

## 第 1 讲 参照系 坐标系 物理模型 位置位矢 位移

### 教学要求:

了解相对时空观和绝对时空观，了解运动描述的相对性。

理解质点、坐标系、参照系的定义，运动的性质，理解位矢、位移的定义及其它们计算。

通过课堂训练巩固所学知识。

### 重点与难点:

**重点:** 位矢、位移。

**难点:** 位移。

## 绪 论

### 1. 物理学研究的内容

物理学是人类社会实践的产物，它主要研究物质最普遍、最基本的运动形式及其相互转化规律。这些基本运动（包括机械运动、分子热运动、电磁运动、原子和原子核及其他微观粒子的运动）普遍存在于物质的复杂运动形态之中。了解物质运动最基本形态的规律，是深刻认识复杂运动的起点和基础。

物质运动和物质间的相互作用是物质的普遍属性。物质的物理运动具有粒子和波动两种图像：宏观物体的机械运动，包括天体运动和分子的无规则热运动呈现粒子图像，而场运动则呈现波动图像，在微观领域，无论是实物还是场都呈现波粒二象性。

大学物理课程的内容体系可按以下顺序：

- (1) 力学和相对论—讨论机械运动和时空性质；
- (2) 振动与波—讨论宏观领域的波动规律；
- (3) 热学—讨论大量分子热运动组成的热力学系统的统计性规律和宏观表现；
- (4) 电磁学—讨论电磁场的运动规律和电磁相互作用；
- (5) 波动光学—讨论光的干涉、衍射和偏振；
- (6) 量子物理学—讨论微观粒子的波粒二象性和量子运动的特征。

### 2. 物理学与其他学科

物理学是一切自然科学的基础或支柱。迄今为止，人类认识自然历史已有的五次大的理论综合，无一不是以物理学基本理论取得重大进展为标志的。牛顿力学体系的建立（17世纪）标志着第一次大综合。能量转化和守恒定律的建立（19世纪）将机械运动、热运动、电磁运

动、化学运动等统一起来为第二次大综合，其中热力学理论取得重大进展起了关键性的作用。麦克斯韦电磁场理论的建立（19世纪），揭示了光、电、磁现象的统一性，实现了第三次大综合。爱因斯坦分别于1905年和1915年创立了狭义相对论和广义相对论，揭示了空间、时间、物质和运动之间本质上的统一性实现了第四次大综合。普朗克量子论的提出和薛定谔、海森伯、狄拉克等人量子力学的建立，成功地揭示了微观物理世界的基本规律，实现了第五次大综合。继电磁相互作用和弱相互作用的统一后，建立电磁相互作用、弱相互作用、强相互作用和引力相互作用的大统一理论，乃是目前物理学探讨的最前沿问题。

物理学的基本概念、基本规律和基本研究方法（如分析归纳法、综合演绎法、统计模型法）已经被广泛地应用于所有自然科学的各个学科之中，推动了各学科领域和技术部门的飞速发展。物理学向其他自然科学，形成了众多交叉学科，如大气物理学、空间物理学、粒子物理学、宇宙物理学以及海洋物理、生物物理、量子化学、量子电子学等，这些推动了整个自然科学更加迅速地发展。

### 3. 物理学与新技术

物理学是一切自然科学的基础，处于诸多自然科学学科的核心地位。物理学研究的粒子和原子构成了基因、蛋白质、器官、生物体，构成了一切人造的和天然的物质以及广袤的海洋、大气、陆地，甚至整个宇宙。因此物理学是化学、材料科学、生物学、地球物理和天体物理等学科的基础。今天，物理学和这些学科之间的边缘领域中又形成了一系列分支学科和交叉学科，如粒子物理、电子物理、核物理、生物物理等等。

科学是认识自然，是解决理论问题，而技术则是改造自然，是解决实际问题。人类千百年的实践证明，很多关键性新技术的应用都是建立在物理学创新成果上的。第一次技术革命开始于18世纪60年代，主要标志是蒸汽机的广泛应用，这是经典力学和热力学发展的结果。第二次技术革命发生在19世纪70年代，主要标志是电力的广泛应用和无线电通信的实现，这是麦克斯韦电磁场理论的建立带来的辉煌成果。第三次技术革命发生在20世纪40年代，是相对论和量子论发展的结果，基础科学的研究成果引起了技术上一系列革命性的突破，产生了一系列高新技术，如核能源技术（1942年）、电子计算机（1945年）、空间技术（1957年）、激光技术（1960年）、基因工程（1973年）等；再如物理学对物质结构的深入研究，使人类对晶体电子结构的认识深入到冶金、机电等学科；材料科学借助于物理学诞生了扫描隧道显微镜，为人类直接操作原子、分子，以至设计和创造新分子提供了崭新的手段。

#### 4. 如何学好物理学

大学物理课程,是高等学校理工科各专业学生一门重要的必修基础课。该课程所教授的基本概念、基本理论和基本方法是构成学生科学素养的重要组成部分,是一个科学工作者和工程技术人员所必备的。

大学物理课程在为学生系统地打好必要的物理基础,培养学生树立科学的世界观,增强学生分析问题和解决问题的能力,培养学生的探索精神和创新意识等方面,具有其他课程不能替代的重要作用。

(1) 坚持实践,认识,再实践,再认识的方法。物理学是以实验为基础的科学,观察和实验是研究物理学的基本方法。要注意运用物理学的基本理论去解释自然界、生产实践中的物理现象,解决实际问题,丰富和深化理论,在学习和掌握物理知识的过程中培养自己的创新意识和创造能力。

(2) 深刻理解物理概念。学习物理要注重课程内容的内在联系、清晰的条理和严谨的逻辑,对物理概念、规律、物理图像要有透彻的理解,努力掌握物理学研究方法、数学描述语言(微积分和矢量分析)等。

(3) 注重利用教材中的问题。本教材的一个显著特点是讲完部分物理知识后设置若干由浅到深、具有拓展性的问题,供读者思考。对这些具有启发性问题的思考、讨论与交流,可以帮助你深化对物理基本概念的理解,强化对知识综合运用能力的训练,很多问题的结论也成为学习后续内容的基础。科学问题的讨论有助于创造性思维活动,能使思维变得活跃,能激发出灵感,使解决问题的方案一触即发。

(4) 养成良好的学习习惯,认真完成部分习题以达到熟练地掌握和运用有关定理和定律也很必要。

通过大学物理课程的教学,应使学生对物理学的基本概念、基本理论、基本方法能够有比较全面和系统的认识 and 正确的理解,为进一步学习打下坚实的基础。在大学物理的各个教学环节中,都必须注意在传授知识的同时着重培养分析问题和解决问题的能力,努力实现知识、能力、素质的协调发展。

在大学物理课的各个教学环节中,要注意对学生进行严肃的科学态度,严格的科学作风和科学的思维方法的培养和训练;要重视对学生能力的培养,使学生在认真学习物理知识的同时,初步获得应用所学知识分析、解决问题的能力和独立获取知识的能力。

#### 5 科目成绩构成

期末考试占（60—70）%，平时占（30—40）%，平时成绩构成：（1）作业，（2）课堂纪律（含考勤），（3）课堂训练。

### 6 进入广东省精品资源共享课《普通物理学》的网站学习的通知

网上提供多种教学资源：其中，基础资源包括课程录像、教学队伍结构、课程负责人、青年教师培养、主讲教师、教材建设、课程简介、历史沿革、课程设计、课程特色、授课对象及要求、教学大纲、《普通物理学》教案、教学日历、考核方式与标准、重点与难点指导、学习指南、参考资料、多媒体课件、教学研究改革、教研教改成果、科研成果、教学评估及相关文件、校内、外专家评价等。拓展资源包括：演示实验资源、网络资源、题库、学习社区、在线答疑、在线测试、作业系统等，形成了一套整体的教学解决方案，实现了教学资源的全部上网和共享。

请 17 网络工程 1、2 班，17 软件工程 1、2、3、4、5、6 班，17 计算机 1、2 班的同学进入网站学习；学习社区 进入方法：《普通物理学》课程网（对外）：

<http://course.hzu.edu.cn/ptw1x/>

—>学习社区，学生帐号、密码都为：学号—>更改密码—>搜索课程：普通物理学—>输入“选课密码”，完成选课。选课密码：17 网络工程 1 班：17m11；17 网络工程 2 班：17m12；17 软件工程 1 班：17yj1；17 软件工程 2 班：17yj2；17 软件工程 3 班：17yj3；17 软件工程 4 班：17yj4；17 软件工程 5 班：17yj5；17 软件工程 6 班：17yj6；17 计算机 1 班：17js1；17 计算机 2 班：17js2。

或

学习社区 进入方法：

<http://moodle.hzu.edu.cn/>

学生选课步骤：moodle 平台）—>登录，学生帐号、密码都为：学号—>更改密码—>搜索课程：普通物理学—>输入“选课密码”，完成选课。

## 第 1 章 质点运动学

机械运动是一个物体相对于另一个物体的位置，或物体内部的一部分相对于其它部分的位置随时间的变化过程，是最简单、最常见的运动形式。本章主要阐述描述物体运动的三个物理量即位移、速度和加速度的概念以及在几种特殊运动（如直线运动、抛体运动、圆周运动）中的关系形式，介绍经典力学时空观下的相对运动变换式；同时围绕运动学的核心—运动方程，研究如何用微积分知识解决运动学问题。

## 1.1 参照系 坐标系 物理模型

为了描述物体的运动，必须作三点准备：选择参照系、建立坐标系、提出物理模型。

### 1.1.1 运动的绝对性和相对性

自然界的一切物质都处于永恒运动之中，运动是绝对的，静止是相对的。例如我们上课的教室相对地球静止，但又随地球自转，而且以 30km/s 的速率绕太阳公转。

$$v_{地日} = 30\text{kms}^{-1}, \quad v_{日银} = 250\text{kms}^{-1}, \quad v_{银银} = 600\text{kms}^{-1}$$

这说明，一切运动都是绝对的，因此只有讨论相对意义上的运动才有意义。

然而运动又是相对的。同一物体的运动相对于不同的物体或物体体系表现为不同的运动描述。例如，空中一个自由下落的物体，相对地面作直线运动；而相对行驶的车辆、轮船，则物体作曲线运动。相对于不同的物体或物体体系，同一物体的运动具有不同描述的事实称为运动描述的相对性。

### 1.1.2 参照系

宇宙中的物体总是处于永恒的运动之中。为了描述一个物体的运动，总要选取其它物体作为参照，被选取的参照物体称为**参照系**。

由于运动描述的相对性，当描述一个物体的运动时，必须指明是相对哪一参照系而言的。从运动的描述来说，参照系的选择是任意的，但一般要选取适合解决问题和描述问题性质的参照系。例如，研究地面上物体的运动，可以选择地面或地面上静止的物体作为参照系；研究宇宙飞船绕太阳运行时，则通常选太阳作为参照系。

### 1.1.3 坐标系

当选定了参照系，为了从数量上确定物体相对于参照系的位置，需要在参照系上建立坐标系。建立**坐标系**是指在参照系上选定一点作为原点，取通过原点并附有标度的线作为坐标轴。

最常用的坐标系是笛卡尔直角坐标系，它的三条坐标轴(x 轴、y 轴和 z 轴)互相垂直。根据需要，也可选用其它坐标系，例如平面直角坐标系、极坐标系、自然坐标系、球坐标系或柱坐标系等。

### 1.1.4 物理模型

任何物体都具有一定的形状、大小。在运动过程中，物体各个部分的位置变化一般各不

相同，而且物体的形状、大小也可能发生变化，因此必须经过抽象提出简化的理想物理模型。关于物理模型的提出：（1）明确所提问题；（2）分析各种因素在所提问题中的主次；（3）突出主要因素，提出理想模型；（4）实验验证。“理想模型”是对所考察的问题来说的，不具有绝对意义。

## 1 理想质点模型

当物体的形状、大小与所研究的问题无关或者对运动的影响很小可以忽略不计时，近似地把物体看成一个具有一定质量、能量等某些物理属性而没有形状大小的理想物体，称为质点。例如研究地球绕太阳的公转时，由于地球的平均半径(约为  $6.4 \times 10^3 \text{ km}$ )比地球与太阳的距离(约为  $1.50 \times 10^8 \text{ km}$ )小得多，地球上各点相对于太阳的运动可看作相同，这时把地球当作一个质点。但研究地球的自转时，如果把地球看作一个质点，将无法解决实际问题。一个物体是否抽象成一个质点，应视具体问题的具体性质而定。若物体的线度比它运动的空间范围小很多时( $d \ll r$ )，物体通常可视为质点。

当一个物体不能视为质点时，可以把整个物体看作由无数质点构成的质点系，分析这些质点的运动情况，就有可能了解整个物体的运动规律。从理论上说，研究质点运动的规律，也是研究物体运动的基础。

就物体的一般运动而言，虽然各部分的运动可能不同，但如果设想将物体分割成许多足够微小的部分，总能使每一部分内部各点的运动情况基本相同，从而可将它视为质点处理，通过分析这许多质点的运动就能弄清整个物体的运动情况，所以分析质点的运动是研究实际物体复杂运动的基础。

举例：是否把火车看成质点：（1）已知速度、距离（惠州站开往北京站），求时间；（2）已知速度、距离（通过某一大桥），求时间。

## 2 理想刚体模型

当物体自身线度  $l$  与所研究的物体运动的空间范围  $r$  比不可以忽略；物体又不作平动时，即必须考虑物体的空间方位，我们可以引入刚体模型。

物体在外力作用下或在运动过程中保持其形状和大小都不变，亦即在任何情况下物体内任意两点间的距离保持不变，这样的理想物体称为刚体。

刚体也是一个各质点之间无相对位置变化且质量连续分布的质点系。

在后续的章节中还会遇到理想流体、谐振子及理想弹性介质等物理模型。

综上所述选择合适的参照系，以方便确定物体的运动性质；建立恰当的坐标系，以定量地描述物体的运动；提出较准确的物理模型，以确定所提问题最基本的运动规律。

## 1.2 位置位矢 位移 速度 加速度

### 1.2.1 位置位矢

为了描述质点  $P$  的运动，在参照系中任选一固定点  $O$ ，从点  $O$  向点  $P$  引一有向线段  $\overline{OP}$ ，并记作矢量  $\vec{r}$ ，称  $\vec{r}$  为质点的位置矢量，简称位矢（图 1-1）。位矢  $\vec{r}$ ，从点  $O$  指向点  $P$ ，它既指明了质点  $P$  相对于固定点  $O$  的空间方位，也指明了质点  $P$  到固定点  $O$  的空间距离。

质点  $P$  沿曲线运动过程中，位置要发生变化，显然位矢  $\vec{r}$  是时间  $t$  的单值连续函数，即

$$\vec{r} = \vec{r}(t) \quad (1-1)$$

上式称为质点运动方程的矢量表示。在直角坐标系中，质点位置表示为  $P(x, y, z)$ ，引入  $x, y, z$  三轴正方向的单位矢量  $\vec{i}$ 、 $\vec{j}$ 、 $\vec{k}$  分别是沿坐标轴  $ox$ 、 $oy$  和  $oz$  的单位矢量。

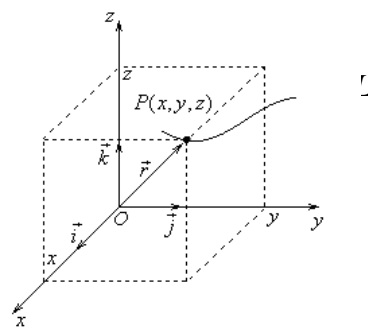


图 1-1 位矢

如图 1-1 所示，某时刻质点在点  $P$ ，其坐标分别为  $x$ 、 $y$  和  $z$ ，则它的位矢  $\vec{r}$  可表示为

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k} \quad (1-2)$$

若用  $r$  表示位矢  $\vec{r}$  的大小，则有

$$r = |\vec{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1-3)$$

对运动的质点，其坐标  $x$ 、 $y$  和  $z$  是时间的单值连续函数，它的运动方程可写成

$$\vec{r}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k} \quad (1-4)$$

或

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t) \quad (1-5)$$

式 (1-4) 和式 (1-5) 即为运动方程的直角坐标表示。消去式 (1-5) 中的时间  $t$ ，即可得到质点的轨迹方程。

**例 1-1** 已知质点的运动方程为  $\vec{r} = a \cos \omega t \vec{i} + b \sin \omega t \vec{j}$ ，求质点的轨迹方程。

**解** 由式 (1-5) 可知，质点运动方程的分量式可写成

$$x = a \cos \omega t, \quad y = b \sin \omega t$$

消去时间  $t$ ，得到轨迹方程为

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

质点的轨迹是一个以  $(0,0)$  为中心、分别以  $a$  与  $b$  为半轴的椭圆。

### 1.2.2 位移

设质点沿图 1-2 所示的曲线  $L$  运动，质点在  $t$  和  $t + \Delta t$  时刻分别通过点  $A$  和点  $B$ ，位矢分别为  $\vec{r}_A$  和  $\vec{r}_B$ 。

在此过程中，质点位矢的变化可用有向线段  $\overline{AB}$  来表示，或写成  $\Delta \vec{r}$ ，称有向线段  $\overline{AB}$  或  $\Delta \vec{r}$  为质点由  $A$  到  $B$  的位移矢量，即把由始点  $A$  指向终点  $B$  的有向线段  $\Delta \vec{r}$  称为点  $A$  到  $B$  的位移矢量，简称位移。

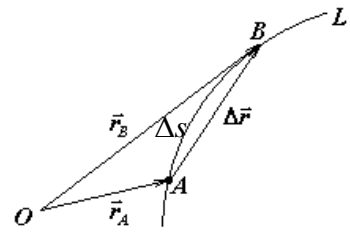


图 1-2 位移

位移是矢量，其方向表明点  $B$  相对于点  $A$  的空间方位，其大小  $|\Delta \vec{r}|$  表明点  $B$  到点  $A$  的直线距离。从图 1-2 中可看出

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_B - \vec{r}_A \quad (1-6)$$

即质点从点  $A$  运动到点  $B$  所完成的位移  $\Delta \vec{r}$  等于末、始状态下位矢  $\vec{r}_B$  与  $\vec{r}_A$  的差。

在直角坐标系中：若  $\vec{r}_A = x_A \vec{i} + y_A \vec{j} + z_A \vec{k}$   $\vec{r}_B = x_B \vec{i} + y_B \vec{j} + z_B \vec{k}$

$$\text{则位移的表达式 } \Delta \vec{r} = (x_B - x_A) \vec{i} + (y_B - y_A) \vec{j} + (z_B - z_A) \vec{k} \quad (1-7)$$

位移的大小为

$$|\Delta \vec{r}| = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 + (z_B - z_A)^2} \quad (1-8)$$

质点在  $\Delta t$  时间内所经历的弧长  $\Delta s$ ，称为质点的路程。在国际单位制中，位移和路程的单位为米 ( $\text{m}$ )。

**注意** 路程不同于位移，它是标量，也不一定等于位移的大小。例如某质点从点  $A$  出发，沿逆时针方向绕点  $O$  做半径为  $R$  的圆周运动，5 秒后返回点  $A$ ，在此 5 秒内，质点的位移为零，而路程为  $2\pi R$ 。

**课堂讨论：** 位移与路程异同。强调学生注意：当  $\Delta t \rightarrow 0$  时， $|\Delta \vec{r}| = \Delta s$ 。

作业：1、2