



丛书主编 凯歌

导学与评价

高中选修 3-4

物 理



人教版

学生用书

XINKEBIAO

DAOXUEYUPINGJIA



星球地图出版社



丛书主编 凯歌

导学与评价

高中选修 3-4

物 理



人教版

星球地图出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

高中新课标导学与评价丛书：人教版. 物理. 3-4：选修/
凯歌编.—北京：星球地图出版社，2007.12
ISBN 978-7-80212-606-0

I.高… II.凯… 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 (2007) 第 198459 号

丛书策划：金九州文化
责任编辑：朱 峰

导 学 与 评 价

高 中 物 理 选 修 3-4

DAOXUEYUPINGJIA

GAOZHONGWULIXUANXIUSANGANGSI

丛书主编：凯 歌

星 球 地 图 出 版 社 出 版

(北京市北三环中路 69 号)

邮政编码：100088

网 址：www.starmap.com.cn

星球地图出版社总发行

郑州文华印务有限公司

2007 年 12 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

880×1230 16 开本 10.75 印张 378800 字

ISBN 978-7-80212-606-0

定价：16.80 元 (书+检测题卷)

(如有印刷装订质量问题请与承印厂调换)

联系电话：010-62052349

主 编 葛昭海

编 者 王志德 王旭升

徐金良 李士营



心愿

XIN YUAN

DAOXUE YU PINGJIA

国家基础教育课程改革已经全面启动,它给学科教材带来了实质性变革。自主、合作、探究、创新等新理念得到积极提倡和实行,教育、教学、考试也发生了重大变化,这引起全社会特别是教师和学生的广泛关注。为了帮助广大师生适应全新的课改理念,提高教育教学质量,我们由专家引领、一线教师执笔,特编写这套集新理念和新课标为一体、熔科学性与实用性为一炉的教辅丛书《导学与评价》。该丛书有以下特点:

1. 最新的课改理念。丛书充分融入课改新理念和新课标要求,广泛汲取教育专家对课改的思想认识;着眼三维目标,注重人文、情感态度与价值观的渗透和融合;体现知识、能力、素质合一,方法、实践、创新一体。

2. 全新的作者队伍。我们精心组织的所有作者全都来自新课标教材实验区,均为各地学科带头人,多为一线特高级教师;他们既有对新课标理念深刻的认识又有丰富的实际教育教学经验,他们用自己选择教辅、评判教辅的标准严格规范自己的写作。

3. 科学的编排体例。丛书在体例设计时,充分遵循课改理念和吸收专家的教育智慧,充分考虑课堂教学的实际需要,注重学生自主学习和教师精要导学相结合,注重知识构建与能力提升相结合,注重素质培养、思维训练和考试能力相结合,从而达到科学性和实用性的完美统一。

【赢在起点】

总体解读章节或单元学习目标、重点难点和核心要求,概括说明,明确方向,激情导入,并提供教学方略。

【自主学习与知识构建】

学生自主梳理章节基础知识,整合知识结构,培养学生动手动脑的良好习惯,增强学生学习、思考的自觉性、积极性,并夯实基础。

【精要导学与方法策略】

阐述章节或单元重点知识、能力要点、思维体系,使学生立足基础,抓住关键,突破难点;精要讲解,言简意赅,重点突出,使学生准确把握核心内容,逾越思维障碍,走出思维误区;典型例题引导感悟,创设好题、新题,揭示思路方法和学习方略,讲练结合,学以致用,从而培养学生获取和解读信息、调动和运用知识、描述和阐释事物、论证和探讨问题的四维能力。

【迁移应用与探究创新】

针对重点知识和能力训练要求,精编习题,自练自查和探究创新相结合,梯度训练,循序渐进,以达到知识和能力的自然转化、过程和方法的有机统一、思维和素质的综合提升。

【回顾、思考、升华】

遵循系统性原理,整合、梳理章节知识,构建能力框架,把握规律;归纳专题考点,精选典型例题,充分体现基础能力和拓展综合要求;对近三年高考真题详尽解读,把握考查重点,明确能力发展方向。

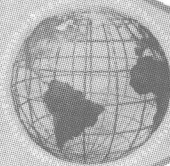
4. 新颖的成书模式。我们充分满足一线广大师生的需求,丛书各学科的“学生用书”将本章(单元)测试卷、综合测试卷独立成册,夹放在学科教辅书中,并提供“教师用书”,补充丰富的教学参考资料,方便老师们在教学过程中灵活使用。

编写一套师生满意的教辅资料是我们最大的心愿,为实现这个心愿,我们一直孜孜以求、精益求精。“精诚所至,金石为开”,我们这套教辅丛书,希望得到您的关注和厚爱!

《导学与评价》丛书编委会

星球地图出版社

二〇〇七年十二月



物理选修3-4(人教版)

第十一章 机械振动	(1)
第一节 简谐运动	(2)
第二节 简谐运动的描述	(4)
第三节 简谐运动的回复力和能量	(7)
第四节 单摆	(10)
第五节 外力作用下的振动	(13)
回顾、思考、升华	(17)
第十二章 机械波	(20)
第一节 波的形成和传播	(21)
第二节 波的图象	(23)
第三节 波长、频率和波速	(26)
第四节 波的反射和折射	(29)
第五节 波的衍射	(32)
第六节 波的干涉	(34)
第七节 多普勒效应	(37)
回顾、思考、升华	(39)
第十三章 光	(42)
第一节 光的折射	(43)
第二节 光的干涉	(45)
第三节 用双缝干涉测量光的波长	(47)
第四节 光的颜色 色散	(50)
第五节 光的衍射	(52)
第六节 光的偏振	(52)
第七节 全反射	(55)
第八节 激光	(57)
回顾、思考、升华	(60)
第十四章 电磁波	(63)
第一节 电磁波的发现	(64)
第二节 电磁振荡	(66)
第三节 电磁波的发射和接收	(69)
第四节 电磁波与信息化社会	(70)
回顾、思考、升华	(73)
第十五章 相对论简介	(75)
第一节 相对论的诞生	(76)
第二节 时间和空间的相对性	(77)
第三节 狭义相对论的其它结论	(78)
第四节 广义相对论简介	(78)
回顾、思考、升华	(81)



阅读索引

YUEDU SUOYIN

DAOXUE YU PINGJIA

随堂测试(一)	(83)
随堂测试(二)	(85)
随堂测试(三)	(87)
随堂测试(四)	(89)
随堂测试(五)	(91)
随堂测试(六)	(93)
随堂测试(七)	(95)
随堂测试(八)	(97)
随堂测试(九)	(99)
随堂测试(十)	(101)
随堂测试(十一)	(103)
随堂测试(十二)	(105)
随堂测试(十三)	(107)
随堂测试(十四)	(109)
第十一章 检测题(A卷)	(111)
第十一章 检测题(B卷)	(115)
第十二章 检测题(A卷)	(119)
第十二章 检测题(B卷)	(123)
第十三章 检测题(A卷)	(127)
第十三章 检测题(B卷)	(131)
第十四章 检测题(A卷)	(135)
第十四章 检测题(B卷)	(139)
第十五章 检测题	(143)
综合检测题	(147)
参考答案	(151)

第十一章



机械振动

课程标准

• 知识与技能

1. 通过观察和分析,理解简谐运动的特征,能用公式和图像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.

• 过程与方法

1. 加强对实验的观察和分析,加深学生对物理现象的感性认识,促进学生对物理规律的理解和掌握.
2. 明晰用运动学概念来定义简谐运动的思路,能用公式和图像描述简谐运动的特征.
3. 认真规划好两个单摆实验,培养学生的设计、创新及观察能力.

• 情感、态度与价值观

通过实验的观察与分析,实验的操作和日常生活中对有关现象的解释,让学生体会科学的生命力,激发学生的学习兴趣.

专题探究

本章从学习机械振动中最基本、最简单的简谐运动开始,要求掌握描述简谐运动的物理量:回复力、位移、振幅、周期、频率等概念、简谐运动的数学表达式.要掌握简谐运动的特点,并能从简谐运动的图像中找出速度、加速度、回复力的方向,明确回复力是一种效果力,对不同的简谐运动,回复力的来源不同,教材重点介绍了简谐运动的两个特例,即水平弹簧振子和单摆,明确了单摆在摆角很小时的摆动可近似看作简谐运动,并给出了单摆做简谐运动的周期公式,然后从能量角度对简谐运动过程中能量转化的特点作了分析,并从能量转化观点对阻尼振动和受迫振动作了分析.

学法点津

学生在学习过程中应积极主动地做好演示实验,具体操作好两个单摆实验,明确从运动学角度来定义简谐运动的思路,理解振动图像的物理意义,掌握描述简谐运动的物理量,能从能量的角度分析简谐运动、阻尼振动,知道受迫振动的应用与防止.

第一节 简谐运动

自主学习与知识构建



自主·预习·思考

1. 弹簧振子

小球原来静止时的位置叫做_____，小球在平衡位置附近的往复运动，是一种_____，简称_____。这样的系统称为_____。

2. 简谐运动及其图像

如果质点的位移与时间的关系遵从正弦函数的规律，即它的振动图像是一条_____，这样的振动叫做_____。_____是最简单，最基本的振动。弹簧振子的运动就是_____。

思考：简谐运动图像的意义是什么？

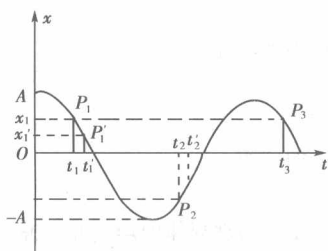


图 11-1-1

跟踪训练

图 11-1-2 表示某质点简谐运动的图像，0~4 s 内质点通过的路程是_____ cm， $t=6$ s 时质点的位移是_____ cm。

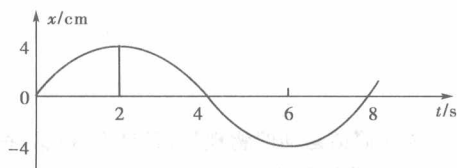


图 11-1-2

精要导学与方法策略



要点·剖析·突破

1. 弹簧振子

弹簧振子，顾名思义，由弹簧和振子组成。关于弹簧振子，与下面几个定义有关：

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

平衡位置：物体原来静止的位置。

(2) 弹簧振子：小球和弹簧组成的系统。

① 机械振动不一定必须是弹簧的振动，凡在平衡位置附近做往复性运动的都是机械振动。② 弹簧振子是理想模型：忽略弹簧质量，将小球看成质点。

2. 简谐运动

如图 11-1-3 中，弹簧振子在 A、B 两点之间做振动，它的振

动轨迹如图 11-1-4 所示，是 AB 线段。

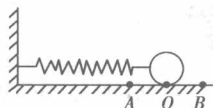


图 11-1-3



图 11-1-4

AB 线段不能反映位移与时间之间的关系。如果以平衡位置为坐标原点，沿振动方向建立坐标轴，取平衡位置右边为正，左边为负。如图 11-1-5 为弹簧振子的位移—时间图像。经验证为正弦曲线。

弹簧振子的位移—时间图像不是弹簧振子的振动轨迹，而是将轨迹沿时间拉开，反映了振动物体相对于平衡位置的位移随时间 t 变化的规律。

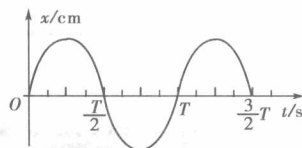


图 11-1-5

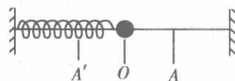
简谐运动：如果质点的位置与时间关系遵从正弦函数的规律，即它的振动图像是一条正弦曲线，这样的振动叫做简谐运动。



典题·引导·感悟

题型一 机械振动

例 如图 11-1-6 所示，说出弹簧振子的平衡位置。



11-1-6

引导：找平衡位置应按定义：物体原来静止的位置为平衡位置，则 O 点为平衡位置。

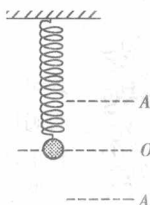
答案：O 点为平衡位置。

点拨：应明确平衡位置的定义：小球原来静止时的位置叫做平衡位置。



练一练 如图 11-1-7 所示，弹簧一

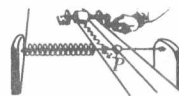
端系住小球、一端固定在天花板上，使其上下振动，说出其平衡位置。



11-1-7

题型二 简谐运动的特征

例 研究一个物体的振动是否为简谐运动，可以通过作出振动的图像来判断。如图 11-1-8 所示，在弹簧振子的小球上安一记号的毛笔 P，在下面放一白纸带，当小球振动时沿垂直于振动方向匀速拉动纸带，毛笔 P 就在纸带上画出一条振动曲线，此曲线有什么特征？为什么？



11-1-8

引导：通过实际实验可以看出纸带上留下的是一条正弦(或余弦)曲线，这是因为弹簧振子的运动是简谐运动，用纸带的运动距离表示时间(因为距离 $x=vt$)，所以拉动纸带时，就可表示不同的时刻振子离开平衡位置的距离，因而可以说毛笔所画下的痕迹就是弹簧振子的振动图像，所以曲线是一条正弦(或余

弦)曲线。

答案:见“引导”

点拨:利用已知的规律去推断某些物体的规律属性,是物理中常用的方法。

题型三 简谐运动的位移、速度和加速度

例 一弹簧振子做简谐运动,下列说法正确的是 ()

- 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,速度也相同
- D. 振子每次通过同一位置时,加速度一定相同,速度不一定相同

引导:在简谐运动中,加速度的方向一定与位移方向相反,并总是指向平衡位置,但速度方向可能与位移方向相同,也可能相反;振子经同一位置,是指位移相同;振子离开平衡位置时,加速度增大,速度减小,振子向平衡位置运动时,加速度减小,速度增大,故 D 正确。

答案:D

练一练 做简谐运动的质点在通过平衡位置时,在下列物理量中,具有最大值的物理量是 ()

- A. 动能
- B. 加速度
- C. 速度
- D. 位移

题型四 简谐运动的图像

例 如图 11-1-9 为质点 P 在 0~4 s 内的振动图像,下列叙述正确的是 ()

- A. 再过 1 s,该质点的位移是正的最大
- B. 再过 1 s,该质点的速度方向向上
- C. 再过 1 s,该质点的加速度方向向上
- D. 再过 1 s,该质点的速度最大

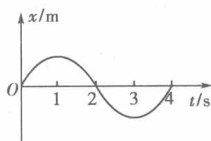


图 11-1-9

引导:由图像可知,再过 1 s,即第 5 s 时,质点在正向最大位移处,速度为零,加速度最大且沿 x 轴负方向。

答案:A

思维·误区·警示

- 做简谐运动的物体的位移是相对平衡位置而言的,而初学者总是习惯性地认为是从初位置到末位置的有向线段。
- 振子的振动图像不是其运动轨迹的反映。

迁移应用与探究创新

自练·自查·自评

- 关于简谐运动,下列说法正确的是 ()
 - A. 位移的方向总是指向平衡位置
 - B. 加速度的方向总是跟位移的方向相反
 - C. 位移的方向总是跟速度的方向相反

D. 速度的方向总是跟位移的方向相同

2. 弹簧振子多次通过同一位置时,下述物理量变化的有 ()

- A. 位移
- B. 速度
- C. 加速度
- D. 动量

3. 弹簧振子在光滑水平面上做简谐运动,在振子向平衡位置运动的过程中 ()

- A. 振子所受的力逐渐增大
- B. 振子的位移逐渐增大
- C. 振子的速度逐渐减小
- D. 振子的加速度逐渐减小

4. 如图 11-1-10 所示,下列说法正确的是 ()

- A. 振动图像是从平衡位置开始计时的
- B. 1 s 末速度沿轴负方向
- C. 1 s 末速度最大
- D. 1 s 末速度最小,为 0

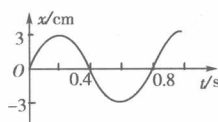


图 11-1-10

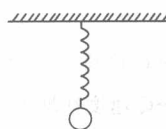


图 11-1-11

5. 如图 11-1-11 所示,弹簧下端悬挂一钢球,上端固定,它们组成一个振动的系统,用手把钢球向上托起一段距离,然后释放钢球便上下振动起来,下列说法正确的是 ()

- A. 钢球的最低处为平衡位置
- B. 钢球的最高处为平衡位置
- C. 钢球速度为 0 处为平衡位置
- D. 钢球原来静止时的位置为平衡位置

实践·探究·创新

1. 下列振动是简谐运动的有 ()

- A. 手拍乒乓球的运动
- B. 弹簧的下端悬挂一个钢球,上端固定组成的振动系统
- C. 摇摆的树枝
- D. 从高处下落到光滑水泥地面上的小钢球的运动

2. 如图 11-1-12 所示为某质点做简谐运动的图像,下列说法中正确的有 ()

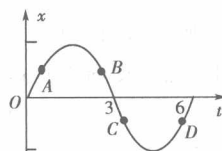


图 11-1-12

- A. A、B 两点速度方向相同
- B. A、B 两点速度方向相反
- C. B、C 两点速度方向相同
- D. B、C 两点速度方向相反

3. 如图 11-1-12 所示, 下列说法中正确的有 ()

- A. A、B 两点位移方向相同
- B. A、B 两点位移方向相反
- C. B、C 两点位移方向相同
- D. B、C 两点位移方向相反

4. 如图 11-1-13 所示为某物体做简谐运动的图像, 下列说法中正确的是 ()

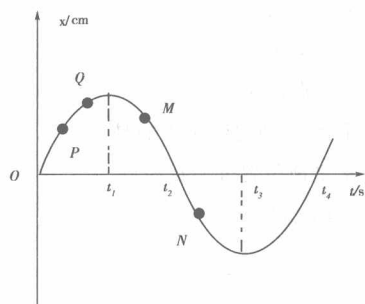


图 11-1-13

- A. 由 $P \rightarrow Q$ 位移在增大
 - B. 由 $P \rightarrow Q$ 速度在增大
 - C. 由 $M \rightarrow N$ 位移是先减小后增大
 - D. 由 $M \rightarrow N$ 位移始终减小
5. 如图 11-1-14 所示, 由给出的振动图像可知, 这个振动物体在 _____ s 末负方向速度最大, 在 _____ s 末正方向加速度最大, 在 _____ s 末负方向位移最大, 4.5 s 时振子正在向 _____ 方向运动.

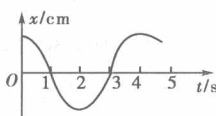


图 11-1-14

6. 图 11-1-15 为一弹簧振子的振动图像, 由此可知 ()

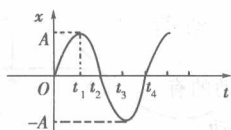


图 11-1-15

- A. 在 t_1 时刻, 振子的动能最大, 所受的弹性力最大
 - B. 在 t_2 时刻, 振子的动能最大, 所受的弹性力最小
 - C. 在 t_3 时刻, 振子的动能最大, 所受的弹性力最小
 - D. 在 t_4 时刻, 振子的动能最大, 所受的弹性力最大
7. 在水平方向上做简谐运动的质点, 其振动图像如图 11-1-16 所示, 假设向右的方向为正方向, 则物体加速度向右且速度向右的时间段是 ()
- A. 0 s 到 1 s 内
 - B. 1 s 到 2 s 内
 - C. 2 s 到 3 s 内
 - D. 3 s 到 4 s 内

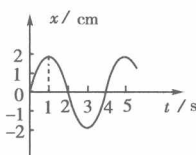


图 11-1-16

【提高题】

做简谐运动的物体, 其加速度 a 随位移 x 的变化规律应是图 11-1-17 中的哪个 ()

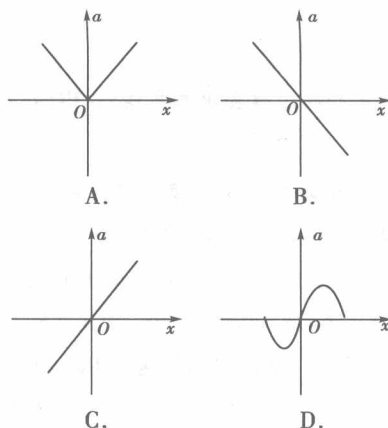


图 11-1-17

自我评价

通过以上的学习, 你肯定收获多多, 或许也有一些疑惑, 你能把它记在下面吗?

第二节 简谐运动的描述

自主学习与知识构建

自主·预习·思考

1. 振动物体离开平衡位置的 _____, 叫做振动的振幅, 振幅是表示振动 _____ 的物理量, 振幅是 _____ (填“标”、“矢”)量.
2. 振子以相同的速度(大小和方向)相继通过同一位置所经历的过程, 叫做 _____. 振动质点经过一次全振动后其振动状态又恢复到原来状态, 振动质点在一个全振动过程通过的路程等于 _____ 振幅.
3. 做简谐运动的物体, 完成 _____ 的时间, 叫做振动的周期, 单位时间内完成 _____, 叫做振动的频率, 在国际单位制中, 周期的单位是 _____, 频率的单位是 _____. 周期和频率的关系是 _____.
4. 简谐运动的一般表达式为 _____. 式中 _____ 代表简谐运动的振幅, _____ 代表频率, _____ 代表相位.

思考: 如何求振动物体在一段时间内的路程?

跟踪训练

一个弹簧振子的振幅是 A , 若在 Δt 的时间内物体运动的路程是 s , 则下列关系中可能正确的是(包括一定正确的) ()

- A. $\Delta t = 2T, s = 8A$
- B. $\Delta t = \frac{T}{2}, s = 2A$
- C. $\Delta t = \frac{T}{4}, s = A$
- D. $\Delta t = \frac{T}{4}, s > A$

精要导学与方法策略

要点·剖析·突破

1. 描述简谐运动的物理量

(1) 振幅: 振动物体离开平衡位置的最大距离, ①用“ A ”表示, 单位是米(m), 是标量; ②物理意义: 表示振动强弱的物理量. 振幅越大, 振动越强.

(2) 周期: 做简谐运动的物体完成一次全振动所需要的时间. ①用“ T ”表示, 单位是秒(s); ②物理意义: 表示振动快慢的物理量. 周期越长, 表示物体振动越慢; 周期越短, 表示物体振动越快.

(3) 频率: 单位时间内完成全振动的次数. ①用“ f ”表示, 单位是赫兹, 符号为 Hz; ②物理意义: 表示振动快慢的物理量.

(4) 相位: 描述周期性运动在各个时刻所处的不同状态. ①相位就是一个角度, 单位是“弧度”或“度”; ②相位反映了两周期性运动的步调差异.

一次全振动不是必须从平衡位置出发, 只要质点再次同向经过某一位置, 所用时间就为一个周期.

2. 简谐运动的表达式

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 称作简谐运动的圆频率, 它也表示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, 代表简谐运动的相位.

典题·引导·感悟

题型一 描述简谐运动的物理量

例 弹簧振子从距平衡位置 5 cm 处由静止释放, 4 s 内完成 5 次全振动, 则这个弹簧振子的振幅为 _____ cm, 振动周期为 _____ s, 频率为 _____ Hz, 4 s 末振子的位移大小为 _____ cm, 4 s 内振子运动的路程为 _____ cm, 若其他条件都不变, 只是使振子改为在距平衡位置 2.5 cm 处由静止释放, 则振子的周期为 _____ s.

引导: 根据题意, 振子从距平衡位置 5 cm 处由静止开始释放, 说明弹簧振子在振动过程中离开平衡位置的最大距离是 5 cm, 即振幅为 5 cm, 由题设条件可知, 振子在 4 s 内完成 5 次全振动, 则完成一次全振动的时间为 0.8 s, 即 $T = 0.8$ s, 又因为 $f = \frac{1}{T}$, 可得频率为 1.25 Hz. 4 s 内完成 5 次全振动, 也就是说振子又回到原来的初始点, 因而振子的位移大小为 5 cm, 振子一次全振动的路程为 20 cm, 所以 5 次全振动的路程为 100 cm. 由于弹簧振子的周期是由弹簧的劲度系数和振子质量决定, 其固有周期与振幅大小无关, 所以从距平衡位置 2.5 cm 处由静止释放, 不会改变周期的大小, 周期仍为 0.8 s

答案: 5 0.8 1.25 5 100 0.8

点拨: 任何物理知识的学习, 都离不开对基本概念的认识和理解. 本题主要考查对描述振动的三个物理量的认识和理解以及位移和路程的区别, 根据一次全振动确定周期, 根据周期或单位时间内完成全振动的次数确定频率. 简谐运动中的位移是相对平衡位置而言的, 本题中容易把释放处当作位移起点.



练一练 关于简谐运动的频率, 下列说法正确的是

()

- A. 频率越高, 振动质点运动的速度越大
- B. 频率越高, 单位时间内速度的方向变化的次数越多
- C. 频率是 50 Hz 时, 1 s 内振动物体速度方向改变 100 次
- D. 弹簧振子的固有频率与物体通过平衡位置时的速度大小有关

题型二 简谐运动的表达式

例 已知两个简谐运动: $x_1 = 3a \sin(4\pi bt + \frac{\pi}{4})$ 和 $x_2 = 9a \sin(8\pi bt + \frac{\pi}{2})$, 它们的振幅之比是多少? 它们的频率各是多少? $t = 0$ 时它们的相位差是多少?

引导: 由简谐运动表达式可知 $A_1 = 3a$, $A_2 = 9a$, 则振幅之比为 $A_1/A_2 = 3a/9a = 1/3$;

又因为 $\omega_1 = 4\pi b$, $\omega_2 = 8\pi b$, 则由 $\omega = 2\pi f$ 知它们的频率为 $2b$ 和 $4b$;

$t = 0$ 时, $x_1 = 3a \sin \frac{\pi}{4}$, $x_2 = 9a \sin \frac{\pi}{2}$, 则相位差 $\Delta\varphi$ 为 $\frac{\pi}{4}$.

答案: $A_1/A_2 = 1/3$; $2b$ 和 $4b$; $\Delta\varphi = \frac{\pi}{4}$



练一练 一个做简谐运动的物体, 其位移随时间的变化规律为 $x = 5 \sin 5\pi t$ (cm), 由此可知, 该物体的振幅为 _____,

周期为 _____, $t = 0$ 时刻它的位移是 _____, 运动方向为 _____.

题型三 学科内综合

例 如图 11-2-1 所示为 A、B 两个简谐运动的位移—时间图像. 请根据图像写出这两个简谐运动的位移随时间变化的关系.

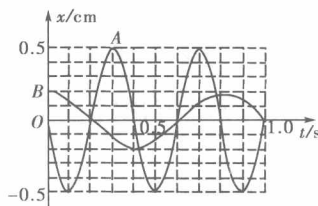


图 11-2-1

引导: 由图像可知下列信息:

A: 说明振动的质点从平衡位置沿正方向已振动了 $\frac{1}{2}$ 周期, $\varphi_0 = \pi$, 振幅 $A = 0.5$ cm, 周期 $T = 0.4$ s; $\omega = \frac{2\pi}{T} = 5\pi$, 则简谐运动的表达式 $x = 0.5 \sin(5\pi t + \pi)$;

B: 说明振动质点从平衡位置沿正方向已经振动了 $\frac{1}{4}$ 周期, $\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$, 又因为振幅 $A = 0.2$ cm, 周期 $T = 0.8$ s, 则 $\omega = 2.5\pi$, 因此该振动表达式 $x = 0.2 \sin(2.5\pi t + \frac{\pi}{2})$

答案:见“引导”

点拨:简谐运动的表达式 $x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$, 要由图像写出表达式, 首先要弄清楚振幅 A , 角速度 ω 和初相位 φ_0 . 同理, 要由表达式画出图像, 也要先弄清上述各量, 才能在坐标系中画出图像.



练一练 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 11-2-2(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 , 则由图中数据算出振子的振动周期为多少? 做出 P 的振动图像. 若拉动纸带做匀加速运动, 且振子振动周期与原来相同, 由(c)图中的数据求纸带的加速度.

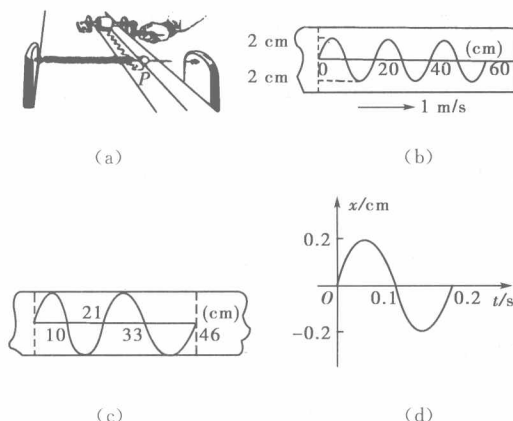


图 11-2-2



思维·误区·警示

物体做简谐运动时, 若物体在平衡位置两侧且距平衡位置距离相等时, 具有对称性, 速度大小、位移大小、动能、加速度大小均相等, 但速度、位移、加速度的方向不一定相同.

迁移应用与探究创新



自练·自查·自评

- 下列关于简谐运动的振幅、周期和频率的说法哪些是正确的 ()
 - 振幅是矢量, 方向从平衡位置指向最大位移处
 - 周期和频率的乘积是一个常数
 - 振幅增加, 周期必然增加, 而频率减小
 - 做简谐运动的物体, 其频率固定, 与振幅无关
- 弹簧振子在 AOB 之间做简谐运动, O 为平衡位置, 测得 A 、 B 之间的距离为 8 cm , 完成 30 次全振动所用时间为 60 s , 则 ()
 - 振子的振动周期是 2 s , 振幅是 8 cm
 - 振子的振动频率是 2 Hz

- 振子完成一次全振动通过的路程是 16 cm
 - 振子通过 O 点时开始计时, 3 s 内通过的路程为 24 cm
3. 如图 11-2-3 所示为一简谐运动的振动图像, 在 $0 \sim 0.8 \text{ s}$ 时间内, 下列说法正确的是 ()

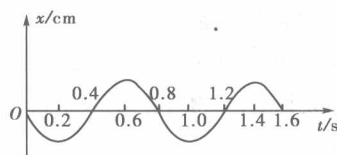


图 11-2-3

- 质点在 0 和 0.8 s 时刻具有正向最大速度
 - 质点在 0.2 s 时刻具有负向最大加速度
 - 0 至 0.4 s 质点加速度始终指向 $-x$ 方向不变
 - 在 0.2 s 至 0.4 s 时间内, 加速度方向和速度方向相同
4. 如图 11-2-4 所示, 小球 P 连着轻质弹簧, 放在光滑水平面上, 弹簧的另一端固定在墙上, O 点为它的平衡位置, 把 P 拉到 A 点, 使 $OA = 2 \text{ cm}$, 然后无初速释放, 经 0.2 s 运动到 O 点, 若把 P 拉到 B 点, 使 $OB = 4 \text{ cm}$, 则无初速释放后运动到 O 点的时间为 ()
- 0.1 s
 - 0.2 s
 - 0.3 s
 - 0.4 s
5. 悬挂在竖直方向上的弹簧振子, 周期 $T = 2 \text{ s}$, 从最低点位置向上运动时开始计时, 在一个周期内的振动图像如图 11-2-5 所示, 关于这个图像, 下列哪些说法正确 ()

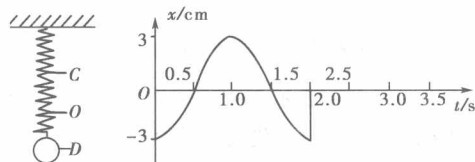


图 11-2-5

- $t = 1.25 \text{ s}$ 时, 振子的加速度为正, 速度也为正
- $t = 1.7 \text{ s}$ 时, 振子的加速度为负, 速度也为负
- $t = 1.0 \text{ s}$ 时, 振子的速度为零, 加速度为负的最大值
- $t = 1.5 \text{ s}$ 时, 振子的速度为零, 加速度为负的最大值



实践·探究·创新

- 弹簧振子做简谐运动, t_1 时刻速度为 v , t_2 时刻速度也为 v , 且方向相同, 已知 $(t_2 - t_1)$ 小于周期 T , 则 $(t_2 - t_1)$ ($v \neq 0$) ()
 - 可能大于四分之一周期
 - 可能小于四分之一周期
 - 一定小于二分之一周期
 - 可能等于二分之一周期
- 如图 11-2-6 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 ()
 - 振子从 B 经 O 到 C 完成一次全振动
 - 振动周期是 1 s , 振幅是 10 cm
 - 经过两次全振动, 振子通过的路程是 20 cm
 - 从 B 开始经过 3 s , 振子通过的路程是 30 cm

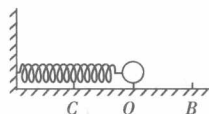


图 11-2-6

3. 质点做简谐运动,从质点经过某一位置时开始计时,下列说法正确的是 ()
- A. 当质点再次经过此位置时,经过的时间为一个周期
- B. 当质点的速度再次与零时刻的速度相同时,经过的时间为一个周期
- C. 当质点的加速度再次与零时刻的加速度相同时,经过的时间为一个周期
- D. 当质点经过的路程为振幅的 4 倍时,经过的时间为一个周期
4. 有一个弹簧振子,振幅为 0.8 cm,周期为 0.5 s,初始时具有负方向的最大加速度,则它的振动方程是 ()

- A. $x = 8 \times 10^{-3} \sin \left(4\pi t + \frac{\pi}{2} \right) \text{ m}$
- B. $x = 8 \times 10^{-3} \sin \left(4\pi t - \frac{\pi}{2} \right) \text{ m}$
- C. $x = 8 \times 10^{-1} \sin \left(\pi t + \frac{3}{2} \pi \right) \text{ m}$
- D. $x = 8 \times 10^{-1} \sin \left(\frac{\pi}{4} t + \frac{\pi}{2} \right) \text{ m}$

5. 甲、乙两个做简谐运动的弹簧振子,在甲振动 20 次的时间里,乙振动了 40 次,则甲、乙振动周期之比为 _____;若甲的振幅加倍而乙的不变,则甲、乙振动频率之比为 _____.
6. 一个质点经过平衡位置 O,在 A、B 间做简谐运动,如图 11-2-7(甲)所示,它的振动图像如图 11-2-7(乙)所示,设向右为正方向,则 OB = _____ cm,第 0.2 s 末质点的速度方向为 _____,加速度大小为 _____,第 0.4 s 末质点的加速度方向是 _____;第 0.7 s 时,质点位置在 _____ 之间,质点从 O 运动到 B 再到 A 需时间 $t =$ _____ s,在 4 s 内完成 _____ 次全振动.

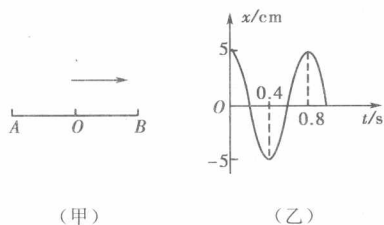


图 11-2-7

7. 如图 11-2-8,某同学看到一只鸟落在树枝上的 P 处,树枝在 10 s 内上下振动了 6 次.鸟飞走后,他把 50 g 的砝码挂在 P 处,发现树枝在 10 s 内上下振动了 12 次.将 50 g 的砝码换成 500 g 砝码后,他发现树枝在 15 s 内上下振动了 6 次.你估计鸟的质量接近 ()
- A. 50 g B. 200 g
- C. 500 g D. 550 g



图 11-2-8

【提高题】

一质点在平衡位置附近做简谐运动,从它经过平衡位置开始计时,经过 0.13 s 质点首次经过 M 点,再经过 0.1 s 第二次经过 M 点,则质点做往复简谐运动的周期的可能值是多大?

自我评价

通过以上的学习,你肯定收获多多,或许也有一些疑惑,你能把它记在下面吗?

第三节 简谐运动的回复力和能量

自主学习与知识构建

自主·预习·思考

1. 回复力是根据力的 _____ (填“性质”、“效果”)命名的,回复力的方向总是指向 _____ 位置,其作用效果是使振子返回 _____ 位置.回复力可以是物体所受的合外力,也可以是某一个力或某一个力的分力.
2. 弹簧的弹力 F 跟其形变量 x 的关系是 _____,其中比例系数 k 叫做 _____ 系数.
3. 物体在跟偏离平衡位置的位移大小成 _____,并且总是指向 _____ 的回复力的作用下的振动,叫做简谐运动.
4. 简谐运动的能量就是指振动系统的 _____.振动的过程是 _____ 能和 _____ 能互相转化的过程,在最大位移处, _____ 能最大, _____ 能为零.在平衡位置, _____ 能最大, _____ 能最小.在简谐运动中,振动系统的机械能 _____ (填“守恒”、“逐渐减小”).振动系统的机械能跟 _____ 有关, _____ 越大,机械能越大.简谐运动是 _____ (填“等幅”、“减幅”)振动.

思考:简谐运动具有怎样的往复性、对称性和周期性?

跟踪训练

弹簧振子多次通过同一位置时,下述物理量变化的有 ()

- A. 位移 B. 速度
- C. 加速度 D. 动量
- E. 动能 F. 弹力

精要导学与方法策略

要点·剖析·突破

1. 回复力

(1) 如果质点所受的力与它偏离平衡位置位移的大小成正比,并且总是指向平衡位置,质点的运动就是简谐运动.由于力的方向总是指向平衡位置,它的作用总是要把物体拉回到平衡位置,所以通常把这个力称为回复力.

(2) 回复力是根据力的效果命名的,它可以是一个力,也可以是多个力的合力,还可以由某个力的分力提供.例如:如图 11-3-1 所示,水平方向的弹簧振子,弹力充当回复力.如图 11-3-2 所示,竖直方向的弹簧振子弹力和重力的合力充当回复力.如图

11-3-3 所示, m 随 M 一起振动, m 的回复力是静摩擦力。



图 11-3-1

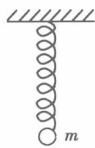


图 11-3-2

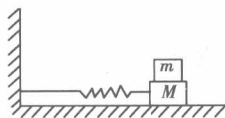


图 11-3-3

(3) 只有做简谐运动的物体所受的回弹力符合 $F = -kx$, 其他振动物体所受的回弹力不符合这一关系。

2. 简谐运动的能量

简谐运动的能量: 做简谐运动的物体在振动中经过某一位置时所具有的势能和动能之和, 称为简谐运动的能量。

做简谐运动的物体能量的变化规律: 只有动能和势能的相互转化, 对弹簧振子, 机械能守恒。

对简谐运动来说, 一旦供给系统一定的能量, 使它开始振动, 它就以一定的振幅永不停息地持续振动, 简谐运动是一种理想化的振动。

振动过程是一个动能和势能不断相互转化的过程, 如图 11-3-4 所示的水平弹簧振子, 振子在 AB 之间做往复运动, 在一个周期内的能量转化过程是:

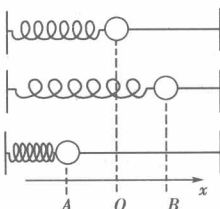


图 11-3-4

$A \rightarrow O$, 弹力做正功, 弹性势能转化为动能;

$O \rightarrow B$, 弹力做负功, 动能转化为弹性势能;

$B \rightarrow O$, 弹力做正功, 弹性势能转化为动能;

$O \rightarrow A$, 弹力做负功, 动能转化为弹性势能。

不考虑阻力, 弹簧振子振动过程中只有弹力做功, 在任意时刻的动能与势能之和不变, 即机械能守恒。

典题·引导·感悟

题型一 回复力

例 甲、乙两弹簧振子, 振动图像如图 11-3-5 所示, 则可知 ()

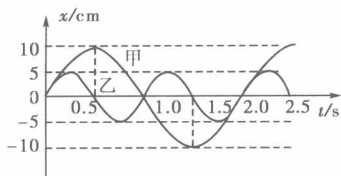


图 11-3-5

- A. 两弹簧振子完全相同
- B. 两弹簧振子所受回复力最大值之比 $F_{甲} : F_{乙} = 2 : 1$
- C. 振子甲速度为零时, 振子乙速度最大
- D. 振子的振动频率之比 $f_{甲} : f_{乙} = 1 : 2$

引导: 观察图像, 从图像上尽可能多地获取信息, 从图像中能比较甲、乙弹簧振子的振幅和周期, 并与物理模型相联系, 通过对图像并结合模型的分析, 选出正确选项。从图像中可以看出, 两弹簧振子周期之比 $T_{甲} : T_{乙} = 2 : 1$, 故频率之比 $f_{甲} : f_{乙} = 1 : 2$, D 选项正确; 弹簧振子周期与振子质量、弹簧劲度系数 k 有关, 周期不同, 说明两弹簧振子不同, A 错误; 由于弹簧的劲度系数 k 不一定相同, 所以两振子所受回复力 ($F = -kx$) 的最大值之比 $F_{甲} : F_{乙}$ 不一定为 $2 : 1$, 所以 B 错误; 对简谐运动进行分析可知, 在振子到达平衡位置时位移为零, 速度最大; 在振子到达最大位移处时, 速度为零。从图像中可以看出, 在振子甲到达最

大位移处时, 振子乙恰好到达平衡位置, 所以 C 正确。

图像法是研究物理问题的常用方法之一, 是用数学手段解决物理问题能力的重要体现。应用图像法分析物理问题时, 一定要注意结合实际的物理模型弄清图像的物理意义, 做到数形结合 (即图像与模型相结合)。

答案: CD



练一练 如图 11-3-6 所示, 质量为 m

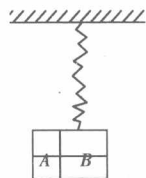


图 11-3-6

的木块 A 和质量为 M 的木块 B 用线捆在一起, B 与竖直悬挂的轻弹簧相连, 它们在竖直方向上一起做简谐运动, 在振动中, 两物体的接触面总处在竖直平面内, 并且两物体始终相对静止, 设弹簧的劲度系数为 k 。

(1) 当它们经过平衡位置时, 求 A、B 间的静摩擦力大小。

(2) 当它们向下离开平衡位置的位移为 x 时, A、B 间的静摩擦力大小为多少?

题型二 简谐运动的能量

例 如图 11-3-7 所示, 一弹簧振子在 A、B 间做简谐运动, 平衡位置为 O, 已知振子的质量为 M , 若振子运动到 B 处时将一质量为 m 的物体放到 M 的上面, 且 m 和 M 无相对运动而一起运动, 下述正确的是 ()

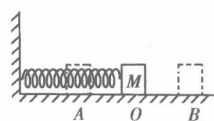


图 11-3-7

- A. 振幅不变
- B. 振幅减小
- C. 最大动能不变
- D. 最大动能减小

引导: 当振子运动到 B 点时, M 的动能为零, 放上 m , 系统的总能量为弹簧所储存的弹性势能 E_p , 由于简谐运动过程中系统的机械能守恒, 即振幅不变, 故 A 正确; 当 M 和 m 运动至平衡位置 O 时, M 和 m 的动能和即为系统的总能量, 此时动能最大, 故最大动能不变, C 正确。在分析简谐运动的能量问题时, 要弄清运动质点的受力情况和力的做功情况, 弄清是什么能之间的相互转化及转化关系等。

答案: AC



练一练 做简谐运动的弹簧振子, 其质量为 m , 最大速度为 v , 则从某时刻算起, 在半个周期的时间内弹力做功为 _____, 动能的改变量为 _____。

思维·误区·警示

对做简谐运动的物体进行受力分析时, 易犯的一个错误就是把回复力当作物体受到的一个力分析进去, 实际上回复力是根据力的作用效果命名的, 它可能是几个力的合力, 也可能是某个力的分力。

迁移应用与探究创新

自练·自查·自评

1. 关于简谐运动的回复力, 下列说法正确的是 ()
 - A. 可以是恒力
 - B. 可以是方向不变而大小变化的力
 - C. 可以是大小不变而方向改变的力

- D. 一定是变力
2. 关于做简谐运动的物体的位移、速度和加速度的关系, 下列说法正确的是 ()
- 位移减小时, 加速度的大小减小
 - 加速度的方向总是与位移的方向相同, 而与速度方向相反
 - 在物体靠近平衡位置运动时, 速度方向与位移方向相反, 且大小都减小
 - 在物体远离平衡位置运动时, 速度方向与位移方向相同, 且大小都增大
3. 弹簧振子在做简谐运动的过程中, 下列说法正确的是 ()
- 在平衡位置时它的机械能最大
 - 在最大位移处时它的弹性势能最大
 - 从平衡位置到最大位移处它的动能减小
 - 从最大位移处到平衡位置处它的机械能减小
4. 卡车在水平路面上行驶, 货物随车厢底板上下振动而不脱离底板, 设货物做简谐运动, 货物对底板的压力最大的时刻是 ()
- 货物通过平衡位置向上时
 - 货物通过平衡位置向下时
 - 货物向上达到最大位移处时
 - 货物向下达到最大位移处时
5. 如图 11-3-8 是做简谐运动的物体的振动图像, 下列说法正确的是 ()

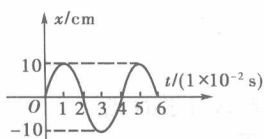


图 11-3-8

- 第 2×10^{-2} s 内物体的位移是 -10 cm
- 物体的振动频率为 25 Hz
- 物体动能变化的周期是 2×10^{-2} s
- 在第 5×10^{-2} s 末, 速度最大, 加速度最大

实践·探究·创新

1. 如图 11-3-9 所示为一弹簧振子, O 为平衡位置, 设向右为正方向. 振子在 B 、 C 之间振动时 ()
- $B \rightarrow O$ 位移为负、速度为正
 - $O \rightarrow C$ 位移为正、加速度为负
 - $C \rightarrow O$ 位移为负、加速度为正
 - $O \rightarrow B$ 位移为负、速度为负
2. 在图 11-3-10 中, 能正确表示质点做简谐运动时所受外力跟位移关系的是 ()

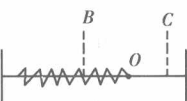


图 11-3-9

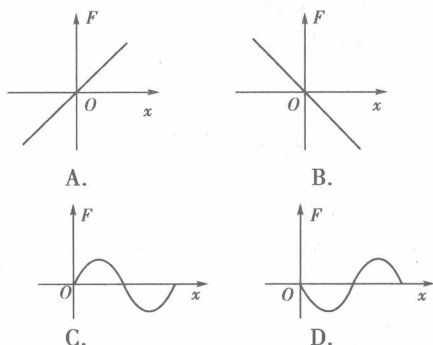


图 11-3-10

3. 上端固定的竖直弹簧下端挂一托盘, 在盘中放一砝码, 使其沿竖直方向振动. 当托盘运动到什么位置时, 砝码对盘的压力最大 ()
- 当托盘运动到最低点时
 - 当托盘运动到最高点时
 - 当托盘向上运动经过平衡位置时
 - 当托盘向下运动经过平衡位置时
4. 物体做简谐运动的过程中, 有两点 A 、 A' 关于平衡位置对称, 则物体 ()
- 在 A 点和 A' 点的位移相同
 - 在两点处的速度可能相同
 - 在两点处的加速度可能相同
 - 在两点处的动能一定相同
5. 一根劲度系数为 k 的轻弹簧, 上端固定, 下端接一质量为 m 的物体, 让其上下振动, 物体偏离平衡位置的最大位移为 A , 当物体运动到最高点时, 其回复力大小为 ()
- $mg + kA$
 - $mg - kA$
 - kA
 - $kA - mg$

6. 如图 11-3-11 所示, 在质量为 M 的无下底的木箱顶部用一轻弹簧悬挂质量均为 m ($M \geq m$) 的 D 、 B 两物体. 箱子放在水平地面上, 平衡后剪断 D 、 B 间的连线, 此后 D 将做简谐运动. 当 D 运动到最高点时, 木箱对地面压力为 ()

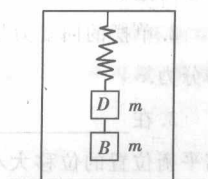


图 11-3-11

- Mg
 - $(M - m)g$
 - $(M + m)g$
 - $(M + 2m)g$
7. 公路上匀速行驶的货车受一扰动, 车上货物随车厢底板上下振动但不脱离底板. 一段时间内货物在竖直方向的振动可视为简谐运动, 周期为 T . 取竖直向上为正方向, 以某时刻作为计时起点, 即 $t = 0$, 其振动图像如图 11-3-12 所示, 则 ()

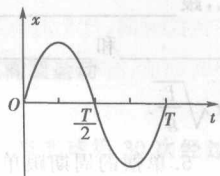


图 11-3-12

- $t = \frac{1}{4}T$ 时, 货物对车厢底板的压力最大
- $t = \frac{1}{2}T$ 时, 货物对车厢底板的压力最小
- $t = \frac{3}{4}T$ 时, 货物对车厢底板的压力最大
- $t = \frac{3}{4}T$ 时, 货物对车厢底板的压力最小

【提高题】

如图 11-3-13 所示, 在一倾角为 θ 的光滑斜板上, 固定着一根原长为 L_0 的轻质弹簧, 弹簧另一端连接着质量为 m 的滑块, 此时弹簧被拉长为 L_1 . 现把滑块沿斜板向上推至弹簧恰好为原长, 然后突然释放. 试证明滑块的运动为简谐运动.

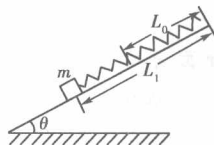


图 11-3-13

自我评价

通过以上的学习,你肯定收获多多,或许也有一些疑惑,你能把它记在下面吗?

第四节 单摆

自主学习与知识构建

自主·预习·思考

1. 细线的上端固定,下端系一个小球,就构成一个单摆,要求细线的_____和_____可以忽略,线长_____小球的直径。

2. 单摆的回复力是摆球的重力沿_____的分力。

3. 在_____很小的情况下,单摆所受的恢复力与偏离平衡位置的位移大小成_____,而方向_____,单摆做简谐运动,单摆简谐运动的图像是_____或_____曲线。

4. 单摆做简谐运动周期 T 跟_____的二次平方根成正比,跟_____的二次平方根成反比,跟_____和_____无关。周期公式为 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ 。

5. 单摆的周期跟单摆的_____无关,这种性质叫做单摆的等时性。

思考:如何理解公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 中的“ g ”?

跟踪训练

如图 11-4-1 所示,一向右做匀加速运动的车厢内挂一小球,细线长为 l 。求小球的振动周期。

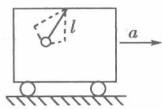


图 11-4-1

精要导学与方法策略

要点·剖析·突破

1. 单摆的回复力

(1) 单摆的回复力是重力沿圆弧切向的分力 $F = mg \sin \theta$ 提供的。(2) 单摆在摆角很小时做简谐运动。

我们在一般条件下研究单摆是不是做简谐运动,最简单的方法是看它的回复力是否满足 $F = -kx$ 的条件。

摆球静止在 O 点时,悬线竖直下垂,摆球所受到的重力 G 与悬线的拉力 F' 平衡。小球受的合力为零,可以保持静止,所以 O 点是单摆的平衡位置。拉开摆球,使它偏离平衡位置,放手后摆球所受的重力与拉力 F' 不再平衡。在这两个力的合力的作用下,摆球沿着以平衡位置 O 为中心的一段圆弧 AA' 做往复运动,这就是单摆的振动。

因为摆球沿圆弧运动,因此可以不考虑沿悬线方向的力,只考虑沿圆弧切线方向的力。当摆球运动到某点 P 时(如图 11-4-2),摆球在圆弧方向上受到的只是重力在这个方向的分力 $F = mg \sin \theta$,这就是它的回复力。

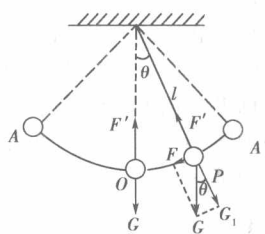


图 11-4-2

在偏角很小时,摆球对于 O 点的位移 x 的大小,与 θ 角所对的弧长、 θ 角所对的弦都近似相等,因而 $\sin \theta \approx \frac{x}{l}$,所以单摆的回复力为 $F = -\frac{mg}{l}x$ 。其中 l 为摆长, x 为摆球偏离平衡位置的位移,负号表示回复力 F 与位移 x 的方向相反。由于 m 、 g 、 l 都有确定的数值,可以用一个常数表示,上式可以写成 $F = -kx$ 。可见,在偏角很小的情况下,摆球所受的回复力与它偏离平衡位置的位移成正比,方向总是指向平衡位置,因此单摆做简谐运动。

2. 单摆的周期公式

(1) 单摆的周期 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 为单摆的固有周期,相应地 $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$ 为单摆的固有频率。即周期与振幅及摆球质量无关,只与摆长 l 及单摆所在地的重力加速度有关。(2) 单摆的周期公式在最大偏角很小时成立(一般不超过 10°)。 (3) 单摆周期公式中的 g 应为单摆所在处的重力加速度, l 应为单摆的摆长。因为实际的单摆摆球不可能是质点,所以摆长是指从悬点到摆球重心的长度。

典题·引导·感悟

题型一 单摆的回复力

例 关于单摆,下列说法中正确的是 ()

- A. 摆球受到的回复力方向总是指向平衡位置
- B. 摆球受到的回复力是它的合力
- C. 摆球经过平衡位置时,所受的合力为零