



教材 **解析**
JIAOCAIJIEXI



YZLI0890142919
人教版

高中物理

选修 3-4



读者出版集团
D P G C . L
甘肃少年儿童出版社



总主编◎李朝东

教材

JIAOCAIJIEXI

解析

本册主编：吉士岭



高中物理

选修 3-4



YZLI0890142919



读者出版集团
D P G C . L
甘肃少年儿童出版社

图书在版编目(CIP)数据

教材解析:人教版.高中物理.3-4:选修/李朝东总主编.
—兰州:甘肃少年儿童出版社,2011.8
ISBN 978-7-5422-2959-5

I. ①教… II. ①李… III. ①中学物理课-高中-教
学参考资料 IV. ①G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 164809 号

责任编辑:张玉霞
封面设计:杭永鸿



教材解析·高中物理
选修3-4 人教版

李朝东 总主编

甘肃少年儿童出版社出版发行
(730030 兰州市读者大道568号)

0931-8773255

江苏徐州新华印刷厂

开本 880 毫米×1230 毫米 1/16 印张 13 字数 260 千

2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

印数:1~5 000

ISBN 978-7-5422-2959-5 定价:24.00 元

当一道道疑似难题摆在你面前时，是胸有成竹，还是找不着头绪？如果是前者，那么恭喜你，你已经跨越了教材与考试之间的差距；如果是后者，那你也别着急，《经纶学典·教材解析》将在教材与考试间为你搭建一个沟通平台。

不少同学有这样的感觉：教材都熟悉了，课堂上也听懂了，但考试却考不出好成绩。原因在于教材内容与考试要求有差距，课堂教学与选拔性考试有差别。这就需要在教材之上、课堂之外能够得到补充、提升，直至达到高考的选拔要求。本书就是从以下两个方面填补这种差距。

首先是对教材的深度挖掘。教材内容通俗易懂，但里面包含着丰富的信息。我们把教材所包含的信息挖掘出来，并进行系统整理，让知识的内涵和外延、知识间的联系充分展现。

第二是对课堂教学的补充和拓展。本书不是对课堂教学的重复，而是在课堂教学基础上，对课堂教学进行补充、提高，挖掘出那些学生难以理解、难以掌握的内容进行归纳和总结，为学生串起一条规律性的“线”。物理侧重物理现象的过程分析，各种问题的专题归纳，解题模型的建立及思想方法的应用，物理实验的设计与评价等。这些由于课堂教学时间的限制或教师水平发挥的问题，在课堂上并没有全部传授给学生，而这些恰恰就是考试中要考查的，学生拉开差距的所在。

正是本着上述编写理念，本丛书以学生为中心，用最易理解的表现形式呈现学习中难以理解的部分。希望本书为你的成长助力，您若有更好的想法和意见请登录：www.jing-lun.cn。

编者

读者反馈表

尊敬的读者：

您好！感谢您使用《经纶学典·教材解析》！

为了不断提高图书质量，恳请您写下使用本书的体会与感受，我们将真诚地吸纳。在修订时将刊登您的意见，并予以一定的奖励，以表达我们诚挚的谢意。

读者简介	姓 名		性 别		出生年月	
	所在学校			通讯地址		
	联系方式	(H): 手机:		(O): E-mail:		
本书情况	学 科		版 本		年 级	
您对本书栏目的评价： 1. 教材梳理： 全面 ☐ 一般 ☐ 不全面 ☐ 2. 教材拓展： 难 ☐ 合理 ☐ 易 ☐ 3. 典型题解： 全面 ☐ 不全面 ☐ 4. 针对性练习： 难 ☐ 合理 ☐ 易 ☐ 5. 拓展阅读： 需要 ☐ 不需要 ☐ 6. 五年高考回放： 需要 ☐ 不需要 ☐		您对本书体例形式的评价： 1. 栏目设置： 过多 ☐ 适中 ☐ 过 少 ☐ 2. 题空： 过大 ☐ 正好 ☐ 过 小 ☐ 3. 版式： 美观 ☐ 一般 ☐ 不美观 ☐ 4. 封面： 美观 ☐ 一般 ☐ 不美观 ☐		您的购买行为： 1. 您购买本书的途径： 广 告 ☐ 教师推荐 ☐ 家长购买 ☐ 学校统一购买 ☐ 自己购买 ☐ 同学推荐 ☐ 2. 您购买本书的主要原因(可多选)： 广告宣传 ☐ 包装形式 ☐ 内 容 ☐ 图书价格 ☐ 封面设计 ☐ 书 名 ☐		
您对本书的其他意见：						

欢迎登录：www.jing-lun.cn

通信地址：南京红狐教育传播研究所(南京市租用16-02#信箱)

邮编：210016



目录

M U L U

第十一章 机械振动

1 简谐运动	1
2 简谐运动的描述	5
3 简谐运动的回复力和能量	13
4 单摆	20
5 外力作用下的振动	30
本章总结	37
本章测试题	41

第十二章 机械波

1 波的形成和传播	45
2 波的图象	51
3 波长、频率和波速	57
4 波的反射和折射	65
5 波的衍射	71
6 波的干涉	75
7 多普勒效应	82
本章总结	87
本章测试题	90

第十三章 光

1 光的折射	93
2 光的干涉	102
3 实验:用双缝干涉测量光的波长	105
4 光的颜色 色散	112
5 光的衍射	119
6 光的偏振	123
7 全反射	127
8 激光	137
本章总结	140
本章测试题	143



目录

M U L U

第十四章 电磁波

1 电磁波的发现	147
2 电磁振荡	152
3 电磁波的发射和接收	159
4 电磁波与信息化社会	164
5 电磁波谱	168
本章总结	173
本章测试题	176

第十五章 相对论简介

1 相对论的诞生	179
2 时间和空间的相对性	182
3 狭义相对论的其他结论	188
4 广义相对论简介	192
本章总结	194
本章测试题	196

第十一章 机械振动

1 简谐运动

A 教材梳理

知识点一 机械振动

1. 概念:物体(或物体的一部分)在平衡位置附近所做的往复运动,叫机械振动,简称振动。

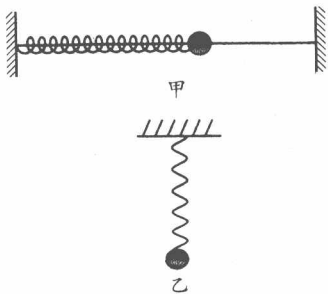
注意:(1)所谓平衡位置是物体原来静止时的位置,从受力方面理解,应该是沿振动方向上合力为零的位置。

(2)振动的轨迹:可能为直线,也可能为曲线。

2. 振动的特征:振动具有往复性。

知识点二 弹簧振子

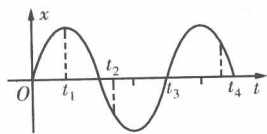
构造:弹簧振子是一种理想化模型。表现在构造上,是用一根没有质量的弹簧一端固定,另一端连接一个可视为质点的小球。如图所示:



说明:理想化是指忽略球与杆的摩擦,忽略其他阻力,且弹簧的质量与小球的质量相比可以忽略。

知识点三 弹簧振子的位移—时间图象

1. 图象的建立:用横坐标表示振子运动的时间 t ,纵坐标表示振子在振动过程中离开平衡位置的位移 x ,建立坐标系。如图所示:



注意:振动位移通常以平衡位置为参考点,在 $x-t$ 图象中,某时刻质点位置在 t 轴上方,表示位移为正(如图中 t_1 、 t_4 时刻),位置在 t 轴下方表示位移为负(如图中 t_2 时刻)。

2. 图象的物理意义:反映了振子位置随时间变化的规律,它不是振子的运动轨迹。

知识点四 简谐运动

如果质点的位移与时间的关系遵从正弦函数的规律,即它的振动图象($x-t$ 图象)是一条正弦曲线,这样的振动叫做简谐运动。

说明:(1)简谐运动是最简单、最基本的运动。

(2)简谐运动的位移随时间按正弦规律变化,所以它不是匀变速运动,应为加速度发生变化的运动。

B 教材拓展

拓展点一 判断物体是否做简谐运动的运动学方法

简谐运动的位移随时间按正弦规律变化。判断物体是否做简谐运动,可以从运动学方面和力学方面分析。从力学方面判断的方法将在第3节讨论,本节从运动学方面定性分析。具体步骤如下:

- (1)分析物体的运动状态。
- (2)分析位移随时间的变化规律。
- (3)若位移随时间按正弦规律变化,则物体做简谐运动。

另外简谐运动具有重复性的运动轨迹,若轨迹不重复,则一定不是简谐运动。

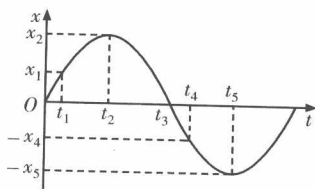
拓展点二 对弹簧振子位移的理解

1. 振动位移:从平衡位置指向振子某时刻所在位置的有向线段,方向为平衡位置指向振子所在位置,大小为平衡位置到该位置的距离。

2. 矢量性:振动位移是矢量,若规定振动质点在平衡位置右侧时位移为正,则它在平衡位置左侧时就为负。



3. 表示法:以平衡位置为坐标原点,以振动所在的直线为坐标轴,规定正方向,用振动图象中该时刻振子所在的位置坐标来表示。在 t_1 时刻振子的位移为 x_1 , t_2 时刻振子的位移为 x_2 , t_4 时刻为 $-x_4$ 。(如图)



4. 两种位移的区别:机械运动中的位移是从初位置到末位置的有向线段,在简谐运动中,振动质点在任意时刻的位移总是相对于平衡位置而言的,都是从平衡位置开始指向振子所在位置。

拓展点三 对简谐运动图象的理解

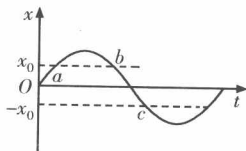
1. 图象含义:表示同一质点在不同时刻偏离平衡位置的位移,图象表示位移随时间的变化关系,不是振子的运动轨迹。

2. 图象斜率:该时刻速度的大小和方向。

在简谐运动图象中,用作曲线上某点切线的办法可确定各时刻质点的速度大小和方向,切线与 x 轴正方向的夹角小于 90° 时,速度方向与选定的正方向相同,且夹角越大表明此时质点的速度越大。当切线与 x 轴正方向的夹角大于 90° 时,速度方向与选定的正方向相反,且夹角越大表明此时质点的速度越小。

3. 判断规律:随着时间的延长,图象应逐渐延伸,首先得到质点相对平衡位置的运动情况。

(1)任意时刻质点的振动方向:看下一时刻质点的位置,如图中 a 点,下一时刻离平衡位置更远,故 a 此刻向上振动。



(2)任意时刻质点的速度、加速度、位移的变化情况及大小比较:看下一时刻质点的位置,判断是远离还是靠近平衡位置,若远离平衡位置,则速度越来越小,加速度、位移越来越大,若靠近平衡位置,则速度越来越大,加速度、位移越来越小,如图中 b 点,从正位移向着平衡位置运动,则速度为负且增大,位移、加速度正在减小, c 点从负位移远离平衡位置运动,则速度为负且减小。位移、加速度正在增大。

注意:当位移相同时,物体运动的速度大小相等,但方向可能相同,也可能相反;当速度相同时,位移大小相等,但方向可能相同,也可能相反。

C 典型题解

►问题一 机械振动

例题 1 关于机械振动的位移和平衡位置,以下说法中正确的是 ()

- A. 平衡位置就是物体振动范围的中心位置
- B. 机械振动的位移总是以平衡位置为起点的位移
- C. 机械振动的物体运动的路程越大,发生的位移也越大
- D. 机械振动的位移是指振动物体偏离平衡位置最远时的位移

[解析] 平衡位置是物体可以静止的位置,所以应与受力有关,与是否为振动范围的中心位置无关。如乒乓球竖直落在台上的运动是一个机械振动,显然其运动过程的中心位置应在台面上,所以 A 不正确;振动位移是以平衡位置为初始点,到质点所在位置的有向线段,振动位移随时间而变化,振子偏离平衡位置最远时,振动物体振动位移最大。所以只有选项 B 正确。

[答案] B

[点评] 位移和平衡位置是机械振动问题中非常重要的概念。位移的正负方向应该合乎规定,而平衡位置是回复力为 0 的位置。

►问题二 简谐运动的概念及特点

例题 2 关于简谐运动,下列说法正确的是 ()

- A. 简谐运动一定是水平方向的运动
- B. 所有的振动都可以看做是简谐运动
- C. 物体做简谐运动时一定可以得到正弦曲线形的轨迹线
- D. 只要振动图象是正弦曲线,物体一定做简谐运动

[解析] 该题考查简谐运动的概念。物体的简谐运动并不一定只在水平方向发生,各个方向都有可能发生, A 错。简谐运动是最简单的振动, B 错。做简谐运动物体的轨迹线并不是正弦曲线, C 错。若物体振动的图象是正弦曲线,则其一定是做简谐运动, D 对。

[答案] D

[点评] 简谐运动的轨迹可能是直线,轨迹线与振动图象不一致。

►问题三 简谐运动中各物理量的变化规律

例题 3 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
- B. 振子通过平衡位置时,速度为零

C. 振子每次通过平衡位置时,速度一定相同

D. 振子每次通过同一位置时,其速度不一定相同

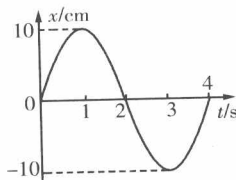
[解析] 该题考查简谐运动中位移和速度的变化规律。振子做简谐运动时,某时刻位移的方向与速度的方向可能相同,也可能相反,A、C不正确。当通过同一位置时,速度的方向不一定相同,D正确。经过平衡位置速度最大,B错。

[答案] D

[点评] 位移和速度都是矢量,矢量相同,必须是大小和方向都相同。

►问题四 简谐运动的图象问题

例题 4 如图所示是质点做简谐运动的图象。由此可知



A. $t=0$ 时,质点位移、速度均为零

B. $t=1$ s 时,质点位移最大,速度为零

C. $t=2$ s 时,质点位移为零,速度负向最大值

D. $t=4$ s 时,质点停止运动

[解析] 该题考查利用图象分析位移和速度。

$t=0$ 时,速度最大,位移为零,A选项错。B对。

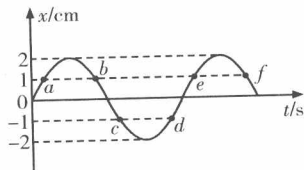
$t=2$ s 时,质点经过平衡位置,位移为零,速度沿负方向最大,C正确。

$t=4$ s 时,质点位移为零,速度最大,D错。

[答案] BC

[点评] 这类问题的判断方法最好是把图象和简谐运动的过程结合起来,二者相辅相成,使问题得以解决。

例题 5 如图所示,简谐运动的图象上有 a、b、c、d、e、f 六个点,其中:



(1) 与 a 位移相同的点有哪些?

(2) 与 a 速度相同的点有哪些?

(3) b 点离开平衡位置的最大距离是多少?

[解析] 本题考查对简谐运动图象及位移的理解。

(1) 位移是矢量,位移相同意味着位移的大小和方向都

相同,可知与 a 位移相同的点有 b、e、f。

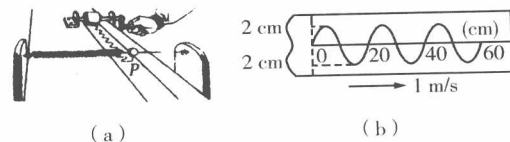
(2) 速度也是矢量,速度相同则要求速度的大小和方向都相同,可知与 a 速度相同的点有 d、e。

(3) b 离开平衡位置的最大距离即为振动物体最大位移的大小。由题图可知最大距离为 2 cm。

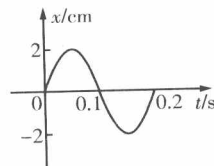
[答案] (1) b、e、f (2) d、e (3) 2 cm

[点评] 位移是矢量,简谐运动中位移的方向是由平衡位置指向振子所在的位置。

例题 6 在心电图仪、地震仪等仪器工作过程中,要进行振动记录,如图(a)所示是一个常用的记录方法,在弹簧振子的小球上安装一支记录用笔 P,在下面放一条白纸带。当小球振动时,匀速拉动纸带(纸带速度与振子振动方向垂直),笔就在纸带上画出一条曲线,如图(b)所示。若匀速拉动纸带的速度为 1 m/s,作出 P 的振动图象。



[解析] 该题考查简谐运动图象的画法。(b) 图中运动的位移值可以对应不同的时刻,由 $x=vt$ 可知,当 $x=20$ cm 时,对应时间 $t = \frac{x}{v} = 0.2$ s,做出图象如图所示。

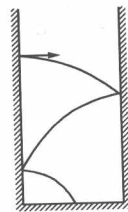


[答案] 见解析

[点评] 纸带上的曲线可以表示振子在不同时刻离开平衡位置的位移,从而找出位移随时间的变化规律。

►问题五 判断物体是否做简谐运动

例题 7 如图所示,一弹性小球被水平抛出,在两个互相垂直平行的平面间运动,小球落在地面之前的运动



A. 是机械振动,但不是简谐运动

B. 是简谐运动,但不是机械运动

C. 是简谐运动,同时也是机械运动



D. 不是简谐运动,也不是机械振动

[解析] 该题考查振动和简谐运动的特点。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

[点评] 做振动或简谐运动的物体一定有一个中心位置。物体在中心位置两侧运动。并且简谐运动是加速度变化的运动。

例题 8 用手协调地拍皮球,使球上下往复跳动的时间相等,皮球的往复运动是不是简谐运动?

[解析] 该题考查的是判断物体做简谐运动的方法,可根据拓展点一中所给方法判断。

表面看来,此时皮球的运动似乎与弹簧振子的振动情况相同,每隔相同时间,皮球往复运动一次,其实,拍皮球时除了手接触皮球和皮球落地这两个瞬间受到手和地面的作用力外,在上下往复过程的其余时间里,球都只受一个恒力(即重力)的作用(阻力不计),因此球在中途运动过程中为匀变速运动,所以其位移与时间的关系不可能按正弦规律变化,因此不是简谐运动。

[答案] 不是

[点评] 是否是简谐运动,在现有基础上我们可以从运动特点入手,看其位移与时间关系是否符合正弦规律。后面学了其力学特征后也可以从其受力特点入手作出判断。

D

针对性练习

基础夯实

- 下列运动中属于机械振动的是 ()
A. 小鸟飞走后树枝的运动
B. 爆炸声引起窗子上玻璃的运动
C. 匀速圆周运动
D. 竖直向上抛出物体的运动
- 如图所示是用频闪照相的方法获得的弹簧振子的位移—时间图象,下列有关该图象的说法正确的是 ()

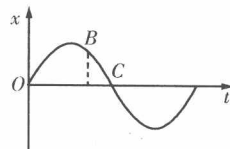


- 该图象的坐标原点是建立在弹簧振子小球的平衡位置
- 从图象可以看出小球在振动过程中是沿 t 轴方向移动的
- 为了显示小球在不同时刻偏离平衡位置的位移,让底片沿垂直 x 轴方向匀速运动
- 图象中小球的疏密显示出相同时间内小球位置变化快慢不同

- 关于简谐运动图象,下列说法中正确的是 ()

- 表示质点振动的轨迹是正弦或余弦曲线
- 由图象可判断任一时刻质点相对平衡位置的位移方向
- 表示质点的位移随时间变化的规律
- 由图象可判断任一时刻质点的速度方向

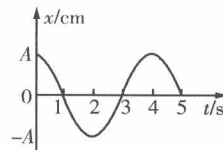
- 如图所示是某振子做简谐运动的图象,以下说法中正确的是 ()



- 因为振动图象可由实验直接得到,所以图象就是振子实际运动的轨迹
- 振动图象反映的是振子位移随时间变化的规律,并不是振子运动的实际轨迹
- 振子在 B 位置的位移就是曲线 BC 的长度
- 振子运动到 B 点时的速度方向即为该点的切线方向

综合提升

- 一质点做简谐运动的图象如图所示,在 4 s 内具有最大负方向速度的时刻是第 ()

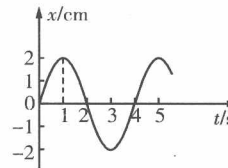


- 1 s
- 2 s
- 3 s
- 4 s

- 做简谐运动的物体,当相对于平衡位置的位移为负值时 ()

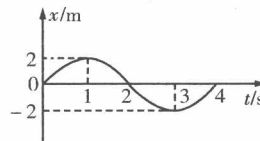
- 速度一定为正值
- 速度一定为负值
- 速度不一定为正值
- 速度不一定为负值

- 在水平方向上做简谐运动的质点,其振动图象如图所示。假设向右的方向为正方向,则物体的位移向左且速度向右的时间段是 ()

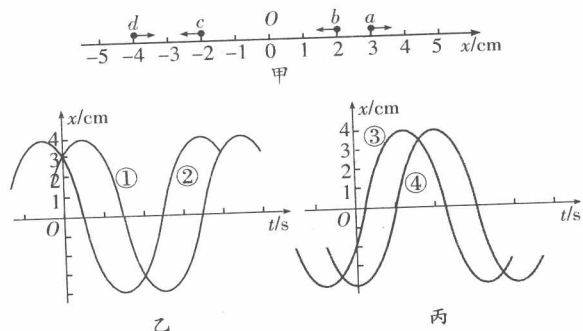


- 0~1 s 内
- 1 s~2 s 内
- 2 s~3 s 内
- 3 s~4 s 内

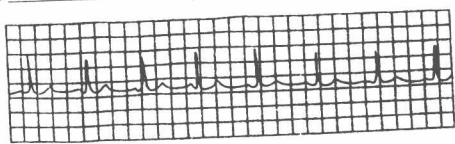
- 如图所示为某质点在 $0\sim 4\text{ s}$ 内的振动图象,则 ()



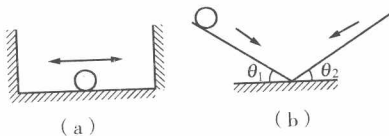
- A. 质点在 3 s 末的位移为 2 m
B. 质点在 4 s 末的位移为 8 m
C. 质点在 4 s 内的路程为 8 m
D. 质点在 4 s 内的路程为零
9. 一弹簧振子沿 x 轴振动, 振幅(离开平衡位置的最大距离)为 4 cm, 弹簧振子的平衡位置位于 x 轴上的 O 点。图甲中的 a 、 b 、 c 、 d 为四个不同的振动状态: 黑点表示振子的位置, 黑点上的箭头表示运动的方向。图乙、丙给出的①②③④四条振动图象, 可用于表示弹簧振子振动图象的是 ()



- A. 若规定状态 a 时 $t=0$, 则图象为①
B. 若规定状态 b 时 $t=0$, 则图象为②
C. 若规定状态 c 时 $t=0$, 则图象为③
D. 若规定状态 d 时 $t=0$, 则图象为④
10. 已知某人心电图记录仪的出纸速度(纸带移动的速度)是 2.5 cm/s。如图所示是用此仪器记录下的某人的心电图(图中每个小格的边长为 0.5 cm)。由图可知, 此人的心率是 _____ 次/分, 它的心脏每跳一次所需的时间为 _____ s。

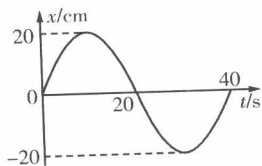


11. 图(a)表示光滑水平面上的运动小球与左、右两面竖直的弹性壁碰撞, 做无机械能损失的左右振动; 图(b)表示小球在两个彼此吻接的光滑斜面上, 做无机械能损失的左右振动。试分析以上两种情况(不计空气阻力), 小球是否做简谐运动。为什么?



12. 如图所示是某质点做简谐运动的振动图象。根据图象中的信息, 回答下列问题。

- (1) 质点离开平衡位置的最大距离有多大?
(2) 在 10 s 和 30 s 这两个时刻, 质点的位移各是多少?
(3) 在 15 s 和 25 s 这两个时刻, 质点向哪个方向运动?
(4) 质点相对平衡位置的位移方向在哪些时间内跟它瞬时速度的方向相同? 在哪些时间内跟瞬时速度的方向相反?



[参考答案]

1. AB 解析: 物体所做的往复运动是机械振动, A、B 正确。圆周运动和竖直向上抛出的运动不是振动。
2. ACD 解析: 由图象可知, $t=0$ 时刻振子位移为 0, 故原点位于平衡位置, 选项 A 正确。小球只在 x 轴上振动, 横轴虽是由底片匀速运动得到的位移, 但已转化成了时间轴, 选项 B 错误, C 正确。图象中两相邻小球之间的时间间隔相同, 疏处说明其位置变化快, 密处说明其位置变化慢, 故选项 D 正确。
3. BCD 解析: 振动图象表示位移随时间的变化规律, 不是运动轨迹, A 错 C 对。由图象可以判断某时刻质点的位移和速度方向, B、D 正确。
4. B 解析: 振动图象表示位移随时间的变化规律, 并不是运动轨迹, B 对, A、C 错。切线的方向只表示质点的速度方向与规定的正方向相同还是相反, 不表示速度的方向, D 错误。注意: 由于图象不是质点的运动轨迹, 因此切线的方向并不表示速度的方向。
5. A 解析: 质点经过平衡位置时速度最大, 速度方向可以根据切线斜率的正、负来判断, 可以根据下一时刻位移的变化来判断, 也可以根据简谐运动的过程来判断。该题中, 因为 1 s 后某段时间内质点向负的最大位移处移动, 因此可判断速度方向为负。
6. CD 解析: 振动的质点经过某一位置时, 速度的方向可能为正, 可能为负, 也可能为零, 因此 C、D 正确。



7. D 解析:由于规定向右为正方向,则位移向左表示位移与规定的正方向相反,这段时间应为 $2\text{ s} \sim 3\text{ s}$ 或 $3\text{ s} \sim 4\text{ s}$ 。因为要求速度向右,因此速度应为正。则满足两个条件的时间间隔为 $3\text{ s} \sim 4\text{ s}$, D 正确。
8. C 解析:振动质点的位移指的是质点离开平衡位置的位移。位移是矢量,有大小,也有方向。因此 3 s 末的位移为 -2 m , 4 s 末位移为零。路程是指质点运动的路径的长度,在 4 s 内应该是从平衡位置到最大位置这段距离的 4 倍,即为 8 m , C 正确。
9. AD 解析:若规定弹簧振子在状态 a 时 $t=0$,此时的位移为 3 cm ,且向规定的正方向运动,故选项 A 正确。若规定振子在状态 b 时 $t=0$,此时的位移为 2 cm ,且向规定的负方向运动,图中初始位移不对。若规定振子在状态 c 时 $t=0$,此时的位移为 -2 cm ,且向规定的负方向运动,图中运动方向不对。若规定振子在状态 d 时 $t=0$,此时的位移为 -4 cm ,速度为零,故选项 D 正确。
10. 75 0.8 解析:由图中可以看出心脏每跳动一次,纸带移动的距离 $x=4 \times 0.5\text{ cm}=2\text{ cm}$,故 $T=\frac{x}{v}=0.8\text{ s}$,心率为 $\frac{60}{0.8}=75$ (次/分)。
11. 两种情况都不是做简谐运动
解析:图(a)中物体的运动是不同方向上的匀速直线运动,其 $x-t$ 图象是倾斜的直线,不是正弦曲线。
图(b),物体在两个过程中都做匀变速直线运动,其 $x-t$ 图象也不是正弦曲线。
由此可知,虽然以上两种运动是振动,但不是简谐运动。
12. (1) 20 cm (2) 20 cm -20 cm (3) 向平衡位置运动 离开平衡位置向负的最大位移方向运动 (4) $0 \sim 10\text{ s}$ 和 $20\text{ s} \sim 30\text{ s}$ $10\text{ s} \sim 20\text{ s}$ 和 $30\text{ s} \sim 40\text{ s}$
解析:(1)由图象可以直接看出质点离开平衡位置的最大距离为 20 cm 。
(2)在 10 s 时,位移为 20 cm ,在 30 s 时,位移为 -20 cm 。
(3)在 15 s 这一时刻,位移为正,且下一时刻,位移逐渐沿正方向减小。由此可知,此刻质点向平衡位置运动。同理可以判断 25 s 时,质点的运动方向。

(4)在 $0 \sim 10\text{ s}$ 内,位移逐渐沿正方向增大,速度方向与位移方向相同; $10\text{ s} \sim 20\text{ s}$ 内,位移为正,但逐渐减小即向平衡位置靠近,速度与位移方向相反。同理可以判断 $20\text{ s} \sim 30\text{ s}$ 内和 $30\text{ s} \sim 40\text{ s}$ 内位移和速度方向的关系。

E

课后答案点拨

- 点拨:白纸上 OO_1 坐标轴上的坐标代表时间,纵坐标代表位移。因为时间是均匀变化的,匀速运动时,位移 $x=vt$,一定位移与一定时间对应,故应匀速拖动白纸。如果拖动白纸的速度是 $5 \times 10^{-2}\text{ m/s}$,在 OO_1 坐标轴上应该以每 5 cm 长度表示 1 s 的时间,标出坐标刻度。
- (1) 10 cm (2) 在平衡位置两侧距平衡位置 $5\sqrt{2}\text{ cm}$ 处 (3) 1.5 s 时,向平衡位置运动; 2.5 s 时,远离平衡位置运动
- (1) $0 \sim 1\text{ s}$ 内及 $2 \sim 3\text{ s}$ 内位移与速度方向相同。 $1 \sim 2\text{ s}$ 内及 $3 \sim 4\text{ s}$ 内位移与速度方向相反。(2) 质点在第 2 s 末的位移为零。(3) 质点在前 2 s 内走过的路程是 20 cm 。

F

拓展阅读

口哨是如何吹出来的?

在闲暇时,很多人都喜欢通过吹口哨来消遣。那么,丰富多彩的口哨声是如何吹出来的呢?从口腔中吹出来的空气,当气流冲出口腔时,在嘴唇的边缘形成涡漩。于是在嘴唇的反作用力的推动下,就产生了我们听见的声音。有些声音回到气流的发源地,引起气流的不稳定,这种不稳定性产生更多顺着气流的涡漩。当涡漩达到唇边的时候,将产生出更多的声音。整个过程又将周而复始。在口腔中,回到气流发源处的声音改变了气流的速度,从而导致了更多涡漩的形成。当这些涡漩冲击我们特意改变的口形时,便产生了丰富多彩的声音。

2 简谐运动的描述

A

教材梳理

知识点一 描述简谐运动的物理量

1. 振幅

(1)定义:振动物体离开平衡位置的最大距离,叫做振动的振幅。用符号 A 表示。

注意:①振幅是标量,它没有负值,也无方向,振幅不能等同于最大位移。

②在简谐运动中,振幅跟振动的周期(频率)、质点的位移无关。在一个稳定的振动中,振幅是不变的。

(2)单位:在国际单位制中,振幅的单位是米(m)。

(3)物理意义:振幅是表示物体振动强弱的物理量,振幅越大,说明物体振动越剧烈。它的大小反映了振动系统能量的大小。

2. 全振动

(1)定义:一个完整的振动过程,称为一次全振动。

(2)对一次全振动的认识和判断

对做简谐运动的物体,某一阶段的振动是否为一次全振动,可以从以下两个角度判断:

一是从物体经过某点时的特征物理量看:如果物体的位移和速度都回到原值(大小、方向两方面),即物体完成了一次全振动,即物体从同一个方向回到出发点;

二是看物体在这段时间内通过的路程是否等于振幅的四倍。

3. 周期

(1)定义:做简谐运动的物体完成一次全振动所需要的时间叫做振动的周期,用 T 表示。

(2)单位:在国际单位制中,周期的单位是秒(s)。

(3)物理意义:周期是表示物体振动快慢的物理量,周期越长表示物体振动得越慢,周期越短表示物体振动得越快。

4. 频率

(1)定义:单位时间内完成的全振动的次数,叫做振动的频率。用 f 表示。

(2)单位:在国际单位制中,频率的单位是赫兹(Hz)。

(3)物理意义:频率也是表示物体振动快慢的物理量,频率越大表示物体振动得越快,频率越小表示物体振动得越慢。

(4)频率和周期的关系: $T = \frac{1}{f}$ 。

注意:①简谐运动的频率(周期)由振动系统决定,与振幅无关,因此又称固有频率(周期)。

②简谐运动的频率不是用来描述振动物体某时刻运动快慢的物理量,而是用来描述完成一次全振动快慢的物理量。

知识点二 简谐运动的表达式

1. 简谐运动的表达式: $x = A \sin(\omega t + \varphi)$

(1)式中 x 表示振动质点相对于平衡位置的位移; t 表示振动的时间。

(2) A 表示振动质点偏离平衡位置的最大距离,即振幅。

(3) ω 是简谐运动的圆频率,它也表示做简谐运动物体振动的快慢,与周期 T 及频率 f 的关系: $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ 。所以表达式也可写成: $x = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$ 或 $x = A \sin(2\pi ft + \varphi)$ 。

(4) φ 表示 $t=0$ 时,简谐运动质点所处的状态,称为初相位或初相。 $\omega t + \varphi$ 代表了做简谐运动的质点在 t 时刻处在一个运动周期中的哪个状态,所以代表简谐运动的相位。

注意:①相位 $\omega t + \varphi$ 是随时间变化的一个变量。

②相位每增加 2π 就意味着完成了一次全振动。

2. 相位差

它是指两个相位之差,在实际中经常用到的是两个具有相同频率的简谐运动的相位差,反映出两简谐运动的步调差异。

设两简谐运动 A 和 B 的振动方程分别为:

$$x_1 = A_1 \sin(\omega t + \varphi_1), x_2 = A_2 \sin(\omega t + \varphi_2),$$

$$\text{它们的相位差为 } \Delta\varphi = (\omega t + \varphi_2) - (\omega t + \varphi_1) = \varphi_2 - \varphi_1.$$

可见,其相位差恰好等于它们的初相之差,因为初相是确定的,所以频率相同的两个简谐运动有确定的相位差。

若 $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 > 0$,则称 B 的相位比 A 的相位超前 $\Delta\varphi$ 或 A 的相位比 B 的相位落后 $\Delta\varphi$;若 $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 < 0$,则称 B 的相位比 A 的相位落后 $|\Delta\varphi|$ 或 A 的相位比 B 的相位超前 $|\Delta\varphi|$ 。

(1)同相:相位差为零,一般表示为 $\Delta\varphi = 2\pi n (n=0,1,2,\dots)$ 。

(2)反相:相位差为 π ,一般表示为 $\Delta\varphi = (2k+1)\pi (n=0,1,2,\dots)$ 。

注意:比较相位或计算相位差时,要用同种函数来表示振动方程。



B

教材拓展

拓展点一 正确理解振幅与振动中几个量的关系

1. 振幅和振动系统的能量关系

对于一个确定的振动系统来说,系统能量仅由振幅决定,振幅越大,振动系统能量越大。

2. 振幅与位移的关系

振动中的位移是矢量,振幅是标量,在数值上,振幅与某一时刻位移的大小可能相等,但同一简谐运动中振幅是确定的,而位移随时间做周期性的变化。

3. 振幅与路程的关系

振动中的路程是标量,是随时间不断增大的。其中常用的定量关系是:一个周期内的路程为4倍的振幅,半个周期内的路程为2倍的振幅。若从平衡位置、最大位移处开始计时, $\frac{1}{4}$ 周期内的路程等于1倍的振幅;若从一般位置开始计时, $\frac{1}{4}$ 周期内路程与振幅之间没有确定关系,路程可能大于、等于或小于振幅。

4. 振幅与周期(或频率)的关系

在简谐运动中,一个确定的振动系统的周期(或频率)是固定的,与振幅无关。

拓展点二 简谐运动的周期性和对称性

做简谐运动的物体,运动过程中各物理量关于平衡位置对称。以水平弹簧振子为例,振子通过关于平衡位置对称的两点,其加速度、速度大小相等,动能相等,势能相等。对称性还表现在过程量的相等上,如:从某点到达最大位置和从最大位置再回到该点所需要的时间相等,质点从某点向平衡位置运动时到达平衡位置的时间和它从平衡位置再运动到该点的对称点所用的时间相等。

简谐运动是一种周而复始的周期性的运动,按其周期性可做出如下判断:

(1)若 $t_2 - t_1 = nT$, 则 t_1 、 t_2 两时刻振动物体在同一位置,运动情况相同。

(2)若 $t_2 - t_1 = nT + \frac{1}{2}T$, 则 t_1 、 t_2 两时刻,描述运动的物理量(x 、 F 、 a 、 v)均大小相等,方向相反。

(3)若 $t_2 - t_1 = nT + \frac{1}{4}T$ 或 $t_2 - t_1 = nT + \frac{3}{4}T$, 则当 t_1 时刻物体到达最大位移处时, t_2 时刻物体到达平衡位置;当 t_1 时刻物体在平衡位置时, t_2 时刻到达最大位移处;若 t_1 时刻物体在其他位置, t_2 时刻物体到达何处就要视具体情况而定。

拓展点三 根据表达式画振动图象和根据图象写表达式

1. 根据表达式画振动图象

(1)根据 $x = A \sin(\omega t + \varphi)$ 找出振幅 A 和振动周期 $T = \frac{2\pi}{\omega}$;

(2)令 $t=0$, 找出初始时刻的位移 x (x 的正、负要有明确表示);

(3)选好标度,做出正弦函数图象。

2. 根据图象写表达式

(1)从图象中找出振幅 A 和周期 T , $\omega = \frac{2\pi}{T}$;

(2)根据 $t=0$ 时的位移求出初相 φ , 即 $x_0 = A \sin \varphi$;

(3)把 A 、 ω 、 φ 代入表达式 $x = A \sin(\omega t + \varphi)$ 即可。(若图象为余弦或其他形式也可以用该方法求得,只不过 φ 不相同)

C

典型题解

►问题一 描述简谐运动的物理量

例题 1 如图所示,弹簧振子在 BC 间振动, O 为平衡位置, $BO = OC = 5 \text{ cm}$, 若振子从 B 到 C 的运动时间是 1 s , 则下列说法正确的是 ()



- A. 振子从 B 经 O 到 C 完成一次全振动
- B. 振动周期是 1 s , 振幅是 10 cm
- C. 经过两次全振动, 振子通过的路程是 20 cm
- D. 从 B 开始经过 3 s , 振子通过的路程是 30 cm

[解析] 该题考查全振动、振幅、周期以及振动的路程等概念,是一个小综合题。

振子从 $B \rightarrow O \rightarrow C$ 仅完成了半次全振动,所以周期 $T = 2 \times 1 \text{ s} = 2 \text{ s}$, 振幅 $A = BO = 5 \text{ cm}$ 。

弹簧振子在一次全振动过程中通过的路程为 $4A = 20 \text{ cm}$, 所以两次全振动中通过路程为 40 cm , 3 s 的时间为 $1.5 T$, 所以振子通过的路程为 30 cm 。

[答案] D

[点评] 一次全振动过程中振子两次经过同一位置(最大位移处除外),且路程为 $4A$, 经过 n 次全振动,路程应为 $4nA$ 。

►问题二 简谐运动的对称性和周期性

例题 2 一弹簧振子做简谐运动,周期为 T ()

- A. 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 $T/2$ 的整数倍

B. 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

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

D. 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

[解析] 若 $\Delta t = T/2$ 或 $\Delta t = nT - T/2 (n=1, 2, 3, \dots)$, 则在 t 和 $(t + \Delta t)$ 两时刻振子必在关于平衡位置对称的两位置(包括平衡位置), 这两时刻, 振子的位移、加速度、速度等均大小相等、方向相反, 但在这两时刻弹簧的长度并不一定相等[只有当振子在 t 和 $(t + \Delta t)$ 两时刻均在平衡位置时, 弹簧长度才相等]。反过来, 若在 t 和 $(t + \Delta t)$ 两时刻振子的位移、加速度和速度均大小相等、方向相反, 则 Δt 一定等于 $T/2$ 的奇数倍, 即 $\Delta t = (2n-1)\frac{T}{2} (n=1, 2, 3, \dots)$ 。如果仅仅是振子的速度在 t 和 $(t + \Delta t)$ 两时刻大小相等、方向相反, 那么不能得出 $\Delta t = (2n-1)\frac{T}{2}$, 更不能得出 $\Delta t = n\frac{T}{2} (n=1, 2, 3, \dots)$ 。根据以上分析, A、C 选项均错。

若 t 和 $(t + \Delta t)$ 两时刻, 振子的位移、加速度、速度等均相同, 则 $\Delta t = nT (n=1, 2, 3, \dots)$, 但仅仅根据两时刻振子的位移相同, 不能得出 $\Delta t = nT$, 所以 B 选项错。若 $\Delta t = nT$, 在 t 和 $(t + \Delta t)$ 两时刻, 振子的位移、加速度、速度等均大小相等、方向相同, D 选项正确。

[答案] D

[点评] 不能仅根据两时刻位移或速度是否大小相等、方向相反来判断这一段时间是不是半个周期的奇数倍, 必须是位移和速度均大小相等、方向相反的两个时刻之间的时间才为半个周期的奇数倍。同样, 也不能仅根据两时刻位移或速度是否相同来判断这一段时间是不是周期的整数倍, 必须是位移和速度均相同的两个时刻之间的时间才为周期的整数倍。

例题 3 一个做简谐运动的质点, 先后以同样的速度通过相距 10 cm 的 A、B 两点, 历时 0.5 s (如图所示)。过 B 点后, 再经过 $t = 0.5$ s 质点以大小相等、方向相反的速度再次通过 B 点, 则质点振动的周期是 ()



A. 0.5 s

B. 1.0 s

C. 2.0 s

D. 4.0 s

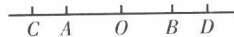
[解析] 该题考查的是振动的对称性。根据题意, 由振动的对称性可知: AB 的中点(设为 O)为平衡位置, A、B 两点对称分布于 O 点两侧。质点从平衡位置 O 向右运动到 B 的时间应为 $t_{OB} = \frac{1}{2} \times 0.5 \text{ s} = 0.25 \text{ s}$ 。质点从 B 向右到达右方极端位置

(设为 D)的时间 $t_{BD} = \frac{1}{2} \times 0.5 \text{ s} = 0.25 \text{ s}$ 。所以, 质点从 O 到

D 的时间: $t_{OD} = \frac{1}{4}T = 0.25 \text{ s} + 0.25 \text{ s} = 0.5 \text{ s}$ 。所以 $T = 2 \text{ s}$ 。

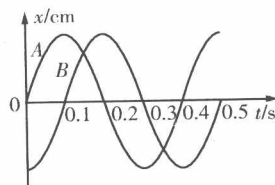
[答案] C

[点评] 本题的关键是认识振动的对称性。如图所示, 设 C、D 分别为质点振动中的极端位置, 再由对称性可知, 质点从 $B \rightarrow D \rightarrow B$ 的时间一定等于质点从 $A \rightarrow C \rightarrow A$ 的时间, 即 $t_{BDB} = t_{ACA} = 0.5 \text{ s}$ 。所以振动周期 $T = t_{AB} + t_{BDB} + t_{BA} + t_{ACA} = 2 \text{ s}$ 。



►问题三 相位和相差问题

例题 4 如图所示 A、B 为两弹簧振子的振动图象, 求它们的相位差。



[解析] 该题考查相位差的求法, 由图象可知这两个振动的周期相同, 均为 0.4 s, 因此有确定的相位差。而相位差为初相之差。

$$t=0 \text{ 时}, x_A = A \sin \varphi_A, x_A = 0, \varphi_A = 0,$$

$$x_B = A \sin \varphi_B, x_B = -A, \varphi_B = -\frac{1}{2}\pi.$$

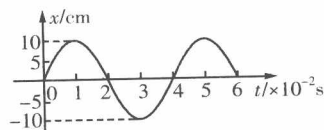
$$\varphi_A - \varphi_B = \frac{1}{2}\pi$$

[答案] $\frac{1}{2}\pi$

[点评] 在给定振动图象条件下, 可由图象直接读出振幅 A 及初相 φ_0 、周期 T, 从而写出位移与时间的关系式 $x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$, 初相即取 $t = 0$ 时, 由 $\sin \varphi_0$ 的取值判定的 φ_0 值。

►问题四 简谐运动的表达式、图象、描述运动的物理量三者之间的联系

例题 5 如图是一做简谐运动的物体的振动图象, 下列说法中正确的是 ()



A. 振动周期是 $2 \times 10^{-2} \text{ s}$

B. 第 $2 \times 10^{-2} \text{ s}$ 内物体的位移是 -10 cm



C. 物体的振动频率为 25 Hz

D. 物体的振幅是 10 cm

[解析] 该题考查了从图象中获取信息的能力。周期是完成一次全振动所用的时间,在图象上是两相邻极大值间的距离。所以周期是 4×10^{-2} s。又 $f = 1/T$, 所以 $f = 25$ Hz, 则 C 项正确。正、负极大值表示物体的振幅,所以振幅 $A = 10$ cm, 则 D 项正确。第 2×10^{-2} s 内初位置是 10 cm, 末位置是 0, 根据位移的概念有 $s = -10$ cm, 则 B 项正确。故 B、C、D 项正确。

[答案] BCD

[点评] 要根据图象的物理意义以及各物理量在图象中的表示等方面分析该题。

例题 6 一物体沿 x 轴做简谐运动, 振幅为 8 cm, 频率为 0.5 Hz, 在 $t = 0$ 时, 位移是 4 cm, 且向 x 轴负方向运动, 试写出用正弦函数表示的振动方程。

[解析] 简谐运动振动方程的一般表达式为 $x = A \sin(\omega t + \varphi)$ 。

根据题给条件有: $A = 0.08$ m, $\omega = 2\pi f = \pi$ 。所以 $x = 0.08 \sin(\pi t + \varphi)$ m。将 $t = 0$ 时 $x = 0.04$ m 代入方程得 $0.04 = 0.08 \sin \varphi$, 解得初相 $\varphi = \frac{\pi}{6}$ 或 $\varphi = \frac{5}{6}\pi$ 。因为 $t = 0$ 时, 速度方向沿 x 轴负方向, 即位移在减小, 所以取 $\varphi = \frac{5}{6}\pi$ 。

所求的振动方程为 $x = 0.08 \sin\left(\pi t + \frac{5}{6}\pi\right)$ m。

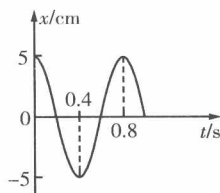
[答案] $x = 0.08 \sin\left(\pi t + \frac{5}{6}\pi\right)$ m

[点评] 对于给定的位移, 可能解得两个初相值, 这要根据题意做出判断, 舍去不合理的值。

例题 7 某质点的振动方程为 $x = 5 \sin\left(2.5\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ cm, 画出该质点的振动图象。

[解析] 该题考查的是根据振动方程画图象。由题意知, 振幅 $A = 5$ cm, 周期 $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{2.5\pi} = 0.8$ s。当 $t = 0$ 时, $x = 5$ cm, 由此可作出图象。

[答案] 如图所示

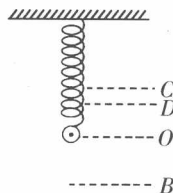


[点评] ①要知道在振动方程中 ω 所表示的数值。②要找出 $t = 0$ 时, 质点的位移 x 。

D 针对性练习

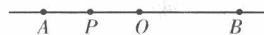
基础夯实

1. 如图所示, 弹簧振子以 O 为平衡位置在 BC 间做简谐运动, 则 ()



- A. 从 $B \rightarrow O \rightarrow C$ 为一次全振动
B. 从 $O \rightarrow B \rightarrow O \rightarrow C$ 为一次全振动
C. 从 $C \rightarrow O \rightarrow B \rightarrow O \rightarrow C$ 为一次全振动
D. 从 $D \rightarrow C \rightarrow O \rightarrow B \rightarrow O$ 为一次全振动

2. 如图所示, 振子以 O 点为平衡位置在 A 、 B 间做简谐运动, 从振子第一次到达 P 点开始计时, 则 ()

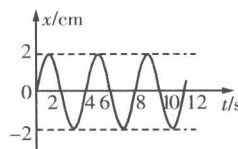


- A. 振子第二次到达 P 点的时间间隔为一个周期
B. 振子第三次到达 P 点的时间间隔为一个周期
C. 振子第四次到达 P 点的时间间隔为一个周期
D. 振子从 A 点到 B 点或从 B 点到 A 点的时间间隔为一个周期

3. 一个在水平方向做简谐运动的物体, 它的振幅是 4 cm, 频率是 2.5 Hz。物体经过平衡位置开始计时, 再经过 21 s, 此时它对平衡位置的位移大小为 ()

- A. 0 B. 4 cm C. 840 cm D. 210 cm

4. 一质点做简谐运动的图象如图所示, 下列说法中正确的是 ()



- A. 质点的振动频率是 4 Hz
B. 在 10 s 内质点经过的路程是 20 cm
C. 第 4 s 末质点的速度是零
D. 在 $t = 1$ s 和 $t = 3$ s 两时刻, 质点位移大小相等, 方向相同

5. 物体 A 做简谐运动的振动位移 $x_A = 3 \sin\left(100t + \frac{\pi}{2}\right)$ m, 物体 B 做简谐运动的振动位移 $x_B = 5 \sin\left(100t + \frac{\pi}{6}\right)$ m。比较 A 、 B 的运动 ()