

你缺少的不是资金，而是变换思维

首席教师

专题小课本

- 小方法大智慧
- 小技巧大成效
- 小单元大提升
- 小课本大讲坛

高中物理 波动与相对论

总主编/钟山



中国出版集团 现代教育出版社

海阔凭鱼跃

方法赢得速度 选择决定未来

FANGFAYINGDESUDU XUANZEJUEDINGWEILAI

高中数学

1. 函数 2. 几何初步 3. 三角函数与三角恒等变换 4. 平面向量 5. 数列 6. 不等式 7. 圆锥曲线与方程 8. 导数及其应用 9. 空间向量与立体几何 10. 常用逻辑、推理与证明 11. 统计与概率 12. 算法、框图与复数 13. 数学思想与方法

高中物理

1. 力和直线运动 2. 曲线运动与机械能 3. 热运动与能量守恒 4. **波动与相对论** 5. 电磁学(上) 6. 电磁学(下) 7. 动量守恒与微观粒子 8. 物理实验与探究 9. 物理思想与方法

高中化学

1. 电解质溶液 2. 化学反应与能量 3. 元素周期律与化学键 4. 化学反应速率与化学平衡 5. 元素与化合物 6. 物质结构与性质 7. 有机化学基础 8. 化学实验基础 9. 化学计算

煮石头汤

一个饿汉来到富人家门口对富人说：“我带了些石头，想用一下你的锅煮点石头汤喝。”富人很奇怪：石头怎么能煮汤喝？于是，富人让他进屋，借了他一口锅。饿汉把石头放进锅里。煮汤得加水吧？富人给了他一些水。煮汤得加盐吧？富人又给了他一些盐。煮汤还需要调料吧？富人又给了他一些调料。就这样，饿汉喝上了有滋有味的汤。

读罢故事，掩卷深思。觉得饿汉聪明极了。他知道单凭自己的乞求，富人是不能给他美味可口的汤喝的，于是他就想出了煮“石头汤”这个绝妙的主意，先是得到了锅，然后是水、盐、调料，最后终于喝上了美味可口的“石头汤”。

世上的事情，办法总是多于困难。只要我们认准一个合理的目标并为之努力，在困难面前就会释放出超常的智慧和潜能。

ISBN 978-7-80196-696-4



9 787801 966964 >

定价：15.80 元

责任编辑：郎咸杰 唐向阳

责任校对：潘金科

封面设计：书友传媒

图书在版编目(CIP)数据

首席教师专题小课本·高中物理·波动与相对论 / 钟山主编. —北京: 现代教育出版社, 2008. 4
ISBN 978-7-80196-696-4

I. 首… II. 钟… III. 物理课—高中—教学参考资料
IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 038461 号

11

书 名: 首席教师专题小课本·高中物理—波动与相对论

出版发行: 现代教育出版社

地 址: 北京市朝阳区安华里 504 号 E 座

邮政编码: 100011

印 刷: 北京市梦宇印务有限公司印刷

发行热线: 010-61743009

开 本: 890×1240 1/32

印 张: 9

字 数: 380 千字

印 次: 2008 年 4 月第 1 版 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-80196-696-4

定 价: 15.80 元

21

目 录

首席寄语	(1)
单元提升篇	(3)
第一章 机械振动	(3)
第一单元 简谐运动	(3)
第二单元 简谐运动的图象	(16)
第三单元 单摆	(25)
第四单元 简谐运动的能量 外力作用下的振动	(42)
章末综合提升	(51)
方法·技巧·策略	
简谐运动的判定方法(4)/根据位移判断振动中各物理量的变化的方法(5)/简谐运动的对称性在解题中的应用(6)/简谐运动的周期性问题的处理方法(7)/计算简谐运动路程的 4 倍振幅法(8)/根据简谐运动的图象求解有关问题的方法(16)/振动图象与弹簧振子、胡克定律的综合应用(18)/简谐运动表达式的应用(18)/利用单摆周期公式求解有关物理量(26)/等效摆长的应用(27)/等效重力加速度的求法(28)/摆钟误差问题的分析方法(29)/用单摆测定重力加速度的方法(30)/停表的使用和读数方法(32)/关于公式中“ g ”的理解(33)/关于公式中“ L ”的理解(33)/思维定势的突破(36)/其他测重力加速度的方法(36)/关于简谐运动的能量问题的处理方法(43)/处理共振、受迫振动问题的方法(44)/共振的应用与防止(45)/简谐运动的对称性、多解性(52)/单摆与万有引力定律的综合问题(56)/单摆与牛顿第二定律的综合(56)/弹簧振子与胡克定律的综合(56)/单摆与碰撞问题的综合(57)	
第二章 机械波	(62)
第一单元 波的形成与传播	(62)
第二单元 波的图象	(71)
第三单元 波长、频率和波速	(83)
第四单元 波的反射和折射、干涉和衍射、多普勒效应	(97)
章末综合提升	(110)
方法·技巧·策略	
横波和纵波的比较(63)/振动与波动的比较(63)/“带动看齐”法分析质点的振动方向(63)/振动和波动的关系(65)/由波的图象可以获得的信息(71)/波的图象与振动图象的比较(72)/已知波的传播方向判断质点的振动方向的方法(72)/已知某质点的振动方向判断波的传播方向的方法(74)/由波的传播方向及某时刻的波形图线画出另一时刻的波形图线的方法(74)/振动图象与波的图象的区别(75)/波长 λ 、波速 v 、频率 f 的决定因素(84)/已知振幅 A 和周期 T ，求振动质点的位移和路程的方法(84)/机械波的“多解问题”的处理方法(85)/波动图象与振动图象相联系问题的求解方法(87)/正确理解波的衍射现象(99)/振动加强点和减弱点的判断方法(100)/正确理解多普勒效应的产生原因(101)/波的图象、传播方向、质点振动方向三者间的关系(110)/关于机械波的多解问题(112)/波的图象与波速公式的综合(114)/波的图象与振动图象相结合的问题(115)	
第三章 光	(122)
第一单元 光的直线传播与光的反射	(123)
第二单元 光的折射与全反射、色散	(135)

第三单元 实验:测定玻璃的折射率	(155)
第四单元 光的干涉、衍射及光的偏振、激光	(166)
第五单元 实验:用双缝干涉测量光的波长	(181)
章末综合提升	(189)

方法·技巧·策略

利用光的直线传播解题的方法(124)/平面镜成像作图法(124)/平面镜动态成像的处理方法(125)/平面镜视场问题的处理方法(127)/对折射现象的理解与应用(136)/对折射现象的理解与应用(138)/视深问题的求解方法(139)/视场问题的处理方法(140)/全反射现象的理解及应用(141)/棱镜问题的处理方法(143)/对光的色散问题的理解(144)/成像法(157)/观察法(157)/视深法(158)/全反射法(158)/双缝干涉中明条纹或暗条纹位置的判断方法(171)/薄膜干涉的观察方法及应用(172)/光的衍射问题的求解方法(174)/光的偏振问题的求解方法(175)/激光及其应用(176)/实验原理的理解(183)/实验误差分析(183)/对棱镜及色散的理解(191)/双缝干涉的特点及实验分析(191)/光的衍射及与干涉的比较分析(192)/运动学与光学的综合问题(193)

第四章 电磁波 (201)

第一单元 电磁波的产生、发射和传播、接收	(201)
第二单元 电磁波的应用、电磁波谱	(216)
章末综合提升	(227)

方法·技巧·策略

对麦克斯韦电磁场理论的理解(206)/电磁波与机械波的比较(207)/感应电场与静电场的区别(208)/电磁振荡过程分析(208)/LC回路的周期与频率(210)/电磁波的发射与接收的理解、传播过程的理解(210)/同步同变关系(212)/同步异变关系(213)/物理量间的等式关系(213)/自感电动势 E 与 $i-t$ 图象的关系(213)/电磁波在生产生活中的应用(219)/电磁波谱问题解题时的基本要求和方法(220)/伦琴射线管的工作原理(220)/电磁振荡规律的综合应用(227)/各种电磁波的比较(229)/电磁学与 LC 振荡回路规律的综合(231)/牛顿第二定律与 LC 振荡回路规律的综合(231)/电场(带电粒子在电场中的运动规律)与 LC 振荡回路规律的综合(231)

第五章 相对论简介 (238)**方法·技巧·策略**

关于长度和时间间隔的相对性(241)/对速度变换式的理解(242)/对质量和速度关系式的理解(242)/对质能关系式的理解(242)

专题提升篇 (248)

第一单元 专题思想方法	(248)
第二单元 专题高考热点	(262)

方法·技巧·策略

利用简谐运动的周期性和对称性解题(248)/等效摆长和等效重力加速度问题的处理方法(249)/求振动质点在 Δt 时间内通过的路程及相对平衡位置的位移的方法(251)/由波的传播方向确定质点的振动方向(或由质点的振动方向确定波的传播方向)(252)/由波的传播方向和某时刻的波形图画另一时刻波形图的方法(252)/波动图象的多解问题(253)/测定介质折射率的方法(254)/分析棱镜改变光路和色散的方法(257)/振动图象的考查(262)/单摆与有关知识的综合(263)/由波动和振动图象获取信息解题(263)/波的多解问题的求解(265)/光通过两面平行玻璃砖的问题(266)/麦克斯韦电磁场理论的考查(268)

附录 专题速记图解	(276)
-----------------	-------



首席寄语

■专题导引



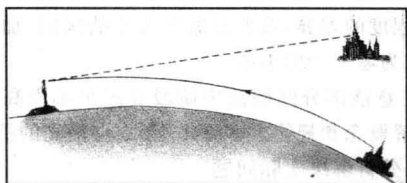
北京天坛的回音壁. 人站在圆形围墙附近说话, 声音经过多次反射, 可以在围墙的任意位置听到:

图 1



桥梁的共振. 1831年一队骑兵通过曼彻斯特附近的一座便桥时, 由于马蹄运动节奏比较一致, 使桥发生共振而断裂.

图 2



海市蜃楼的成因

图 3

本专题有机械振动、机械波、光、电磁波和相对论, 共五部分内容, 其中机械振动、机械波和光学是本专题的重点, 也是高考中重点考查的内容.

■高考命题规律

对于机械振动和机械波, 从近年来的高考考点分布可以看出, 命题频率最高的知识点是波的图象、频率、波长和波速的关系, 围绕波的干涉、衍射现象、多普勒效应等内容, 以新的背景出题的可能性在不断增大.

从近年来的高考考点分布来看, 几何光学中的平面镜问题和不同色光的折射率问题时常成为考点, 而且大多将光的本性和几何光学知识相结合进行考查, 题型多以选择题出现.

从近年来的高考考点分布来看, 纯粹考查电磁场和电磁波的题目极少, 概念的考

查和以电磁波内容为背景来考查波的传播和辐射能量的问题较多。以后的高考估计仍将延续上述规律。理综试题考查的可能性不大,如果出现,可能在某些省的物理试题中进行考查。相对论部分在新课标地区为选考内容,但作为选修3-4中的一章,出题的可能性比原来大大提高了。

在新课标地区,本专题知识属于选考内容,因而各地区出题的形式可能不同,例如在山东地区本部分将以非选择题的形式出现。

■学习应试策略

1. 在学习振动时,注意振动的规律与直线运动规律存在很大差异,应在理解概念和规律上多下工夫。重点是简谐运动的四个过程,在振动过程中回复力、位移、速度、加速度的变化规律。单摆的振动以及单摆的周期公式是本章的一个重点,注意钟的快慢的调节,复合场中单摆周期的变化等问题是学习中典型的难点问题,应注意多做联系加以突破。周期性和对称性是振动的特征,充分利用这些特点可为解决振动问题提供很大的帮助。

2. 在波动问题中,深刻理解波的形成过程、先后振动的质点间的关系是关键。波动中各质点都在平衡位置附近做周期性振动,后一质点的振动总是落后于带动它的前一质点的振动,波动是全部质点联合起来共同呈现的现象。

波的干涉问题是一个难点。在形象演示波的干涉现象的基础上,更应从理论上透彻分析把握实质,特别应强调以下两点:(1)在干涉中,振动加强与减弱点是固定的,不随时间的延伸而变化,即加强点始终加强,减弱点始终减弱。(2)加强和减弱指的是质点振动的剧烈程度的差异,或者是振幅大小的区别;加强点振幅大,减弱点振幅小(特殊情况下可以为零——即不振)。

3. 在学习光时,注意该部分问题高中阶段要求虽不太高,但该部分知识比较琐碎,概念较多,应在理解概念和规律上多下工夫。重点是光的折射、光的干涉及光的衍射现象,以及利用它们分析解决实际问题。

4. 理解麦克斯韦电磁场理论时要注意电场和磁场互相产生的条件:

(1)变化的磁场产生电场:均匀变化的磁场产生稳定的电场;非均匀变化的磁场产生变化的电场;振荡的磁场产生同频率的振荡电场。

(2)变化的电场产生磁场:均匀变化的电场产生稳定的磁场;非均匀变化的电场产生变化的磁场;振荡的电场产生同频率的振荡磁场。

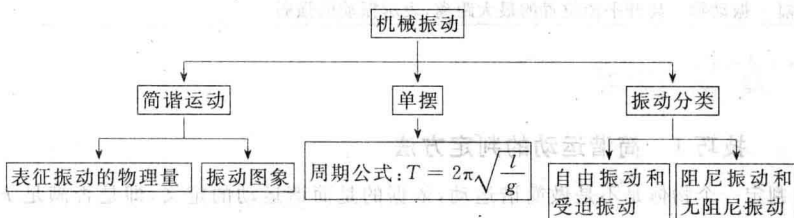
(3)变化的电场或磁场不一定能够产生电磁波,因为均匀变化的磁场或电场只能产生稳定的电场或磁场,而稳定的磁场和电场是不能再产生电场或磁场的,故只有非均匀变化的电场或磁场才可能形成电磁波。

[单元提升篇]

第一章 机械振动



本章概念图示



重点: 振动图象、单摆的周期公式.

难点: 单摆的周期公式与其他知识的综合运用.



课程标准要求

1	通过观察和分析,理解简谐运动的特征.能用公式和图象描述简谐运动的特征
2	通过实验,探究单摆的周期与摆长的关系
3	知道单摆的周期与摆长、重力加速度的关系.会用单摆测定重力加速度
4	通过实验,认识受迫振动的特点.了解产生共振的条件以及在技术上的应用

第一单元

简谐运动



知识清单精解

考点1 机械运动识记

定义	物体(或物体的一部分)在平衡位置附近所做的往复运动,通常简称为振动
产生	1. 每当物体离开平衡位置后,它就受到一个指向平衡位置的力
条件	2. 受到的阻力足够小
回复力	总是指向平衡位置,它的作用是使振动物体能返回平衡位置,它实质上是物体在振动方向上所受的合外力

考点 2 简谐运动的特点

回复力的特点	$F = -kx$, 即大小跟振动中的位移 x 成正比, 方向始终与位移方向相反, 指向平衡位置
加速度的特点	$a = \frac{F}{m} = -\frac{k}{m}x$, 即其大小跟位移大小成正比, 方向与位移方向相反(加速度方向永远指向平衡位置)

考点 3 描述振动的物理量

周期	做简谐运动的物体完成一次全振动所用的时间
频率	单位时间内完成的全振动的次数, 表示振动的快慢
振幅	振动物体离开平衡位置的最大距离, 表示振动的强弱

技巧 1 简谐运动的判定方法

判定一个物体是不是做简谐运动, 依据的是简谐运动的定义, 即是否满足 $F = -kx$. 可分三步进行:

首先确定物体的平衡位置. 物体在平衡位置时所受合外力为零(或在振动方向上合外力为零), 即物体在振动方向上所受合外力为零的位置就是平衡位置.

其次判定回复力是不是与位移 x 成正比, 即 $F = kx$. 令物体离开平衡位置的位移为 x , 分析并计算在振动方向上所受的合外力 $F = kx$, 确定 k 是否为常数.

最后比较物体在平衡位置两侧位移的方向与回复力的方向是否相反. 注意位移的方向是由平衡位置指向物体的位置的方向.

例 1 如图 1-1-1 所示, 劲度系数为 k 的弹簧上端固定在天花板上的 O 点, 下端挂一质量为 m 的物块, 物块静止后, 再向下拉长弹簧, 然后放手, 弹簧上下振动, 试说明物块的振动是简谐运动.

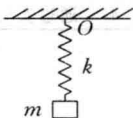


图 1-1-1

分析: 判断振动是否为简谐运动, 常采用下述步骤: (1) 找到振动物体的平衡位置; (2) 任取物体离开平衡位置的一点(设位移为 x), 进行受力分析, 求出指向平衡位置的合力 $F_{回}$; (3) 判断 $F_{回}$ 是否满足 $F_{回} = -kx$.

解: 设物块的平衡位置为 A 点, 向下为正方向, 此时弹簧的形变量为 x_0 , 则有 $kx_0 = mg$. 当弹簧向下发生位移 x 时, 弹簧弹力 $F = k(x + x_0)$, 而回复力 $F_{回} = mg - F$, 故 $F_{回} = mg - k(x + x_0) = -kx$, 即回复力满足 $F = -kx$ 的条件, 物块做简谐运动.

例 2 如图 1-1-2 所示, 在光滑水平面上, 用两根劲度系数分别为 k_1 与 k_2 的轻弹簧系住一个质量为 m 的小球. 开始时, 两弹簧均处于原长, 后使小球向左偏离 x 后放手, 可以看到小球将在水平面上做往复运动, 试问小球是否做简谐运动?

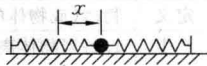


图 1-1-2

解析:为了判断小球的运动性质,需要根据小球的受力情况,找出回复力,确定它能否写成 $F=-kx$ 的形式.

以小球为研究对象,竖直方向处于受力平衡状态,水平方向受到两根弹簧的弹力作用.设小球位于平衡位置 O 左方某处时,偏离平衡位置的位移为 x ,则:

左方弹簧受压,对小球的弹力大小为 $F_1=k_1x$,方向向右.

右方弹簧被拉伸,对小球的弹力大小为 $F_2=k_2x$,方向向右.

小球所受的回复力等于两个弹力的合力,其大小为:

$$F=F_1+F_2=(k_1+k_2)x, \text{方向向右.}$$

令 $k=k_1+k_2$,上式可写成: $F=kx$.

再考虑 F 与 x 的方向,则 $F=-kx$,即小球做简谐运动. **答案:**是简谐运动.

规律总结:回复力 $F=-kx$ 是简谐运动的动力学特征,这是判断、证明一个振动是否是简谐运动的重要依据.具体判断、证明过程是:先确定振动物体的平衡位置,然后设想物体发生一定位移时,设法表示出回复力,看是否符合上述特征即可.

技巧 2 根据位移判断振动中各物理量的变化的方法

质点在做简谐运动的过程中,位移、回复力、加速度、动能、势能、速度、动量等,都做周期性变化,可把位移称为联系各物理量的桥梁,根据位移的变化判断其他物理量的变化.联系分析:

1. 回复力(矢量):其大小与位移大小的变化相同,且在不同时刻,若位移大小相等,则回复力的大小也相等.回复力的方向与位移方向相反.

2. 回复力产生的加速度(矢量):它是回复力作用的结果,大小与回复力成正比,方向与回复力相同.这样加速度随位移的变化情况可参考 1.

3. 速度(矢量):在最大位移处为零,在平衡位置最大,且随位移的减小而增大.在不同时刻,若位移大小相等,速度大小也一定相等.当向平衡位置运动时,速度与位移方向相反;反之,背离平衡位置运动时,速度与位移方向相同.

4. 动能(标量):质量一定的物体,其动能的大小取决于速度的大小,这样动能随位移的变化情况可参考 3.

5. 势能(标量):随位移增大而增大,随位移减小而减小.

例 3 如图 1-1-3 所示为一弹簧振子,设向右为正向,振子的运动()

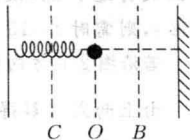


图 1-1-3

A. $C \rightarrow O$ 时,位移是正值,速度是正值

B. $O \rightarrow B$ 时,位移是正值,速度是正值

C. $B \rightarrow O$ 时,位移是负值,速度是负值

D. $C \rightarrow O$ 时,位移是负值,速度是负值

解析:由振子运动知由 $C \rightarrow O \rightarrow B$, v 为正,在 O 点右侧的位移为正,故 B 正确.

答案:B

例 4 一水平弹簧振子做简谐运动,则下列说法中正确的是()

- A. 若位移为负值,则速度一定为正值,加速度也一定为正值
 B. 振子通过平衡位置时,速度为零,加速度最大
 C. 振子每次通过平衡位置时,加速度相同,速度也一定相同
 D. 振子每次通过同一位置时,其速度不一定相同,但加速度一定相同

解析: 弹簧振子做简谐运动时,经过同一点时受的弹力必定是大小相等、方向相同,故加速度必定相同,但经过同一点时只是速度的大小相等,方向不一定相同. 经过平衡位置时,加速度为零,速率最大,但每次经过平衡位置时的运动方向可能不同.

答案: D

规律总结: 要注意用运动学的知识分析简谐运动问题,矢量的相等不仅仅是大小相等,方向也应该相同.

技巧 3 简谐运动的对称性在解题中的应用

做简谐运动的弹簧振子的运动具有往复性、对称性和周期性. 在同一位置 P , 振子的位移相同, 回复力、加速度、动能、势能也相同, 速度是大小相等, 但方向可相同, 也可相反. 在关于平衡位置对称的两个位置, 动能、势能对应相等, 回复力、加速度大小相等, 方向相反, 速度大小相等, 方向可相同, 也可相反, 运动时间也对应相等.

例 5 一个做简谐运动的质点在平衡位置 O 点附近振动, 当质点从 O 点向某一侧运动时, 经 3 s 第一次过 P 点, 再向前运动, 又经 2 s 第二次过 P 点, 则该质点再经过_____的时间第三次过 P 点.

解析: 由题意“从 O 点”出发, “过 P 点再向前”运动知 P 点不是平衡位置和位移最大的特殊点. 作出示意图如图 1-1-4 所示, 使问题具体化, 以帮助全面思考分析.

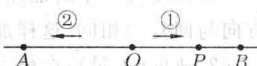


图 1-1-4

题中未明确质点第一次从 O 到 P 的路径, 因此需多向思维、考虑到可能的两种情况, 以求全解.

若质点沿图中①的方向第一次过 P 点, 历时 3 s ; 由 P 到 B , 再由 B 到 P 共历时 2 s , 则由其对称性知 P 、 B 间往返等时, 各为 1 s , 从而可知 $T/4 = 4\text{ s}$, 周期 $T = 16\text{ s}$. 第三次再过 P 点, 设由 P 向左到 A 再返回到 P , 历时为一个周期 T 减去 P 、 B 间往返的 2 s , 则需时 $t = 16\text{ s} - 2\text{ s} = 14\text{ s}$.

若沿图②的方向第一次过 P 点, 则有: $3\text{ s} - t_{OP} = 2\text{ s} + t_{PO} + t_{OP} = T'/2$, 而 $t_{OP} = t_{PO}$.

由上两式可解得 $t_{OP} = t_{PO} = \frac{1}{3}\text{ s}$, $T' = \frac{16}{3}\text{ s}$.

则质点第三次过 P 点历时 $t' = T' - 2\text{ s} = \frac{10}{3}\text{ s}$. **答案:** 14 s 或 $\frac{10}{3}\text{ s}$

例 6 如图 1-1-5 所示, 质量为 m 的木块放在弹簧上, 与弹簧一起在竖直方向上做简谐运动, 当振幅为 A 时, 木块对弹簧的最大压力是木块重力的 1.5 倍, 则木块对弹簧的最小弹力是多少? 要使木块在振动中不离开弹簧, 振幅不能超过多大?

解析:当木块运动到最低点时,对弹簧弹力最大,此时加速度 a 方向向上, $F_{\max} - mg = ma$. 因为 $F_{\max} = 1.5mg$, 所以 $a = \frac{1}{2}g$. 当木块运动到最高点时,对弹簧弹力最小,此时加速度方向向下,有 $mg - F_{\min} = ma$. 由运动的对称性知,两对称点的加速度大小相等,即 $a = \frac{1}{2}g$, 代入求得 $F_{\min} = \frac{1}{2}mg$. 由 $a = \frac{1}{2}g$ 可以求得弹簧的劲度系数 k , 因为 $kA = \frac{1}{2}mg$, 所以 $k = \frac{mg}{2A}$.

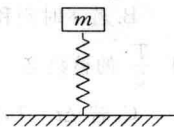


图 1-1-5

木块在下降过程中不会离开弹簧,只有上升过程中才会离开弹簧,要使木块在振动中不离开弹簧,必须使其振动到最高点时,加速度 a 恰为 g , 此时压力 $F = 0$. 若振幅再大,木块便会脱离弹簧. 木块在最高点 $F = 0$. 回复力为重力, $mg = kA'$, 所以振幅为 $A' = \frac{mg}{k} = \frac{mg}{mg/2A} = 2A$. 答案: $\frac{1}{2}mg; 2A$.

规律总结:对于简谐运动的对称性,需要自己通过理解、归纳提炼出来,掌握了这一性质,对于解决此类问题可以起到事半功倍的效果.

技巧 4 简谐运动的周期性问题的处理方法

做简谐运动的质点,在运动方向上是一个变加速度的运动,质点运动相同的路程所需的时间不一定相同. 它是一个周期性的运动,若运动的时间与周期的关系存在整数倍的关系,则质点运动的路程就会是惟一的. 若是运动时间为周期的一半,运动的路程具有惟一性,若不具备以上条件,质点运动的路程是多解的,这是必须要注意的.

例 7 质点做简谐运动,从平衡位置开始计时,经过 0.5 s 在最大位移处发现该质点,则此简谐运动的周期可能是()

- A. 2 s B. $\frac{2}{3}$ s C. $\frac{1}{2}$ s D. $\frac{1}{4}$ s

解析:质点从平衡位置开始运动时,是先向发现点运动还是背离发现点运动,题目中并未说明,故分析时应考虑两种情况.

$$\text{设周期为 } T, \text{ 则有 } t = (4n+1)\frac{T}{4} (n=0, 1, 2, 3, \dots) \quad \textcircled{1}$$

$$\text{或 } t = (4n+3)\frac{T}{4} (n=0, 1, 2, 3, \dots) \quad \textcircled{2}$$

由①式得 $T = \frac{2}{4n+1}$ s, 知选项 A 正确.

由②式得 $T = \frac{2}{4n+3}$ s, 知选项 B 正确. 答案: AB

例 8 一弹簧振子做简谐运动,周期为 T , 则正确的说法是()

A. 若 t 时刻和 $(t+\Delta t)$ 时刻振子运动位移的大小相等、方向相同, 则 Δt 一定等于 T 的整数倍

B. 若 t 时刻和 $(t+\Delta t)$ 时刻振子运动速度的大小相等、方向相反, 则 Δt 一定等于 $\frac{T}{2}$ 的整数倍

C. 若 $\Delta t=T$, 则在 t 时刻和 $(t+\Delta t)$ 时刻振子运动的加速度一定相等

D. 若 $\Delta t=\frac{T}{2}$, 则在 t 时刻和 $(t+\Delta t)$ 时刻弹簧的长度一定相等

解析: 如图 1-1-6 所示, 对选项 A, 只能说明这两个时刻振子位于同一位置, 设为 P , 并未说明这两个时刻振子的运动方向是否相同, Δt 可以是振子由 P 向 B 再回到 P 的时间, 故认为 Δt 一定等于 T 的整数倍是错误的. 对选项 B, 振子两次到 P 位置时可以速度大小相等、方向相反, 但并不能肯定 Δt 等于 $\frac{T}{2}$ 的整数倍. 选项 B 也是错误的. 在相隔一个周期 T 的两个时刻, 振子只能位于同一位置, 其位移相同, 合外力相同, 加速度必相等, 选项 C 是正确的. 相隔 $\frac{T}{2}$ 的两个时刻, 振子的位移大小相等, 方向相反, 其位置可位于和 P 对称的 P' 处, 在 P 处弹簧处于伸长状态, 在 P' 处弹簧处于压缩状态, 弹簧长度并不相等, 选项 D 是错误的.

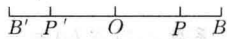


图 1-1-6

答案: C

规律总结: 解答此类问题要注意到振动的特点: 周期性, 一个位置对应多个时刻, 一般先用归纳法求出其完全解, 然后再求特殊解. 因为路程和振幅都是标量, 所以一般利用路程与振幅的倍数关系去计算时间.

技巧 5 计算简谐运动路程的 4 倍振幅法

质点做简谐运动, 它在平衡位置附近往复运动, 通过的路程可根据“4 倍振幅法”求出.

质点在一个周期 T 内, 通过的路程 s 等于振幅 A 的 4 倍; 质点在半个周期 $\frac{T}{2}$ 内的路程等于振幅 A 的 2 倍; 当质点在振动时间 $\Delta t=nT$ ($n=1, 2, 3, \dots$) 时, 质点振动通过的路程 $s=4nA=4\frac{\Delta t}{T}A$.

这种计算质点振动中通过路程的方法, 称作 4 倍振幅法.

1. 那么简谐运动的质点在 $\frac{T}{4}$ 时间内通过的路程是否等于 1 倍振幅呢? 回答是不一定. 只有在特殊情况下才是肯定的. 如图 1-1-7 所示, 在 $0\sim 0.5$ s 的 $\frac{T}{4}$ 周期内, 质点振动通过的路程为 1

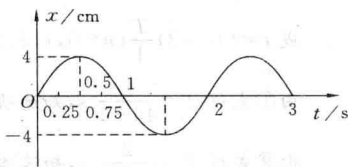


图 1-1-7

倍振幅 A , 而在 $0.25\sim 0.75$ s 的 $\frac{T}{4}$ 周期内, 质点振动通过的路程不是 A .

2. 那么做简谐运动的质点在 $\frac{T}{8}$ 时间内通过的路程是否为 $\frac{1}{2}$ 倍振幅呢? 回答是否定的。

说明: 4 倍振幅公式 $s=4nA=4\frac{\Delta t}{T}A$ 的适用条件是 $n=1, 2, 3, \dots$

例 1 有一振动的弹簧振子, 频率为 5 Hz, 从振子经过平衡位置开始计时, 在 1 s 内通过的路程为 80 cm, 则振子的振幅为 _____ cm.

解析: 找出 1 s 内的全振动次数, 尤其注意不是一个全振动的部分。

由频率 $f=5$ Hz, 可知振动周期 $T=\frac{1}{f}=\frac{1}{5}$ s=0.2 s, 在时间 $\Delta t=1$ s 内, 完成全振动次数 $n=\frac{\Delta t}{T}=5$, 则依 4 倍振幅法得 $s=4\frac{\Delta t}{T}A=4\times 5\times A=80$ cm, 即振幅 $A=\frac{s}{4n}=\frac{80}{4\times 5}$ cm=4 cm. 答案: 4



理解和推理能力

能力点津: 机械振动和简谐运动的判断: 做振动和简谐运动的物体一定都有一个中心位置, 物体在中心位置两侧运动, 而且简谐运动物体所受的回复力必须满足 $F_{回}=-kx$.

例 1 如图 1-1-8 所示, 一弹性小球被水平抛出, 在两个互相竖直平行的平面间运动, 小球在落地之前的运动()

- A. 是机械振动, 但不是简谐运动
- B. 是简谐运动, 但不是机械振动
- C. 是简谐运动, 同时也是机械振动
- D. 不是简谐运动, 也不是机械振动

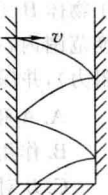


图 1-1-8

解析: 机械振动具有往复的特性, 可以重复地进行, 小球在运动过程中, 没有重复运动的路径, 因此不是机械振动, 当然也肯定不是简谐运动。

答案: D

例 2 (2006·山东) 如图 1-1-9 所示, 在光滑的水平面上有一弹簧振子, 弹簧的劲度系数为 k , 振子质量为 M , 振子最大速度为 v_0 , 当振子运动到最大位移为 A 的时刻把质量为 m 的物体轻放在其上, 则

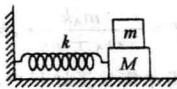


图 1-1-9

- (1) 要保持物体和振子一起振动, 二者间的动摩擦因数至少为多大?
- (2) 一起振动时, 二者通过平衡位置时的速度多大? 振幅又是多大?

分析: 物体 m 与振子 M 一起振动的回复力是由 M 的静摩擦力提供的, 最大位移处加速度最大, m 所需的摩擦力也最大, 由此可求出 μ , 由机械能守恒定律可得二者通过平衡位置的最大速度。

放物体前其最大回复力大小 $F=kA$, 振动的机械能为 $E=\frac{1}{2}Mv_0^2$.

(1) 放上物体 m 后, 一起振动的最大加速度大小为 $a=\frac{kA}{M+m}$. 对物体 m 而言, 需要的回复力是 M 施于它的静摩擦力, 刚放上时加速度最大, 所需的静摩擦力亦最大. 设最大静摩擦力大小为 μmg , 则当满足 $\mu mg \geq ma$ 时, 两者可一起振动, 可见二者间动摩擦因数的最小值为 $\mu = \frac{a}{g} = \frac{kA}{(M+m)g}$.

(2) 当两者一起振动时, 机械能守恒, 过平衡位置时, 弹簧恢复原长, 弹性势能为零, 则 $\frac{1}{2}(M+m)v^2 = \frac{1}{2}Mv_0^2$. 所以通过平衡位置时的速度 $v=v_0 \sqrt{\frac{M}{M+m}}$.

物体和振子在最大位移处时, 动能为零, 势能最大, 这个势能与没有放物体前相同, 所以弹簧的最大形变是不变的, 即振幅仍为 A .

答案: (1) $\frac{kA}{(M+m)g}$ (2) $v_0 \sqrt{\frac{M}{M+m}}$, A

规律总结: 本题考查了简谐运动的回复力和简谐运动的能量, 做简谐运动的物体所需回复力 $F=-kx$, 它是振动物体所受沿振动方向的所有力的合力. 解题过程中要灵活选取研究对象, 整体法和隔离法交替使用. 简谐运动过程中, 只有动能和势能的转化, 因此系统机械能守恒.

例 3 (2006·江苏物理) 如图 1-1-10 所示, 物体 A 置于物体 B 上, 一轻质弹簧一端固定, 另一端与 B 相连. 在弹性限度范围内, A 和 B 一起在光滑水平面上做往复运动 (不计空气阻力), 并保持相对静止. 则下列说法正确的是 ()

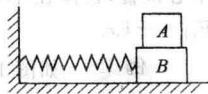


图 1-1-10

- A. A 和 B 均做简谐运动
 B. 作用在 A 上的静摩擦力大小与弹簧的形变量成正比
 C. B 对 A 的静摩擦力对 A 做功, 而 A 对 B 的静摩擦力对 B 不做功
 D. B 对 A 的静摩擦力始终对 A 做正功, 而 A 对 B 的静摩擦力始终对 B 做负功

解析: 物体 A 、 B 保持相对静止, 在轻质弹簧作用下做简谐运动, 故 A 正确. 对 A 、 B 整体由牛顿第二定律有 $-kx=(m_A+m_B)a$, 对 A 由牛顿第二定律有 $f=m_Aa$, 解得 $f=-\frac{m_Ak}{m_A+m_B}x$, 故 B 正确. 在靠近平衡位置过程中, B 对 A 的静摩擦力做正功, 在远离平衡位置过程中, B 对 A 的静摩擦力做负功, A 对 B 的静摩擦力也做功, 故 C 、 D 错.

答案: AB



1. 高考命题规律

本部分知识是机械振动中的重要内容, 主要考查振动规律, 它还经常与其他知识相结合进行综合考查, 如 2006·北京理综·17 题, 2006·江苏·9 题, 2006·广东大

综合·27题等.

2. 应试策略技巧

本部分知识比较琐碎,概念较多,且振动的规律与学生们所熟知的直线运动规律存在很大差异,应在理解概念和规律上多下工夫.与其他知识进行综合考查时,要注意灵活运用简谐运动的规律和特点去求解.

例 1 如图 1-1-11 所示,一质量为 M 的无底木箱,放在水平地面上,一轻质弹簧一端悬于木箱的上边,另一端挂着用细线连接在一起的两物体 A 和 B, $m_A = m_B = m$. 剪断 A、B 间的细线后, A 做简谐运动. 则当 A 振动到最高点时,木箱对地面的压力为_____.

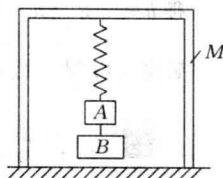


图 1-1-11

解析:剪断细线前 A 的受力情况:

重力: mg , 向下; 细线拉力: $F_{\text{拉}} = mg$, 向下; 弹簧对 A 的弹力: $F = 2mg$, 向上. 此时弹簧的伸长为 $\Delta x = \frac{F}{k} = \frac{2mg}{k}$.

剪断细线后, A 做简谐运动, 其平衡位置在弹簧的伸长量为 $\Delta x' = \frac{mg}{k}$ 处, 最低点即刚剪断细线时的位置, 离平衡位置的距离为 $\frac{mg}{k}$. 由简谐运动的特点知最高点离平衡位置的距离也为 $\frac{mg}{k}$, 所以最高点的位置恰好在弹簧的原长处. 此时弹簧对木箱的作用力为零, 所以此时木箱对地面的压力为 Mg . **答案:** Mg

例 2 如图 1-1-12, A、B 两物体的质量均为 m , 原来 A、B 处于静止, 且 $\theta = 60^\circ$, 不计摩擦, 设弹簧劲度系数为 k , 当绳子断开后, A 做周期为 T_0 的简谐运动, 当 B 落地时, A 刚好将弹簧压缩为最短. 求:

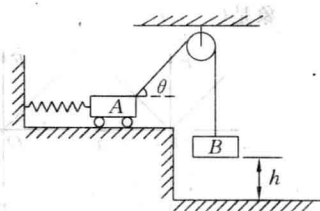


图 1-1-12

(1) A 在平台上运动的范围(弹簧始终在弹性限度内);

(2) 物体 B 距地面的高度 h 符合什么条件?

解析: 先根据平衡条件求出弹簧作用于 A 的作用力, 即 A 在位移大小等于振幅时的最大回复力, 根据回复力公式即可求出振幅 x_0 , A 的运动范围 $2x_0$, B 物体下落做自由落体运动, 但所需时间与 A 的振动情况有关, A 运动所需时间为 $t_A = \frac{T_0}{2} + nT_0$, 代入自由落体公式即可求出 B 与地面高度所满足的条件.

(1) 对物体 B: 受重力 mg 及绳的拉力 F_T , 由平衡条件得 $F_T = mg$.

对 A: 受重力、支持力、绳的拉力 F_T 、弹簧的弹力 F . 由平衡条件得 $F = F_T \cdot \cos \theta$, 即 $mg \cos \theta = mg \cos 60^\circ = kx_0$.

即 $x_0 = \frac{mg}{2k}$, 其中 x_0 为 A 振动时的振幅, 则 A 的振动范围为 $2x_0 = \frac{mg}{k}$.

(2) 设 B 物体落地时间为 t_B , A 将弹簧压缩到最短所需时间为 t_A .

由 $h = \frac{1}{2}gt_B^2$, $t_A = \frac{T_0}{2} + nT_0$, ($n=0, 1, 2, \dots$), 且 $t_A = t_B$,

得 $h = \frac{1}{2}g\left[\left(n + \frac{1}{2}\right)T_0\right]^2 = \frac{gT_0^2}{8}(2n+1)^2$, ($n=0, 1, 2, \dots$)

答案: (1) $\frac{mg}{k}$ (2) $h = \frac{gT_0^2}{8}(2n+1)^2$, ($n=0, 1, 2, \dots$)

题组优化训练

■ 误区突破题组

误区一 概念理解不透彻

1. 如图 1-1-13 所示, 弹簧振子在 BC 间做简谐运动, O 为平衡位置, B, C 间距离是 10 cm, $B \rightarrow C$ 运动时间是 1 s, 则 ()

- A. 振动周期是 1 s, 振幅是 10 cm
 B. 从 $B \rightarrow O \rightarrow C$ 振子做了一次全振动
 C. 经过两次全振动, 通过的路程是 40 cm
 D. 从 B 开始经过 3 s, 振子通过的路程是 30 cm

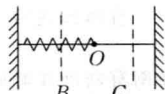


图 1-1-13

误区二 不能全面掌握物理量间的关系

2. 如图 1-1-14 所示, 能正确的反映简谐运动的物体所受回复力与位移关系的图像是 ()

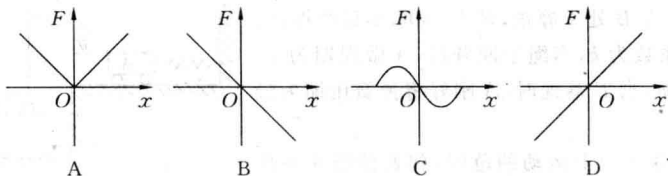


图 1-1-14

误区三 不能正确理解物理量的决定因素

3. 一个弹簧振子, 第一次用力把弹簧压缩 x 后开始振动, 第二次把弹簧压缩 $2x$ 后开始振动, 则两次振动的周期之比和最大加速度的大小之比分别为 ()

- A. 1:2, 1:2 B. 1:1, 1:1 C. 1:1, 1:2 D. 1:2, 1:1

■ 综合创新题组

综合一 简谐运动中各物理量的变化规律

4. 如图 1-1-15 所示, 两根完全相同的弹簧和一根张紧的细线将甲、乙两物块束缚在光滑水平面上, 已知甲的质量大于乙的质量, 当细线突然断开后, 两物块都开始做简谐运动, 在运动过程中 ()