张三慧　主编

大学物理学

（第四册）

光学　近代物理

张三慧　史田兰　编著

清华大学出版社

349173

清华大学教材　张三慧　主编

大学物理学

第四册

光学　近代物理

张三慧　史田兰　编著

哈尔滨船舶工程学院
中文藏书
图书馆

清华大学出版社

内 容 简 介

本书是清华大学教材《大学物理学》的第四册，讲述了物理学基础理论的光学和量子物理部分。书的前两章介绍振动与波的基本规律；接着简明而系统地讲述了光的干涉、衍射和偏振的规律。在量子物理部分着重阐述了波粒二象性这一核心概念，并在此基础上介绍了量子力学的基本方法和若干重要结论。除了基本内容外，还专题介绍了全息、多光子吸收、核磁共振、扫描隧穿显微镜、正电子湮没技术等今日物理趣闻与技术。也写了几位有关科学家的传略。本书可作为各类工科院校的大学物理学教科书，也可供其他高校师生及中学物理教师或自学者参考。

清华大学教材　张三慧　主编

大学物理学

第四册

光学　近代物理

张三慧　史田蓉　编著

☆

清华大学出版社出版

北京　清华园

人民教育出版社印刷厂排版

北京市昌平印刷厂　印装

新华书店总店科技发行所发行

☆

开本：850×1168 1/32　印张：11 5/8　字数：302千字

1991年4月第1版　1991年4月第1次印刷

印数：0001～8000

ISBN 7-302-00790-X/O·112

定价：3.40元

数 值 表

真空中的光速

$c=299792458\pm1.2$ 米/秒

普朗克常数

$h=(6.626176\pm0.000036)\times10^{-34}$ 焦耳·秒

玻耳兹曼常数

$k=(1.380662\pm0.000044)\times10^{-23}$ 焦耳/开

斯忒藩——玻耳兹曼常数

$\sigma=(5.67032\pm0.00071)\times10^{-8}$ 瓦/米^2·开^4

基本电荷

$e=(1.6021892\pm0.0000046)\times10^{-19}$ 库

原子质量单位

$u=(1.6605655\pm0.0000086)\times10^{-27}$ 千克

电子静止质量

$m_e=(9.109534\pm0.000047)\times10^{-31}$ 千克

质子静止质量

$m_p=(1.6726485\pm0.0000086)\times10^{-27}$ 千克

中子静止质量

$m_n=(1.6749543\pm0.0000086)\times10^{-27}$ 千克

质子质量与电子质量之比

$m_p/m_e=1836.15152\pm0.00070$

电子荷质比

$e/m_e=(1.7588047\pm0.0000049)\times10^{11}$ 库/千克

里德伯常数

$R_\infty = (1.097373177 \pm 0.000000083) \times 10^7$/米

玻尔半径

$a_0 = (5.2917706 \pm 0.0000044) \times 10^{-11}$ 米

玻尔磁子

$\mu_B = (9.274078 \pm 0.000036) \times 10^{-24}$ 焦/特

核磁子

$\mu_N = (5.050824 \pm 0.000020) \times 10^{-27}$ 焦/特

电子磁矩

$\mu_e = (9.284832 \pm 0.000036) \times 10^{-24}$ 焦/特

质子磁矩

$\mu_p = (1.4106171 \pm 0.0000055) \times 10^{-26}$ 焦/特

电子的康普顿波长

$\lambda_c = (2.4263089 \pm 0.0000040) \times 10^{-12}$ 米

真空磁导率

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} = 12.5663706144 \times 10^{-7}$ 亨/米

真空电容率

$\varepsilon_0 = (8.854187818 \pm 0.000000071) \times 10^{-12}$ 法/米

阿伏加德罗常数

$N_0 = (6.022045 \pm 0.000031) \times 10^{23}$/摩

摩尔气体常数

$R = (8.31441 \pm 0.00026)$ 焦/摩·开

引力常数

$G_0 = (6.6720 \pm 0.0041) \times 10^{-11}$ 米^3/秒^2·千克

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com

目　　录

第一章 振　　动

本章要求

1. 理解简谐振动的概念及其三个特征量的意义和决定因素，掌握用旋转矢量表示简谐振动的方法。

2. 理解相及相差的意义。

3. 理解简谐振动的动力学特征和弹性力或准弹性力的意义。能根据条件列出运动微分方程从而判定简谐振动并求出其周期。

4. 掌握利用初始条件写出振动表达式的方法。

5. 理解简谐振动的能量特征。

6. 了解阻尼振动和受迫振动的基本特征。

7. 掌握在同一直线上两个同频率简谐振动的合成规律，了解拍与拍频。

8. 理解两个相互垂直，同频率简谐振动合成的规律，了解李萨如图的形成。

物体在一定位置附近所作的来回往复的运动叫机械振动。它是物体的一种运动形式。从日常生活到生产技术以及自然界中到处都存在着振动。一切发声体都在振动，机器的运转总伴随着振动。海浪的起伏以及地震也都是振动，就是晶体中的原子也都在不停地振动着。

广义地说，任何一个物理量随时间的周期性变化都可以叫做振动。例如，电路中的电流、电压；电磁场中的电场强度和磁场强度也都可能随时间作周期性变化。这种变化也可以称为振动——

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com

电磁振动或电磁振荡。这种振动虽然和机械振动有本质的不同，但它们随时间变化的情况以及许多其它性质在形式上都遵从相同的规律。因此研究机械振动的规律有助于了解其他种振动的规律。本章着重研究机械振动的规律。

振动有简单和复杂之别。最简单的是简谐振动。它也是最基本的振动，因为一切复杂的振动都可以认为是由许多简谐振动合成的。下面就开始研究简谐振动。

§1.1 简谐振动的描述

物体运动时，如果离开平衡位置的位移(或角位移)按余弦函数(或正弦函数)的规律随时间变化，这种运动就叫**简谐振动**。

简谐振动可以用一个弹簧振子来演示。一个轻质弹簧的一端固定，另一端固结一个可以自由运动的物体，就构成一个**弹簧振子**。图 1.1 就画了一个在水平光滑面上安置的一个弹簧振子。在弹簧处于自然长度时，物体的位置叫平衡位置，以 O 表示，并取作坐标原点。如果拉动物体然后释放，则物体将在 O 点两侧作往复运动。在这种运动中，**物体对于平衡位置的位移**(以下将简称位移)x **将按余弦的规律随时间** t **变化**，因此，物体的这种运动就是**简谐振动**。它的数学表达式是

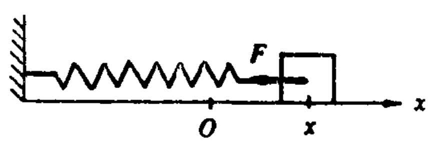

图 1.1 弹簧振子的简谐振动

$$x=A\cos(\omega t+\varphi) \tag{1.1}$$

将物体视为质点，(1.1)式中的 A 表示质点可能离开原点的最大距离。它给出了质点运动的范围。这个量叫做振动的**振幅**。

(1.1)式表示质点的位置变化具有时间上的周期性。以 T 表

示**周期**，即振动往复一次所经历的时间，则应有

$$x=A\cos(\omega t+\varphi)=A\cos[\omega(t+T)+\varphi]$$
$$=A\cos[\omega t+\varphi+\omega T)$$

由于余弦函数的周期是 2π，所以有

$$\omega T=2\pi$$

因此
$$T=\frac{2\pi}{\omega} \tag{1.2}$$

以 ν 表示振动的**频率**，即单位时间内振动往复的次数，则它显然和周期 T 有倒数的关系，即

$$\nu=\frac{1}{T} \tag{1.3}$$

将(1.2)式的 T 值代入，则有

$$\nu=\frac{\omega}{2\pi} \tag{1.4}$$

由于 ω 和 ν 成正比，所以它叫做振动的**角频率**。ω、T 或 ν 都表示简谐振动的周期性。

在 SI 中，T 的单位是 s(秒)，ν 的单位是 Hz(赫兹，s^{-1})，ω 的单位也用 s^{-1}(1/秒，意思是弧度/秒)。

在 A 和 ω 已知的条件下，(1.1)式中的 φ(是一个角度)就给出，或者说，决定于质点在时刻 $t=0$(时间原点)时的位置。一个简谐振动的物理特征在于其振幅和周期。对于一个振幅和周期已定的简谐振动，用数学公式表示时，由于选作原点的时刻不同，φ 值就不同。例如，选物体到达正向极大位移的时刻为时间原点，则(1.1)式中的 $\varphi=0$；如果选物体到达负向极大位移的时刻为时间原点，则(1.1)式中的 $\varphi=\pi$。这个由时间原点的选择所决定的量 φ 叫做振动的**初相**。

对于一个简谐振动，如果 A，ω 和 φ 都知道了，就可以写出它的完整的表达式，也就是全部掌握该简谐振动的特征了。因此，这

三个量叫做描述简谐振动的三个特征量。

由位置函数(1.1)式，可求得任意时刻质点的速度和加速度的表示式分别如下：

$$v=\frac{dx}{dt}=-\omega A\sin(\omega t+\varphi)=\omega A\cos\left(\omega t+\varphi+\frac{\pi}{2}\right) \tag{1.5}$$

$$a=\frac{d^2x}{dt^2}=-\omega^2A\cos(\omega t+\varphi)=\omega^2A\cos(\omega t+\varphi+\pi) \tag{1.6}$$

比较(1.1)式和(1.6)式可得

$$\frac{d^2x}{dt^2}=-\omega^2x \tag{1.7}$$

这一关系式说明，**简谐振动的加速度和位移成正比而反向。**

(1.1)、(1.5)、(1.6)式的函数关系可用图线表示如图1.2所示，其中表示$x-t$关系的一条曲线叫做振动曲线。

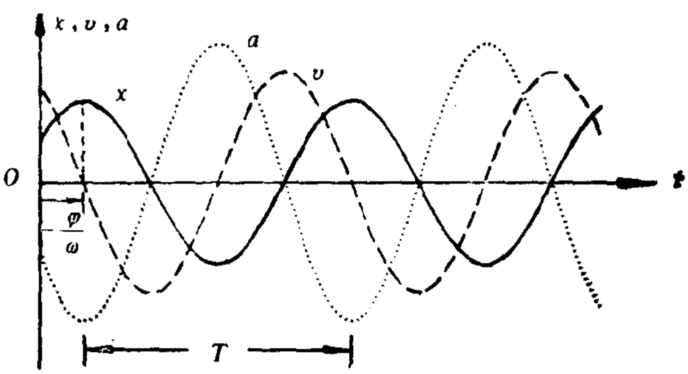

图1.2　简谐振动的x, v, a随时间变化的关系曲线

§1.2　旋转矢量与振动的相

简谐振动和匀速圆周运动有一个很简单的关系。如图1.3所示，设一质点沿半径为A的圆周作匀速运动，其角速度为ω。以圆心O为原点。设质点的矢径经过与x轴夹角为φ的位置时开始计时，则在任意时刻t，此矢径与x轴的夹角为$(\omega t+\varphi)$，而质点在x

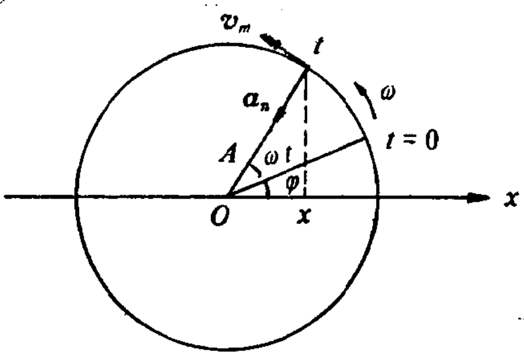

图1.3 匀速圆周运动与简谐振动

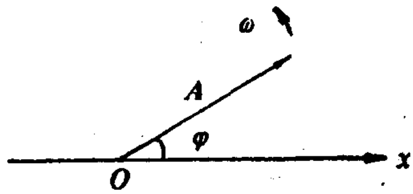

图1.4 旋转矢量图

轴上的投影的坐标为

$$x=A\cos(\omega t+\varphi)$$

这正与(1.1)式所表示的简谐振动定义公式相同。由此可知:作匀速圆周运动的质点在某一直径(取作x轴)上的投影的运动就是简谐振动。圆运动的角速度(或周期)就等于振动的角频率(或周期),圆周的半径就等于振动的振幅。初始时刻作圆周运动的质点的矢径与x轴的夹角就是振动的初相。

不但可以借助于匀速圆周运动来表示简谐振动的位置变化,也可以从它求出简谐振动的速度和加速度。由于作匀速圆周运动的质点的速率是$v_m=\omega A$,在时刻t它在x轴上的投影是$v=-v_m\sin(\omega t+\varphi)=-\omega A\sin(\omega t+\varphi)$。这正是(1.5)式给出的简谐振动的速度公式。作匀速圆周运动的质点的向心加速度是$a_n=\omega^2A$。在时刻t它在x轴上的投影是$a=-a_n\cos(\omega t+\varphi)=-\omega^2A\cos(\omega t+\varphi)$,这正是(1.6)式给出的简谐振动的加速度公式。

正是由于匀速圆周运动与简谐振动的上述关系,所以常常借助于匀速圆周运动来研究简谐振动。那个对应的圆周叫**参考圆**。

如果画一个图表示出作匀速圆周运动的质点的初始矢径的位置,并标以ω(图1.4),则相应的简谐振动的三个特征量都表示出来了。因此可以用这样一个图表示一个确定的简谐振动。简谐振

动的这种表示法叫做旋转矢量图法，长度等于振幅的旋转矢量就叫振幅矢量。

在简谐振动定义公式(1.1)式中的$(\omega t+\varphi)$叫做在时刻t振动的相(或相位)。在旋转矢量图中，它还有一个直观的几何意义，即在时刻t振幅矢量和x轴的夹角。无论从(1.1)式本身，或者借助于旋转矢量图(图1.3)，都可以知道，对于一个确定的简谐振动来说，一定的相就对应于振动质点一定时刻的运动状态，即一定时刻的位置和速度。因此，在说明简谐振动时，常不分别地指出位置和速度，而直接用相表示质点的某一运动状态。例如，当用余弦函数表示简谐振动时，$\omega t+\varphi=0$，即相为零的状态表示质点在正位移极大处而速度为零；$\omega t+\varphi=\frac{\pi}{2}$，即相为$\frac{\pi}{2}$的状态表示质点正越过原点并以最大速率向$x$轴负向运动；$\omega t+\varphi=\frac{3}{2}\pi$的状态表示质点也正越过原点但是以最大速率向$x$轴正向运动；等等。因此，相是说明简谐振动时常用到的一个概念。

在初始时刻即$t=0$时，相为φ，因此，φ叫做初相。

相的概念在比较两个同频率的简谐振动的步调时特别有用。设有下列两个简谐振动

$$x_1=A_1\cos(\omega t+\varphi_1)$$

$$x_2=A_2\cos(\omega t+\varphi_2)$$

它们的相差为

$$\Delta\varphi=(\omega t+\varphi_2)-(\omega t+\varphi_1)=\varphi_2-\varphi_1 \qquad (1.8)$$

即它们在任意时刻的相差都等于其初相差。由这个相差的值就可以知道它们的步调是否相同。

如果$\Delta\varphi=0$(或者2π的整数倍)，两振动质点将同时到达各自的同方向的极端位置，并且同时越过原点而且向同方向运动。它

们的步调相同。这种情况我们说二者**同相**。

如果 $\Delta\varphi=\pi$(或者 π 的奇数倍)，两振动质点将同时到达各自的相反方向的极端位置，并且同时越过原点但向相反方向运动。它们的步调相反。这种情况我们说二者**反相**。

当 $\Delta\varphi$ 为其它值时，我们一般地说二者**不同相**。当 $\Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1>0$ 时，x_2 将先于 x_1 到达各自的同方向极大值，我们说 x_2 振动超前 x_1 振动 $\Delta\varphi$，或者说 x_1 振动落后于 x_2 振动 $\Delta\varphi$。当 $\Delta\varphi<0$ 时，我们说 x_1 振动超前 x_2 振动 $|\Delta\varphi|$。在这种说法中，由于相差的周期是 2π，所以我们把 $|\Delta\varphi|$ 的值限在 π 以内。例如，当 $\Delta\varphi=\frac{3}{2}\pi$ 时，我们常不说 x_2 振动超前 x_1 振动 $\frac{3}{2}\pi$，而改写成 $\Delta\varphi=\frac{3}{2}\pi-2\pi=-\frac{\pi}{2}$，而说 x_2 振动落后于 x_1 振动 $\frac{\pi}{2}$，或说 x_1 振动超前 x_2 振动 $\frac{\pi}{2}$。

相不但用来表示两个相同的作简谐振动的物理量的步调，而且可以用来表示不同的物理量变化的步调。例如在图 1.2 中加速度 a 和位移 x 反相，速度 v 超前位移 $\frac{\pi}{2}$，而落后于加速度 $\frac{\pi}{2}$。

[**例题**] 一质点沿 x 轴作简谐振动，振幅 $A=0.12\text{m}$，周期 $T=2\text{s}$，当 $t=0$ 时，质点对平衡位置的位移 $x_0=0.06$ m，此时刻质点向 x 正向运动。

求：(1) 此简谐振动的表达式；

(2) $t=\frac{T}{4}$ 时，质点的位置、速度、加速度；

(3) 从初始时刻开始第一次通过平衡位置的时刻。

解：(1) 取平衡位置为坐标原点。

设
$$x=A\cos(\omega t+\varphi)$$

其 $\omega=\frac{2\pi}{T}=\pi\text{s}^{-1}$，$A$ 也已知，只需求 φ。由初始条件 $t=0$ 时，$x_0=0.06$ m 可得

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com