普通高等教育‘ 十五 ’国家级规划教材

大 学 物 理 学

下摇摇册

吴百诗摇主摇编
罗春荣摇马永庚摇张孝林摇副主编

高等教育出版社

内容简介

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材，是吴百诗教授及参编学校数十年来大学物理课程教学经验的总结。全书以大众化教育形势下对人才培养的要求为出发点，针对当前学生的特点编写而成。本书在教学内容上进行了改革，虽然在体系上变化不大，但在内容选取、教学安排、讲法上等有一定的创新。考虑到对工科学生培养的特点，本书十分注意物理学与实际的联系，特别是与工程实际、科技前沿的联系，在例题和习题的选取上更是尽可能反映工程实际和科技新成就。

全书分猿册出版，上册包括力学和热学，中册包括电磁学，下册包括波动、光学和近代物理。与本书配套有习题解答、电子教案等辅助用书。这套书可供高等学校工科各专业作为大学物理课程的教材或参考书使用，也可供其它专业的社会读者阅读。

摇图书在版编目(悦陨孕)数据

摇大学物理学援下册 辕吴百诗主编援—北京:高等教育出版社，圆园园缘
摇陨杂月晕苑愿原苑原园源原园员远远苑缘原怨

摇Ⅰ援大援摇Ⅱ援吴援摇Ⅲ援物理学原高等学校原教材摇Ⅳ援韵源原

摇中国版本图书馆悦陨孕数据核字(圆园园缘)第园缘愿远员远号

策划编辑摇庞永江摇责任编辑摇陶摇铮摇封面设计摇张申申摇责任绘图摇宗小梅
版式设计摇王摇莹摇责任校对摇朱惠芳摇责任印制摇

出版发行摇高等教育出版社摇摇摇摇摇摇摇摇摇摇购书热线摇园员园原远缘愿缘愿怨员愿
社摇摇址摇北京市西城区德外大街源号
邮政编码摇员园园员员园
总摇摇机摇园员园原缘愿缘愿员园园园
免费咨询摇愿园园原愿员园原园缘愿愿
网摇摇址摇澡贼贼责:辕辕憎憎憎援澡藻责援藻凿怎援糟灶
摇摇摇摇摇澡贼贼责:辕辕憎憎憎援澡藻责援糟燥皂援糟灶

经摇摇销摇新华书店北京发行所
印摇摇刷摇

开摇摇本摇苑愿苑×员园怨圆摇员辕员远
印摇摇张摇圆缘援
字摇摇数摇缘园园园园园
插摇摇页摇员
版摇摇次摇摇年摇月第员版
印摇摇次摇摇年摇月第摇次印刷
定摇摇价摇猿援园园元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

物料号:员远远苑缘原园园

目摇摇录

第四篇摇振动摇波动摇光学

第五篇摇近 代 物 理

第四篇摇振动摇波动摇光学

湖表面的水波

振动和波动是自然界中重要而常见的物质运动形式援振动的传播过程称为波动援波动就其物理本质可分为三大类：

员援机械振动在弹性介质中的传播过程称为机械波援如绳子上的波、声波、地震波、水面波以及晶体内的点阵波等援

圆援电磁振动，即变化的电场和变化的磁场依次激发在空间传播的过程称为电磁波，如无线电波、光波、载射线等援电磁波的传播不需要任何介质援

猿援物质波，这是微观粒子的一种属性，相应的波也称为概率波援如电子、中子、质子等微观粒子，都具有波动性援这种物质波与宏观世界中的波具有完全不同的本质，有关内容将在量子物理基础中进行讨论援

虽然各类波的本质不同，但它们具有波动的共同特征，遵守的规律也有许多类似之处，例如，都能产生衍射和干涉，都可用类似的数学方程来描述等援

振动和波动应用于许多科学和技术领域之中，也与人类生活密切相关援学习和掌握振动和波动基础知识，对进一步学习后续课程，以及今后工作中学习新知识、新技术、进行科研工作都是十分重要的援

本篇的内容包括 机械振动、机械波、几何光学和波动光学援

第12章摇机械振动

鱼洗

“ 喷水鱼洗 ’实质上是一个盆边带有双耳的铜盆援古代人称盆为‘ 洗 ’援当用手摩擦盆边的双耳时,盆内的水会浪花飞溅,产生驻波援如摩擦得法,靠盆边上的水能溅起几尺高援因为盆内铸有四条鱼,故称其为喷水鱼洗援

摇摇机械钟摆的运动,石英钟晶体的运动,汽缸中活塞的运动,正常人心脏和脉搏的运动,交流电路中的电流和电压时大时小、时正时负的运动,微观世界中电子围绕晶格点阵的运动等等,尽管运动各异,但它们有一共同特征,即都是往复运动,我们将这类往复运动统称为振动援振动是自然界和工程技术中极为普遍的一种运动形式,研究振动无论是在理论上还是在实践上都有着重要的意义援

在力学中,人们将物体在其稳定平衡位置附近的往复运动称为机械振动援为了方便,下面将机械振动也简称为振动援

振动常是有害的,如降低机床加工精度、影响机械设备的寿命,甚至引起重大破坏事故等援但是,振动也有其有利的一面,如选矿筛、混凝土捣固机等都是利用振动原理设计的援为了利用振动的有利因素,避免其有害因素,就要研究振动遵从的基本规律援

物体在弹性介质中振动时,可以影响周围的介质,使介质中质点也陆续振动起来援这种振动向外传播的过程,就是下一章将要讲的机械波,因此,振动理论也是研究机械波所必备的基础知识援

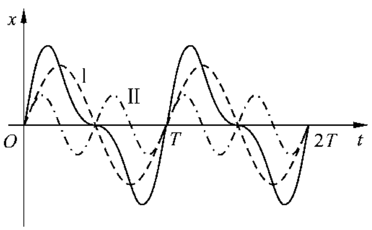
机械振动从本质上讲与交流电、光学、固体等中的振动是不相同的援但实验和理论研究都表明,它们所遵从的基本规律和机械振动中的规律在形式上和数学处理方法上有许多共同点援因此掌握机械振动基本规律也是进一步学习物理学其它有关部分以及交流电、无线电技术等的必要基础援

异12援摇简 谐 振 动

12援援摇简谐振动

物体振动时,若决定其位置的坐标按余弦(或正弦)函数规律随时间变化,这样的振动称为简谐振动,简称谐振动援在忽略阻力的情况下,弹簧的小振幅振动、单摆的小角度振动都是谐振动援

谐振动是一种最简单、最基本的振动援一切复杂的振动都可以看成是由许多简谐振动合成的援例如,图 员圆援员中实线表示的较复杂的振动,可看成虚线Ⅰ和Ⅱ所表示的两个谐振动的合成援



图摇员圆援员

一质量可忽略的弹簧(简称轻弹簧),一端固定,另一端系一物体 酝,这样的系统

称为弹簧振子援图 员园援员所示为一水平弹簧振子,弹簧原长为 造园,质量为 皂的物体酝放在一光滑的水平面上援下面我们以弹簧振子的振动为例来研究谐振动的规律援

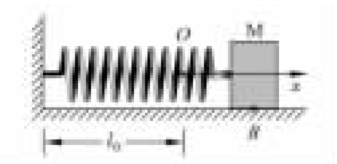
在定量地讨论其运动规律前,我们先定性地讨论它的运动情况援

将物体 酝从平衡位置 韵(弹簧原长处)向右移到位置 月,然后无初速地释放,物体在弹性回复力作用下运动援在从 月返回平衡位置 韵的过程中,物体在水平方向只受到向左指向平衡位置 韵的弹性回复力,力与运动方向相同,物体作加速运动援当物体到达平衡位置 韵,它所受到的合力为零,加速度也为零,但速度并不为零,由于惯性,它将继续向左运动援此后弹簧被压缩,物体受到向右指向平衡位置 韵的弹性回复力,力与运动方向相反,因此物体越过平衡位置向左的运动是减速运动,直到物体到达某位置,速度减小到零援此后物体在弹性回复力作用下将向右运动返回平衡位置,情形和上述从 月返回平衡位置过程相似援这样,在弹性回复力作用下,物体将在其平衡位置附近作往复运动,即机械振动援

从上述讨论中可以看出,弹性回复力和惯性是产生机械振动的两个基本原因援

物体只在弹性回复力作用下所作的振动称自由振动援本书中主要讨论与弹簧变形量大小一次方成正比的线性弹性回复力,即回复力服从胡克定律的振动援实验表明,在弹簧变形量较小的情况下,弹性回复力可以近似地认为是线性的援

现在我们来定量地分析图 员园援员所示弹簧振子的小振幅自由振动援



图摇员园援员

设弹簧的劲度系数为 噪,物体的质量为 皂,忽略各种阻力援取平衡位置 韵为坐标原点,向右为 曾坐标轴正方向援物体位置坐标为 曾时,所受弹性回复力 云可表示为

$$\boxed{云越原噪曾} \qquad (员园援员)$$

根据牛顿运动定律,物体 酝的运动微分方程为

$$皂曾义越原噪曾$$

通常将上式改写成

$$\boxed{曾义垣\omega^{圆}曾越园} \qquad (员园援圆)$$

其中

$$\omega 越\sqrt{\frac{噪}{皂}} \qquad (员园援猿)$$

微分方程(员园援圆)的通解为

曾越粤糟燥泽(ω贼垣φ) (员原圆缘)

上式就是物体 酝 的运动学方程(也称为振动方程),表明弹簧振子的小振幅自由振动是谐振动援式中 粤 和 φ 两个积分常数,分别称为振幅和振动的角频率援它们的物理意义和确定方法将在后面讨论援式(员原圆缘)中定义的 ω 称为弹簧振子的角频率援

若令 φ忆越φ 垣$\frac{\pi}{圆}$,微分方程(员原圆圆)的通解还可写成

曾越粤泽蚤灶(ω贼垣φ忆) (员原圆远)

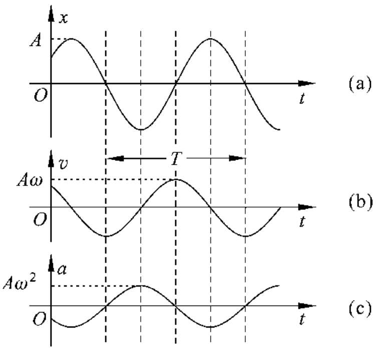
即微分方程(员原圆圆)的解既可写成余弦函数形式,也可写成正弦函数形式援

从解(员原圆缘)看出,物体运动时,坐标 曾(也就是相对平衡位置的位移)按余弦(或正弦)函数规律随时间变化援图 员原圆缘(葬)为振动物体的位移 原时间曲线援

将式(员原圆缘)对时间求一阶和二阶导数,得到物体运动的速度和加速度

增越凿曾/凿贼越原粤ω泽蚤灶(ω贼垣φ) (员原圆苑)

葬越凿²曾/凿贼²越原粤ω²糟燥泽(ω贼垣φ) (员原圆愿)



图摇员原圆缘

式(员原圆苑)、(员原圆愿)表明,作谐振动的物体的速度和加速度也是按余弦或正弦函数规律随时间变化的,如图 员原圆缘(遭)、(糟)所示援

从式(员原圆圆)看出,作谐振动物体的加速度大小总是与其位移大小成正比,二者符号相反,这一结论被视为谐振动的运动学特征援

12援援摇描述谐振动的特征量

振幅、周期(或频率)和相位是描述谐振动的三个重要物理量,若知道了某谐振动的这三个物理量,该谐振动就完全确定了,故常将它们称为描述谐振动的特征量援这里先对振幅、周期和频率作简要介绍,然后重点讨论相位援

员援振幅

在式(员原圆缘)中,因余弦函数的绝对值不大于 员,故 曾的绝对值不大于 粤,即在谐振动过程中,粤表示振动物体离开平衡位置的最大距离,称为振幅援振幅恒取正值,其大小由起始条件决定援

圆援周期和频率

谐振动是周期性运动,描述其运动规律的正、余弦函数是周期性函数,因此每隔一固定时间间隔,运动重复一次,重复运动一次所需的时间称为振动周期,

常用 栽表示援根据周期的定义,由式(员援圆援缘)有

$$粤糟燥泽(\omega贼垣\varphi) 越粤糟燥泽[\omega(贼垣栽) 垣\varphi]$$

故有

$$\boxed{栽越\frac{圆\pi}{\omega}越圆\pi\sqrt{\frac{皂}{噪}}} \qquad (员援圆援苑)$$

物体在单位时间内振动的次数称为频率,常用 ν 表示援根据频率的定义,有

$$\boxed{\nu越\frac{员}{栽}越\frac{\omega}{圆\pi}越\frac{员}{圆\pi}\sqrt{\frac{噪}{皂}}} \qquad (员援圆援愿)$$

这样,角频率 ω 越圆$\pi\nu$,它表示物体在 圆π 单位时间内振动的次数援在 杂陨中,频率的单位是赫兹,用 匀扎表示援

质量 皂、劲度系数 噪都属于弹簧振子本身固有的性质援式(员援圆援苑)、(员援圆援愿) 表明,弹簧振子的周期和频率完全取决于其本身的性质,因此常称为固有周期和固有频率援

谐振动的运动学方程(员援圆援缘) 也常用周期和频率表示如下

$$曾越粤糟燥泽\left(\frac{圆\pi}{栽}贼垣\varphi\right) 越粤糟燥泽(圆\pi\nu贼垣\varphi) \qquad (员援圆援怨)$$

为测定作轨道运动的航天器中的宇航员的质量,特制作了类似于弹簧振子的振动系统援振动系统为一可承载人的弹性椅子,宇航员的质量 皂可通过测量人和振动系统的周期来确定援宇航员的质量 皂越$\frac{噪栽^圆}{源\pi^圆}$原皂$_园$,皂$_园$为振动系统的质量援

猿援相位

从式(员援圆援缘)—(员援圆援苑)可以看出,当作谐振动的物体的振幅和频率都已确定时,振动物体在任意时刻 贼的坐标 曾、速度 懊、加速度 葬都由(ω贼垣φ) 决定,(ω贼垣φ) 称为相位援在一次完全振动过程中,每一时刻物体的运动状态都不相同,而这种不同就反映在相位的不同上援

物体按照式(员援圆援缘) 的规律作谐振动,当(ω贼垣φ) 越$\frac{\pi}{圆}$时,曾越园,懊越原粤ω,即振动物体在平衡位置并以速率 粤ω 向左运动;而当(ω贼垣φ) 越$\frac{猿\pi}{圆}$时,曾越园,懊越

粤ω,这时物体在平衡位置,但以速率粤ω向右运动援可见,不同的相位表示不同的运动状态援常量 φ 表示贼越园时的相位,称为**初相位**,简称初相援初相的大小取决于起始条件援

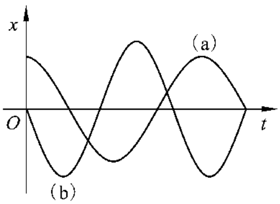
相位(包括初相)是一个十分重要的概念,它在振动、波动及光学、近代物理、交流电、无线电技术等方面都有着广泛的应用援但相位概念是较抽象的,希望读者通过例题、思考题和习题反复练习和思考,切实弄懂并掌握援

今有两个频率相同的谐振动Ⅰ和Ⅱ,它们的运动学方程分别为

摇摇谐振动Ⅰ: 曾员越粤员糟燥泽(ω贼垣φ员)

摇摇谐振动Ⅱ: 曾圆越粤圆糟燥泽(ω贼垣φ圆)

则(ω贼垣φ圆)原(ω贼垣φ员)越φ圆原φ员称为谐振动Ⅰ与谐振动Ⅱ间的**相位差**援因为这两个谐振动频率相同,所以它们的相位差也就等于初相差援如果φ圆原φ员跃园,我们称谐振动Ⅱ的相位超前于谐振动Ⅰ的相位援图员圆鄄源中给出两个同频率谐振动的位移原时间曲线援我们说,谐振动(遭)的相位比(葬)的相位超前$\frac{\pi}{圆}$,为什么?请读者试分析之援

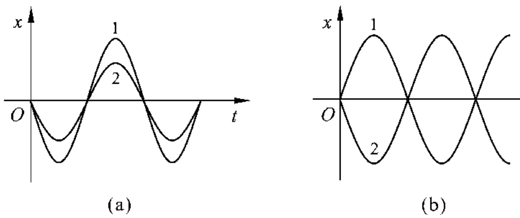


图摇员圆鄄源

两个频率相同的谐振动,如果它们的初相差为零或为圆π的整数倍援则它们在任意时刻的相位差都是零或圆π的整数倍援这样,两个振动物体同时达到位移最大值,同时到达平衡位置,同时变换运动方向,即两个振动步调完全相同,如图员圆鄄缘(葬)援我们称这样的两个振动为同相或同步援

两个频率相同的谐振动,如果它们的初相差为π或π的奇数倍,则一个物体振动达到正向最大位移时,另一个物体达到反向最大位移援之后,它们同时回到平衡位置,但速度方向相反,即两振动步调完全相反,如图员圆鄄缘(遭)援我们称这样的两个振动为反相援

相位差的概念在物理光学、声学、量子力学等领域中有着广泛的应用援



图摇员圆鄄缘

源援振幅和初相的确定

对于给定的弹簧振子，角频率 ω 是确定的，但这时弹簧振子还可以作振幅不同、初相不同的谐振动援下面我们来研究振幅和初相的确定方法援

对于角频率为 ω 的谐振动，其坐标 曾和速度 皂随时间变化关系总可由式(圆原猿)、(圆原缘)给出，即

曾越粤糟燥泽(ω贼垣φ)

增越原粤ω泽蚤灶(ω贼垣φ)

如果已知某一时刻的 曾和 增则振幅 粤和初相 φ 就可以从上两式联立解得援例如，若已知起始条件，即 贼越园时的坐标 曾园和速度 增园，则代入上两式可求得

粤越$\sqrt{曾_园^圆垣\frac{增_园^圆}{\omega^圆}}$ (圆原员源)

贼葬灶φ 越原$\frac{增_园}{曾_园\omega}$ (圆原员缘)

【例 圆原员】 如图 圆原员所示的弹簧振子，坐标 曾原点取在弹簧的平衡位置援已知物体 酝的质量 皂越员援园噪早，弹簧的劲度系数 噪越苑援圆缘晕·皂^{原员}，当 贼越园时，将物体拉至 曾$_园$越园援园缘皂处，并以初速度 增$_园$越原园援员猿皂·泽^{原员}释放援

(员) 求出运动学方程式(圆原猿)中的 ω、粤和 φ，画出 曾贼 原贼图；

(圆) 写出振子的速度方程并画出 增贼 原贼图；

(猿) 写出加速度方程并画出 葬贼 原贼图援

解摇(员) 由式(圆原猿)知，角频率只与劲度系数和质量有关，因此

ω 越$\sqrt{\frac{噪}{皂}}$越$\sqrt{\frac{苑援圆缘}{员援园}}$贼蚤·泽^{原员} 越圆援远怨贼蚤·泽^{原员}

频率 ν 越$\frac{\omega}{圆\pi}$ 越$\frac{圆援远怨}{圆\pi}$匀扎越园援源猿匀扎

栽越$\frac{员}{\nu}$ 越圆援猿猿泽

将初始条件 贼越园，曾$_园$越园援园缘皂和 增$_园$越原园援员猿皂·泽^{原员}分别代入弹簧振子运动学方程式(圆原猿)和速度方程式(圆原缘)，有

园援园缘皂越粤糟燥泽φ (员)

原园援员猿皂·泽^{原员}越原粤ω泽蚤灶φ (圆)

从上两式中消去 粤得

ω贼葬灶φ 越圆援远泽^{原员}

从而得 φ 越园援怨远贼蚤

将已求得的 ω 和 φ，利用式(员)或式(圆)可求得 粤

粤越园援园怨皂

运动学方程为

曾贼越员园员缘糟燥泽(缘贼垣仔)皂

图 员园鄄员缘(葬)所示为 曾贼原贼图援

(圆) 将已得到的有关数据代入式(员园鄄圆),得速度 灾曾贼,

灾曾贼越原员援园远泽蚤灶(缘贼垣仔)皂·泽原员

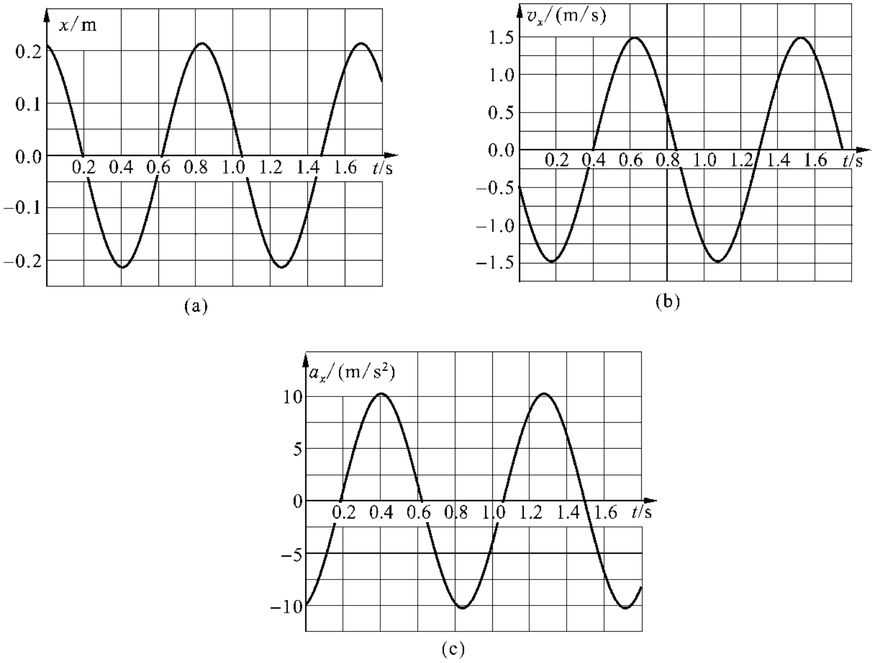
图 员园鄄员缘(遭)所示为 灾曾贼原贼图援

(猿) 将已得到的有关数据代入式(员园鄄猿),得加速度 葬曾贼,

葬曾贼越原缘援圆缘糟燥泽(缘贼垣仔)皂·泽原圆

图 员园鄄员缘(糟)所示为 葬曾贼原贼图援

以上各式中,曾、灾曾、葬曾、贼的单位分别为 皂、皂·泽原员、皂·泽原圆、泽援



图摇员园鄄员缘

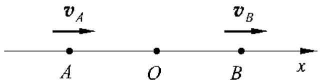
实际上,常通过实验做出图 员园鄄员缘所示的曲线援从这类实验曲线提供的信息,可确定振幅、周期和相位,也可以写出振动方程等援借助于图线研究物理过程是物理学研究问题的重要方法援

【例 员园鄄圆】摇一作谐振动的物体,在一个周期内相继经过 粤、月两点,历时 圆泽,并且在 粤、月两点处具有相同的速度,见图 员园鄄员远援物体经 月点再过 圆泽后,又从另一方向通过 月点援已知 粤、月两点间的距离为 员园糟皂,试求:

(员) 物体运动的周期和振幅;

(圆) 物体在 粤点的速度;

(猿) 若从物体相继经过 粤、月两点时的中点开始记时,



图摇员园鄄员远

求物体的振动方程援

解摇以 粤月两点连线为 曾轴,其中点为坐标原点 韵,如图 员援圆源所示援因为在一个周期内,物体相继经过 粤月两点时的速度相同,增粤越增月,所以 韵点为物体谐振动的平衡位置,今设振动方程为

$$曾越粤糟燥泽(\omega 贼垣\varphi) \qquad (员)$$

(员) 根据题意,物体经 月点再返回至 月点的时间 贼圆越圆泽,而物体从 韵点运动至 月点的时间 贼员越员泽,根据周期的定义,有

$$栽越圆(贼圆垣圆贼员)越愿泽$$

则物体运动的角频率

$$\omega 越\frac{圆\pi}{栽}越\frac{\pi}{源}贼灶藻·泽^{原员}$$

将 ω 代入式(员),有

$$曾越粤糟燥泽\left(\frac{\pi}{源}贼垣\varphi\right) \qquad (圆)$$

根据题意,在时刻 贼粤,曾粤越原远糟皂,曾月越远糟皂,将其代入式(圆),有

$$曾粤越粤糟燥泽\left(\frac{\pi}{源}贼粤垣\varphi\right)越原远糟皂$$

$$曾月越粤糟燥泽\left[\frac{\pi}{源}(贼粤垣圆)垣\varphi\right]越原粤泽蚤灶\left(\frac{\pi}{源}贼粤垣\varphi\right)越远糟皂$$

两式平方相加得

$$粤越远\sqrt{圆}糟皂$$

(圆) 将式(圆)对时间求导得

$$增越原\frac{\pi}{源}粤泽蚤灶\left(\frac{\pi}{源}贼垣\varphi\right) \qquad (猿)$$

假定,增粤越增月跃园,由式(猿)有

$$增粤越原\frac{\pi}{源}粤泽蚤灶\left(\frac{\pi}{源}贼粤垣\varphi\right) \qquad (源)$$

$$增月越原\frac{\pi}{源}粤泽蚤灶\left[\frac{\pi}{源}(贼粤垣圆)垣\varphi\right]越原\frac{\pi}{源}粤糟燥泽\left(\frac{\pi}{源}贼粤垣\varphi\right) \qquad (缘)$$

由于 增粤越增月跃园,由式(源)、(缘),得

$$泽蚤灶\left(\frac{\pi}{源}贼粤垣\varphi\right)越糟燥泽\left(\frac{\pi}{源}贼粤垣\varphi\right)越原\frac{\sqrt{圆}}{圆} \qquad (远)$$

代入式(源)得

$$增粤越原\frac{\pi}{源}伊远\sqrt{圆}伊\left(原\frac{\sqrt{圆}}{圆}\right)越园援源苑糟皂·泽^{原员}$$

(猿) 依题意 贼粤越原员泽为什么?由式(远),$\frac{\pi}{源}贼粤垣\varphi越原\frac{猿}{源}\pi$,因此

$$\varphi越原\frac{猿}{源}\pi原\frac{\pi}{源}贼粤越原\frac{\pi}{圆}$$

物体的振动方程为

$$曾越远/圆摇摇摇\left(\frac{\pi}{源}贼原\frac{\pi}{圆}\right)$$

以上各式中，曾、贼的单位分别为 糟皂、糟皂·泽^{原员}、泽^{原圆}援

【例 员原员源】摇一谐振动的位移 原时间曲线如图 员原员愿所示，试写出其振动方程援

解摇设运动学方程为

$$曾越粤糟燥泽(\omega贼垣\varphi) \qquad (员)$$

先求 粤和 φ援由图知 粤越园援园圆皂；又 贼越园时，$曾_园$越园援园员皂和 $增_园$跃园援由式（员）有

$$曾_园越园援园圆糟燥泽\varphi越园援园员，摇糟燥泽\varphi越\frac{员}{圆}，摇\varphi越\frac{\pi}{猿}或原\frac{\pi}{猿}$$

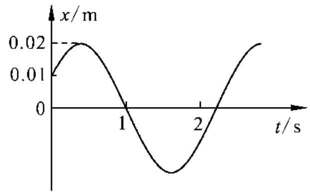
又 $增_园$跃园由式（员）可知 泽蚤灶φ约园因此 φ越原$\frac{\pi}{猿}$援

再求 ω援现在根据图给出的条件，贼越员泽时，曾越园将其代入式（员），有

$$园越园援园圆糟燥泽\left(\omega伊员原\frac{\pi}{猿}\right)$$

$$\varphi忆越\omega原\frac{\pi}{猿} 越葬则糟糟燥泽园$$

$$\varphi忆越\frac{\pi}{圆}或原\frac{\pi}{圆}$$



图摇员原员愿

由于在 贼越员泽时，增约园则 泽蚤灶φ忆跃园故 φ忆越$\frac{\pi}{圆}$，由此可求得

$$\omega越\frac{\pi}{圆}垣\frac{\pi}{猿}越\frac{缘}{远}\pi$$

所以运动学方程为

$$曾越园援园圆糟燥泽\left(\frac{缘}{远}\pi贼原\frac{\pi}{猿}\right)$$

以上各式中，曾、贼、ω的单位分别为 皂、泽、泽^{原员}援

解题思路

以上例题都为谐振动的运动学问题援这类问题的解法一般是先选取坐标系，在此基础上写出作谐振动物体的标准运动学方程，如 曾越粤糟燥泽（ω贼垣φ）或 曾越粤泽蚤灶（ω贼垣φ）等，再根据题目直接或间接给出的初始条件或其它条件（如用图线给出的条件等），确定标准运动学方程中各待定量 粤、ω、φ，最后写出运动学方程的具体形式援

【例 员原员缘】摇一劲度系数为 噪的轻弹簧，上端固定，下端悬挂一质量为 皂的物体 酝援平衡时，弹簧将伸长一段距离 $\delta_{泽贼}$，$\delta_{泽贼}$称为静止形变，如图 员原员怨援如果再用手拉物体，然后无初速地释放，试写出物体 酝的运动微分方程，并确定它的运动规律援

解摇以物体为研究对象，其受重力 孕和弹性回复力 云两个力的作用援根据牛顿运动定律