖直上抛一小球,过一会儿又落回你的手中(如图1—2所示)。若小球上升的最大高度为

一米，则在此种情况下，路程是2米，而物体位置未发生变化，所以位移大小为零。实际上，由于位移具有方向性，如果以竖直向上的方向为正，则竖直向下的方向为负，那么在整个运动过程中，位移大小为1米 + (-1米) = 0，这表示小球位置并未发生变化。而路程是经过实际路径的长度，无方向性，所以小球运动的路程为1米 + 1米 = 2米。因此，一般说来，只有在单方向（非往复）的直线运动中，路程与位移大小才相等。

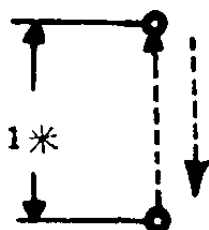


图1—2

第三节 直线运动的速度

一、匀速直线运动 速度

如果一个物体沿直线运动，并且在任何相等的时间内，物体所通过的路程都相等（或者说，物体通过任何相等的路程所用的时间都相等），那么，物体的这种运动称为匀速直线运动。匀速直线运动的特点是在任何相等时间内通过相等的路程，而路程和时间的比值（ $\frac{\text{路程}}{\text{时间}}$ ）不随时间变化。比值大说明物体运动快，比值小说明物体运动慢。因此， $\frac{\text{路程}}{\text{时间}}$ 说明了物体做匀速直线运动的快慢程度，即匀速直线运动物体的速度大小，等于任意一段时间内物体所通过的路程与这段时间的比值。若以S表示路程，以t表示通过路程S所用的时间，用v代表速度的大小，则