九章丛书

高校经典教材同步辅导丛书

配套高教版 · 程守洙、江之永主编

教你用更多的自信面对未来！

一书两用

同步辅导+考研复习

普通物理学

（第七版 · 下册）

同步辅导及习题全解

主　编　崔贺国

新版

习题超全解

名师一线经验**大汇集**，解题步骤**超详细**，方法技巧**最实用**

COPYRIGHT

扫码在线阅

的学习更简单！

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高校经典教材同步辅导丛书

普通物理学（第七版·下册）同步辅导及习题全解

主　编　崔贺国

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn
·北京·

内 容 提 要

本书是与高等教育出版社出版，程守洙、江之永主编，胡盘新、汤毓骏、钟季廉、胡其图、钟宏杰修订的《普通物理学》（第七版·下册）配套的同步辅导和习题解答辅导书，全书共6章：机械振动和电磁振荡、机械波和电磁波、光学、早期量子论和量子力学基础、激光和固体的量子理论、原子核物理和粒子物理简介。本书按教材内容安排全书结构，各章均包括本章知识要点、知识点归纳、复习思考题解答、习题全解四部分内容，思路清晰、逻辑性强，循序渐进地帮助读者分析并解决问题，内容详尽、简明易懂。

本书可作为高等院校“普通物理学”课程的辅导教材，也可作为考研人员复习备考和教师备课命题的参考教材。

图书在版编目（CIP）数据

普通物理学（第七版·下册）同步辅导及习题全解 / 崔贺国主编. -- 北京 : 中国水利水电出版社, 2017.10
（高校经典教材同步辅导丛书）
ISBN 978-7-5170-5959-2

Ⅰ. ①普… Ⅱ. ①崔… Ⅲ. ①普通物理学－高等学校－教学参考资料 Ⅳ. ①O4

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第257171号

策划编辑：杨庆川　责任编辑：周益丹　加工编辑：焦艳芳 任红歌　封面设计：李佳

书　　名	高校经典教材同步辅导丛书 普通物理学（第七版·下册）同步辅导及习题全解 PUTONG WULIXUE（DI-QI BAN·XIACE）TONGBU FUDAO JI XITI QUANJIE
作　　者	主　编　崔贺国
出版发行	中国水利水电出版社 （北京市海淀区玉渊潭南路1号D座　100038） 网址：www.waterpub.com.cn E-mail：mchannel@263.net（万水） sales@waterpub.com.cn 电话：（010）68367658（营销中心）、82562819（万水）
经　　售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排　　版	北京万水电子信息有限公司
印　　刷	天津宇达印务有限公司
规　　格	170mm×227mm　16开本　8.75印张　203千字
版　　次	2017年10月第1版　2017年10月第1次印刷
印　　数	0001—8000册
定　　价	16.80元

前 言

程守洙、江之永主编，胡盘新、汤毓骏、钟季廉、胡其图、钟宏杰修订的《普通物理学》（第七版 · 下册）以体系完整、结构严谨、层次清晰、深入浅出等特点成为这门课程的经典教材，被全国许多院校采用。为了帮助读者更好地学习这门课程，掌握更多的知识，我们根据多年的教学经验编写了这本辅导教材，旨在帮助读者理解基本概念、掌握基本知识、学会基本解题方法与解题技巧，进而提高应试能力。

本书作为一种辅助性教材，具有较强的针对性、启发性、指导性和补充性。考虑到"普通物理学"这门课程的特点，我们在内容上作了以下安排：

1. 本章知识要点。对本章的重要知识点、计算公式、定理等作一个总体的归纳，让读者对本章的要点一目了然。

2. 知识点归纳。对每章知识点做了简练概括，梳理了各知识点之间的脉络联系，突出各章主要定理及重要公式，使读者在各章学习过程中目标明确、有的放矢。

3. 复习思考题解答。对每章后的问题逐题进行详细阐述，使读者能够更加深刻地理解和掌握每章内容。

4. 习题全解。对每一道习题都作了详尽的解答，对解题中所用到的知识点都予以说明，让读者能够充分了解每章习题的类型和考查的知识点，从而在做题中得到锻炼。

由于时间仓促及编者水平有限，书中难免有疏漏之处，敬请各位同行和读者批评指正（邮箱：yapai2004@126.com 或微信：JZCS15652485156）。

编者

2017 年 9 月

目 录

contents

目录

contents

第十章 机械振动和电磁振荡

本章知识要点

1. 谐振动的定义、运动特征及矢量图示法.
2. 一维谐振动的合成规律.
3. 物理量是否做谐振动的判定方法.
4. 阻尼振动、受迫振动及共振的定义和运动特点.
5. 电磁振荡的基本内容.

知识点归纳

一、谐振动

物体振动时,决定其位置的坐标余弦(或正弦)函数规律随时间变化,简谐振动常简称为谐振动. 谐振动是一种最简单、最基本的振动. 一切复杂的振动都可以看成由许多谐振动合成的. 运动微分方程(动力学特征方程)为

$$\frac{d^2x}{dt^2}+\omega^2x=0$$

式中 $$\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}$$

称为振动物体的固有频率,运动微分方程解(运动学方程)可表示为

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

运动物体的速度和加速度分别为

$$v=\frac{d^2x}{dt^2}=-A\omega\sin(\omega t+\varphi)$$

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

描述谐振动的三个特征量:

(1)振幅 A:振动物体离开平衡位置的最大距离.

(2)周期和(角)频率

角频率 ω:单位时间内相位的变化,或振动物体在 2π 秒内振动的次数.

频率 ν:谐振动物体在 1 秒内振动的次数.

周期 T:谐振动物体重复运动一次所需的时间.

三者的关系可表示为 $$\omega=2\pi\nu=\frac{2\pi}{T}$$

(3)相位 $\omega t+\varphi$:决定了任意时刻 t 谐振动的运动状态.

初相(位)φ:决定了零时刻谐振动的运动状态;初相的数值决定于起始条件.

二、振幅和初相的确定

根据初速度 v_0、初位移 x_0 确定谐振动的振幅和初相

$$A=\sqrt{x_0^2+\frac{v_0^2}{\omega^2}},\ \varphi=\arctan\left(-\frac{v_0}{x_0\omega}\right)$$

三、谐振动的能量

动能 $$E_k=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2(\omega t+\varphi)$$

势能 $$E_p=\frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}kA^2\cos^2(\omega t+\varphi)$$

总机械能 $$E=E_k+E_p=\frac{1}{2}kA^2$$

一个周期 T 内动能 E_k 和势能 E_p 的平均值

$$\overline{E}_k=\frac{1}{T}\int_0^T E_k\mathrm{d}t=\frac{1}{4}kA^2$$

$$\overline{E}_p=\frac{1}{T}\int_0^T E_p\mathrm{d}t=\frac{1}{4}kA^2$$

四、谐振动的旋转矢量表示

绕坐标原点逆时针匀速率旋转的矢量 A 在 x 轴上的投影可用来表示谐振动，旋转矢量的长度 $|A|$ 等于谐振动的振幅，旋转矢量的角速度等于振动角频率，旋转矢量在 $t=0$ 时刻与坐标轴 x 的夹角为谐振动的初相.

五、谐振动实际的合成

1. 单摆

小角度摆动时，运动微分方程可表示为

$$\frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2}+\frac{g}{l}\theta=0$$

振动周期和角频率分别为

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}},\omega=\sqrt{\frac{g}{l}}$$

2. 复摆

小角度摆动时，运动微分方程可表示为

$$\frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2}+\frac{mgh}{J_z}\theta=0$$

振动的周期和角频率分别为

$$T=2\pi\sqrt{\frac{J_z}{mgh}},\omega=\sqrt{\frac{mgh}{J_z}}$$

六、谐振动的合成

1. 两个同频平行谐振动的合成

合振动仍为谐振动,合振动的振幅取决于两个分振动的振幅和初相差,即

$$A=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos(\varphi_2-\varphi_1)}$$

2. 两个异频平行谐振动的合成

当两个分振动的频率都较大且两频率之差很小时,会产生拍的现象,拍频为

$$\nu=|\nu_2-\nu_1|$$

3. 相互垂直的两个谐振动的合成

若两个分振动的频率相同,则合成运动的轨迹为椭圆;若两个分振动频率之比为简单的整数比,则合成运动的轨迹为李萨如图形.

七、阻尼振动

运动方程为

$$\frac{d^2x}{dt^2}+2\delta\frac{dx}{dt}+\omega_0^2x=0$$

其中,$\frac{\gamma}{m}=2\delta$,δ 为阻尼系数,$\frac{k}{m}=\omega_0^2$.

(1)欠阻尼($\delta<\omega_0$)

$$x=A_0e^{-\delta t}\cos(\omega' t+\varphi_0)$$

式中 $\omega'=\sqrt{\omega_0^2-\delta^2}$,而 A_0、φ_0 为由起始条件决定的积分常数.

(2)过阻尼($\delta>\omega_0$)和临界阻尼($\delta=\omega_0$)

这两种情况,弹簧振子的运动都是非周期性的,即振子开始运动后,随着时间的增长,振子都逐渐返回平衡位置.与过阻尼情况相比,作临界阻尼运动的振子一般将更快地返回平衡位置.

八、受迫振动

1. 位移共振

当驱动力角频率 $\omega_r=\sqrt{\omega_0^2-2\delta^2}$ 时,振幅达到极大值的现象叫做位移共振.

2. 速度共振

当驱动力角频率 $\omega_r=\omega_0$ 时，受迫振动速度振幅具有极大值，此时称系统发生速度共振，速度共振时，系统的动能具有极大值，因此速度共振也称能量共振.

九、电磁振荡

电路中电压和电流的周期性变化称为电磁振荡，电磁振荡与机械振动的形式类似(如表 10－1). 最简单的振荡电路为 LC 电路：使电容先带电，接通电路后，电容器一直处于放电⇔充电的周期变化状态，整个电路中的电荷、电流、电场能量和磁场能量都作周期性变化.

十、谐振动与电磁振荡的比较

表 10-1

	电磁振荡	谐振动
方程	$\frac{d^2q}{dt^2}=-\frac{1}{LC}q$	$\frac{d^2x}{dt^2}=-\frac{k}{m}x$
频率	$\omega=\sqrt{\frac{1}{LC}}$	$\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}$
解	$q=Q_0\cos(\omega t+\varphi_0)$，$Q_0$ 为电荷极大值	$x=A\cos(\omega t+\varphi_0)$，$A$ 为离开平衡位置位移最大值
能量	电场能量$\frac{q^2}{2C^2}=\frac{Q_0^2}{2C}\cos^2(\omega t+\varphi_0)$ 磁场能量$\frac{1}{2}LI^2=\frac{L\omega^2Q_0^2}{2}\sin^2(\omega t+\varphi_0)$ 总能量$\frac{Q_0^2}{2C}$	动能$\frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2(\omega t+\varphi_0)$ 热能$\frac{1}{2}kA^2\cos(\omega t+\varphi_0)$ 总能量$\frac{1}{2}kA^2$

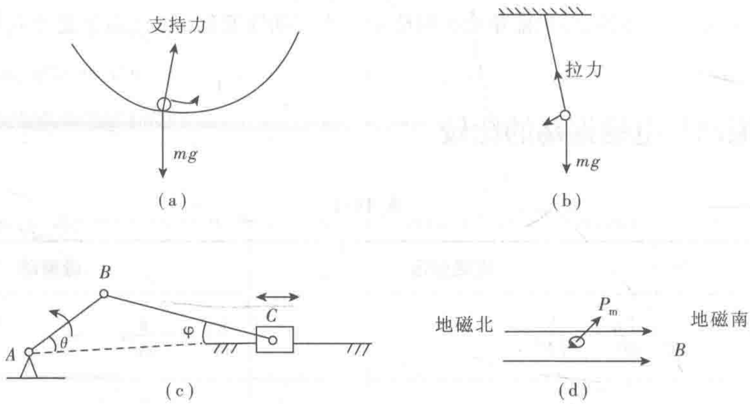
类似地，LC 电路中加入电阻 R，则为阻尼振荡，再加上一个电动势作周期性变化的电源，则为受迫振荡，当外加电动势的频率与无阻尼振荡的频率相等时，发生电共振.

复习思考题解答

10-1-1 解题过程 (1)小球除了与地面接触时，所受力均为 mg，不是谐振动.

(2)由答 10-1-1 图知，在凹球面底的小球和单摆的小球受力情况一样，所以此球的摆动是谐振动.

(3)上述机构图如答 10-1-1 图(c)所示.



答 10-1-1 图

曲柄 AB 绕 A 点转动时

$$AC = AB\cos\theta + BC\cos\varphi$$

因为 $$AB\sin\theta = BC\sin\varphi$$

所以 $$\cos\phi = \sqrt{1 - \frac{AB^2}{BC^2}\sin^2\theta}$$

$$AC = AB\cos\theta + BC\sqrt{1 - \frac{AB^2}{BC^2}\sin^2\theta}$$

由运动方程看，活塞不做简谐运动.

(4)把小磁针简化成电流环，磁矩为 $\boldsymbol{IS}$

电流环(磁针)所受力矩为

$$\boldsymbol{M} = \boldsymbol{P}_m \times \boldsymbol{B}$$

$$= \boldsymbol{IS} \times \boldsymbol{B} = ISB\sin\theta$$

因为小磁针在地磁南北方向附近摆动，

所以 θ 很小,所以 $\sin\theta=\theta$ 得 $J\dfrac{d^2\theta}{dt^2}=ISB\theta$

此为角位移微分方程,是简谐运动.

10-1-2 解题过程 当运动方程的相角 φ 在二、四象限时同号,在一、三象限时异号. 当 a 为正,v 为负时,速率减小;当 a 为负,v 也为负时,速率会增加.

10-1-3 解题过程 (1)正确. 当物体离开平衡位置时,在受指向平衡位置的合力作用下总会回到原来位置,然后偏离,再回到平衡位置,这样产生振动. 只有当所受合力与位移成正比时,振动才是谐振动.

(2)错误. 谐振动过程能量守恒,但是能量守恒的过程不一定就是谐振动,例如自由落体运动、匀速圆周运动、匀速直线运动等都是能量守恒,但不是谐振动.

10-1-4 解题过程 单摆运动方程是用单摆的角位移表示的,而 φ 正好是零时刻的角位移而不是初相位,初相位应该为 0.

摆球绕悬点转动的角速度 $\omega=\dfrac{d\theta}{dt}$ 是变化的,而角频率 $\omega=\sqrt{\dfrac{g}{l}}$ 是定值.

10-1-5 解题过程 它们的振动表达式如下:

$$\theta_1=\theta_0\cos(\omega t+\frac{\pi}{2})$$

$$\theta_2=\theta_0\cos(\omega t+\frac{3\pi}{2})$$

$$\theta_3=\theta_0\cos(\omega t)$$

$$\theta_4=\theta_0\cos(\omega t+\pi)$$

10-1-6 解题过程 设摆球质量相同.

(1)刚释放时同相,为 0.

(2)$T_B=\sqrt{2}\,T_A$

当 B 第一次到达平衡位置时

$$t=\frac{T_B}{4}=\frac{\sqrt{2}}{4}T_A$$

$$\theta_A=\varphi\cos\left(\frac{2\pi}{T_A}t\right)=\varphi\cos\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\pi\right)$$

因为$\dfrac{\sqrt{2}}{2}\pi<\dfrac{3}{4}\pi$,所以 A 运动到平衡位置左边并向左运动.

A 超前 B $\quad \frac{\sqrt{2}}{2}\pi-\frac{\pi}{2}\approx 0.207\pi$

(3)B 相位为 $\quad \frac{2\pi}{T_B}t=\frac{2\pi}{\sqrt{2}T_A}t$

A 相位为 $\frac{2\pi}{T_A}t$

当 $\cos\left(\frac{2\pi}{\sqrt{2}T_A}t\right)=\cos\left(\frac{2\pi}{T_A}t\right)$ 时相遇

得 $\frac{2\pi}{\sqrt{2}T_A}t+2n\pi=\frac{2\pi}{T_A}t$(同相)($n=0,1,2\cdots$)

$2n\pi-\frac{2\pi}{\sqrt{2}T_A}t=\frac{2\pi}{T_A}t$(反相)($n=0,1,2\cdots$)

于是可得

当 $t=\frac{n\sqrt{2}T_A}{\sqrt{2}-1}$ 时,同相相遇($n=0,1,2\cdots$)

当 $t=\frac{n\sqrt{2}T_A}{(\sqrt{2}+1)}$ 时,反相相遇($n=0,1,2\cdots$)

10-1-7 解题过程 图(a):$x=A\cos\left(\omega t-\frac{\pi}{3}\right)$

图(b):$x=A\cos\left(\omega t-\frac{3\pi}{4}\right)$

图(c):$x=A\cos\left(\omega t-\frac{5\pi}{4}\right)$

图(d):$x=A\cos\left(\omega t+\frac{\pi}{4}\right)$

10-1-8 解题过程 (a)中频率、振幅相等,初相位不相等;

(b)中振幅、初相位相等,频率不相等;

(c)中频率、初相位相等,振幅不相等;

(d)中初相位相等,振幅、频率不相等;

(e)中频率相等,初相位、振幅不相等;

(f)中振幅相等,初相位、频率不相等.

10-1-9 解题过程 简谐振动周期计算公式为:$T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$.因为上述三种情况中,m 和 k 都不发生变化,是相同的常量,所以周期相同.

10-1-10 解题过程 设物体向右(向下)偏离平衡位置 x 的距离,那么物体受力如下:

图(a):每个弹簧伸长$\frac{x}{2}$,所受力 F 向左,$F_1=\frac{kx}{2}$　　所以 $k_1=\frac{k}{2}$,$T_1=2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$.

图(b):每个弹簧伸长 x,所受力 F_2 向左,$F_2=2kx$

所以
$$k_2=2k,T_2=2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}.$$

图(c):左边弹簧伸长 x,右边弹簧压缩 x,所受力 F_3 向左,$F_3=2kx$

所以
$$k_3=2k,T_3=2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}.$$

图(d):弹簧伸长 x,F_4 向上,$F_4=kx$

所以
$$k_4=k_1,T_4=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}.$$

图(e):每个弹簧伸长 x,F_5 向上,$F_5=2kx$

所以
$$k_5=2k,T_5=2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}.$$

图(f):上边弹簧伸长 x,下边弹簧压缩 x,F_6 向上,$F_6=2kx$

所以
$$k_6=2k,T_6=2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}.$$

10-1-11 解题过程 (1)前两个在惯性系里,所以周期相同,为

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

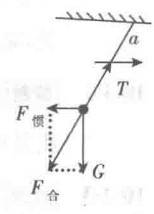
第三个在非惯性系里,平衡位置如答 10-1-11 图所示.

在平衡位置附近作微小摆动时,力矩为

$$l\sin\theta F_{合}\approx lF_{合}\ \theta$$

$$F_{合}=m\ \sqrt{a^2+g^2}$$

所以
$$T_3=2\pi\sqrt{\frac{l}{\sqrt{a^2+g^2}}}$$



答 10-1-11 图

(2)第一个在惯性系中,$T_1=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

第二个在超重系统中,相当于重力加大,$g_2>g$

$$T_2=2\pi\sqrt{\frac{l}{g_2}}<T_1$$

第三个在失重系统中,相当于重力减小,$g_3<g$

$$T_3=2\pi\sqrt{\frac{l}{g_3}}>T_1$$

(3)$g_1=g$,所以 $T_1=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$;卫星完全失重,所以 $g_2\to T_2\to\infty$;

$g_{月}<g$,所以 $T_3=2\pi\sqrt{\frac{l}{g_{月}}}>T_1$.

10-1-12 解题过程 在不同的系统中,在振子的平衡位置处,弹簧的长度有所不同,弹簧的伸长或压缩已经把系统中其余力对振子的影响消除,振子在振动过程中所受恢复力永远是 $-kx$,与其他因素无关,所以周期依然是 $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$.

10-1-13 解题过程 弹簧振子:如果振子振动到弹簧原长的地方,电梯自由下落,那么振子不再振动.如果不是这种情况,振子的振幅会改变,具体变化情况要视电梯刚下落时振子的状态而定.

单摆:单摆的恢复力由拉力和重力的合力提供,在自由下落的电梯中,摆球不受拉力作用,所以电梯下落时单摆就停止摆动了.

10-2-1 解题过程 在小阻尼情况下,由于阻尼的存在,谐振的振幅不断减小,振动周期变长.

10-2-2 解题过程 (1)衰减比较快.

10-3-1 解题过程 自由振动的振幅和初相位只与初态有关,频率是系统的固有频率,在振动过程中不发生变化.

稳态受迫振动的振幅与策动力频率 ω、策动力幅度 F_0、系统固有频率 ω_0 和阻尼因子 β 都有关,频率是策动力的频率 ω,初相位基本不能确定.

10-3-2 解题过程 不正确.稳态受迫振动的表达式 $x=A\cos(\omega_d t+\varphi)$ 与自由振动表达式相同,但实质是不同的.φ 是稳态受迫振动的位移与驱动力的相位差,与初始条件无关.

10-3-3 解题过程 产生共振的条件是:驱动力的频率等于系统固有频率.在共振时物体做受迫振动.

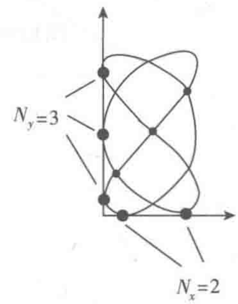
10-5-1 解题过程 拍现象是合振动的振幅存在时强时弱的周期性变化.产生拍的条件是两个振动的频率相差不多,即使是两个振动的振幅不相等,也会产生拍现象.

10-6-1 解题过程 两个相互垂直的同频率合成的运动不一定是谐振动.

10-6-2 解题过程 把两个正弦分别加到垂直与水平偏转板,则荧光屏上光点的轨迹是两个互相垂直的谐振动的合成.当两个正弦信号频率之比为整数之比时,其轨迹是一个稳定的闭合曲

线. 这种曲线称为李萨如图形(如答 10-6-2 图所示). 封闭的李萨如图在水平方向的切点数目 N_x 与垂直方向的切点数目 N_y 之比与两信号频率之比有如下关系:$\frac{f_y}{f_x}=\frac{N_x}{N_y}$

利用这一关系可以测量正弦信号频率. 如果其中一信号频率已知且连续可调,则把两个正弦信号分别输入 X 轴与 Y 轴,调出稳定的李萨如图形,从李萨如图形上数出切点数 N_x、N_y,并记下已知信号的频率,即可由上式算出待测正弦信号的频率.



答 10-6-2 图

习题全解

10-1 解题过程 (1)由振动方程 $x=0.05\cos\left(8\pi t+\frac{\pi}{3}\right)$ 得

$$\omega=8\pi\ \text{rad/s}, T=\frac{2\pi}{\omega}=0.25\text{s}, A=0.05\text{m}, \varphi_0=\frac{\pi}{3}$$

速度最大值 $v_{\max}=\omega A=1.26\text{m/s}$

加速度最大值 $a_{\max}=\omega^2 A=31.6\text{m/s}^2$

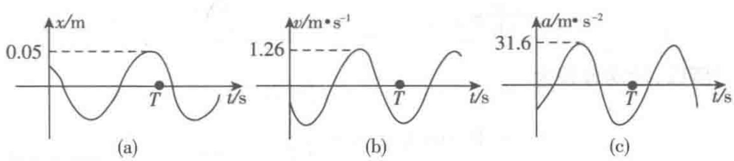
(2)相位 $\varphi=8\pi t+\frac{\pi}{3}$,得

当 $t=1$s 时 $\varphi=8\pi+\frac{\pi}{3}=\frac{25}{3}\pi$

当 $t=2$s 时 $\varphi=16\pi+\frac{\pi}{3}=\frac{49}{3}\pi$

当 $t=10$s 时 $\varphi=80\pi+\frac{\pi}{3}=\frac{241}{3}\pi$

(3)位移、速度、加速度与时间的关系曲线如题 10-1 图解所示.



题 10-1 图解

10-2 解题过程 (1)$x=A\cos(\omega t+\pi)$ (2)$x=A\cos\left(\omega t-\frac{\pi}{2}\right)$