

(配粤教版)



# 与 普通高中课程

标准实验教科书同步

## 物理

(选修3-4)

## 学习指导

广州市中学物理教研会 编

广州出版社

与普通高中课程标准实验教科书同步

# 物理（选修3-4）学习指导

编者：林任然 全汉炎 陈广文  
许兴武 司开君 李东贤  
李友娥 邓昔溪 李跃建

广州出版社

---

**图书在版编目 (CIP) 数据**

物理学习指导. 高中/林任然等编著. —广州:  
广州出版社, 2006. 2  
ISBN 7-80731-142-8

I. 物... II. 林... III. 物理课—高中—教学参考  
资料 IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 015125 号

---

书 名 物理 (选修 3-4) 学习指导  
出版发行 广州出版社  
(地址: 广州市人民中路同乐路 10 号 邮政编码: 510121)  
责任编辑 李筱敏  
特邀编辑 李元广  
责任校对 李元广  
装帧设计 AA 工作室  
印 刷 广州锦昌印务有限公司  
(地址: 广州市芳村区东沙荷景路 13 号 5 幢 101、203 号 邮政编码: 510385)  
规 格 787 毫米×1092 毫米 1/16  
总 印 张 35  
总 字 数 700 千  
总 印 数 5000 册 (套)  
版 次 2006 年 2 月第 1 版  
印 次 2006 年 2 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 7-80731-142-8/G·56  
定 价 45.50 元 (全七册)

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与承印厂联系调换。

## 编写说明

高中新课程《物理（选修3-4）学习指导》是根据中华人民共和国教育部制订的《普通高中物理课程标准（实验）》要求，按照广州市地区使用的粤教版《普通高中课程标准实验教科书——物理（选修3-4）》的内容体系编写的，供广州市高二年级学生使用。

本书的编写，吸收了广大教师对《物理（必修）学习指导》的使用意见和实践经验，本书按教科书的章节编写，可以配合学习进度使用。每章节的栏目是围绕“引导学生养成良好的学习习惯，学会科学的思考方法，形成自主学习能力”的宗旨设计的。栏目设有“提出问题”、“学会方法”、“例题示范”、“变式讨论”、“自我测评”、“归纳总结”、“思维拓展”、“章末小结”和“达标练习”等。本书可用作课前的预习指引，也可用作课后的复习检测。教师可以根据教学情况指导学生使用。

参加本书研究和编写的有广州市中学物理教研会林任然、全汉炎、陈广文、许兴武、司开君、李东贤、李友娥、邓昔溪、李跃建等骨干教师。

随着对新课程实验的理解不断深入，教学经验的更多积累，我们将继续修订和完善本书的内容，请广大教师和学生提出宝贵的使用意见。在此，我们表示由衷的感谢。

广州市中学物理教研会

## 目 录

|                           |      |                              |      |
|---------------------------|------|------------------------------|------|
| <b>第一章 机械振动</b> .....     | (1)  | <b>达标练习(A卷)</b> .....        | (48) |
| 第一节 初识简谐运动 .....          | (1)  | <b>达标练习(B卷)</b> .....        | (49) |
| 第二节 简谐运动的力和能量特征 .....     | (3)  | <b>第四章 光</b> .....           | (51) |
| 第三节 简谐运动的公式描述 .....       | (6)  | 第一节 光的折射定律 .....             | (51) |
| 第四节 探究单摆的振动周期 .....       | (8)  | 第二节 测定介质的折射率 .....           | (53) |
| 第五节 用单摆测量重力加速度 .....      | (11) | 第三节 认识光的全反射现象 .....          | (56) |
| 第六节 受迫振动 共振 .....         | (13) | 第四节 光的干涉 .....               | (58) |
| 章末小结 .....                | (14) | 第五节 用双缝干涉实验测定光的<br>波长 .....  | (61) |
| <b>达标练习(A卷)</b> .....     | (15) | 第六节 光的衍射和偏振 .....            | (63) |
| <b>达标练习(B卷)</b> .....     | (17) | 第七节 激光 .....                 | (65) |
| <b>第二章 机械波</b> .....      | (19) | 章末小结 .....                   | (67) |
| 第一节 机械波的产生和传播 .....       | (19) | <b>达标练习(A卷)</b> .....        | (67) |
| 第二节 机械波的图像描述 .....        | (21) | <b>达标练习(B卷)</b> .....        | (69) |
| 第三节 惠更斯原理及其应用 .....       | (24) | <b>第五章 相对论</b> .....         | (71) |
| 第四节 波的干涉与衍射 .....         | (26) | 第一节 狭义相对论的基本原理 .....         | (71) |
| 第五节 多普勒效应 .....           | (29) | 第二节 时空相对性 .....              | (73) |
| 章末小结 .....                | (31) | 第三节 质能方程与相对论速度合<br>成原理 ..... | (75) |
| <b>达标练习(A卷)</b> .....     | (32) | 第四节 广义相对论 .....              | (77) |
| <b>达标练习(B卷)</b> .....     | (34) | 第五节 宇宙学简介 .....              | (77) |
| <b>第三章 电磁振荡与电磁波</b> ..... | (36) | 章末小结 .....                   | (78) |
| 第一节 电磁振荡 .....            | (36) | <b>达标练习(A卷)</b> .....        | (79) |
| 第二节 电磁场与电磁波 .....         | (39) | <b>学段达标练习(A卷)</b> .....      | (80) |
| 第三节 电磁波的发射、传播和接收 .....    | (41) | <b>学段达标练习(B卷)</b> .....      | (83) |
| 第四节 电磁波谱 .....            | (43) | <b>参考答案</b> .....            | (86) |
| 第五节 电磁波的应用 .....          | (45) |                              |      |
| 章末小结 .....                | (47) |                              |      |

# 第一章 机械振动

## 第一节 初识简谐运动

### 【提出问题】

提出问题是思考能力发展的第一步，本栏目希望你把学习过程中提出的问题记录下来，形成思考力成长的轨迹。如果你暂时提不出问题，可以把老师、同学在课堂上的提问记录下来，看看别人是怎样提问的，提高自己的提问能力。

### 【学会方法】

1. 和匀速直线运动、匀变速直线运动、抛体运动及圆周运动一样，振动也是物体机械运动的一种形式，它的特点是物体做周而复始的往复运动（称为周期性运动）。

2. 简谐运动是一种最简单、最基本的振动，是理想化模型。理想化是研究物理问题的常用方法，要注意归类学习：如匀速直线运动模型、自由落体模型、质点模型、点电荷模型等都具有主次分明的思想，抓住问题中的主要因素，忽略其次要因素，使复杂的问题简单化。

3. 在探究一个物体运动规律时常采用的方法有：（1）通过物体实际运动轨迹的描绘（利用匀速直线运动模拟时间）；（2）利用数据采集器或频闪照相等取得相应的数据，将数据描绘到坐标中，用数学知识进行分析和归纳。

### 【例题解析】

如图 1-1 所示，弹簧振子在  $BC$  间作简谐运动， $O$  为平衡位置， $BC$  间距离为  $10\text{cm}$ ，从  $B \rightarrow C$  的运动时间是  $1\text{s}$ ，则：

- A. 从  $O \rightarrow C \rightarrow O$  振子作了一次全振动
- B. 振动周期是  $1\text{s}$ ，振幅是  $10\text{cm}$
- C. 经过两次全振动，通过的路程是  $20\text{cm}$
- D. 从  $B$  开始经过  $3\text{s}$ ，振子通过的路程是  $30\text{cm}$

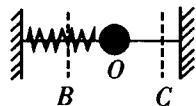


图 1-1

【解析】振子是否完成一次全振动的判断标准是：振子回到原参考位置时，速度状态（大小和方向）是否与原来一致。 $O \rightarrow C \rightarrow O$  过程，振子后来的速度与原速度方向相反，所以不是一次全振动，故 A 错。

振动周期应为振子完成一次全振动的时间，应为  $2\text{s}$ ，故 B 错。

振子完成一次全振动走过的路程应为 4 个振幅，依题意振子振幅为  $5\text{cm}$ ，所以两次全振

动的路程应为  $2 \times 4 \times 5 \text{ cm} = 40 \text{ cm}$ . 所以 C 也错.

由条件“从  $B \rightarrow C$  的运动时间是  $1 \text{ s}$ ”可知振子振动的周期为  $T = 2 \text{ s}$ , 则经过  $3 \text{ s}$  的路程  $l = \frac{t}{T} 4A = \frac{3}{2} \times 4 \times 5 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$ , 所以 D 正确.

### 【自我测评】

1. 简谐运动是一种: ( )  
A. 匀变速运动  
B. 变加速运动  
C. 周期性往复运动  
D. 无规则的机械运动
2. 做简谐振动的物体每次通过同一位置时, 都具有相同的: ( )  
A. 位移  
B. 加速度  
C. 速度  
D. 动能
3. 甲、乙两个弹簧振子, 当甲振动 100 次的同时, 乙振动 50 次, 若它们的周期分别为  $T_1$  和  $T_2$ , 频率分别为  $f_1$  和  $f_2$ , 则: ( )

A.  $\frac{T_1}{T_2} = 2, \frac{f_1}{f_2} = \frac{1}{2}$

B.  $\frac{T_1}{T_2} = 2, \frac{f_1}{f_2} = 2$

C.  $\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{2}, \frac{f_1}{f_2} = \frac{1}{2}$

D.  $\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{2}, \frac{f_1}{f_2} = 2$

4. 如图 1-2 所示, 一弹簧振子在  $B$ 、 $C$  间做简谐振动, 若某时刻振子运动到了  $D$  点且正向左运动, 接着它完成一次全振动经历的完整过程是: ( )

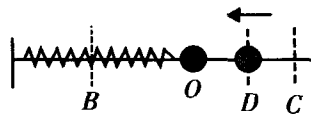


图 1-2

- A.  $D \rightarrow C \rightarrow D$
- B.  $D \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow O \rightarrow B \rightarrow O \rightarrow D$
- C.  $D \rightarrow O \rightarrow B \rightarrow O \rightarrow D$
- D.  $D \rightarrow O \rightarrow B \rightarrow O \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow D$

5. 如图 1-3 所示, 一弹簧振子在竖直方向做简谐振动, 通过一小笔尖在竖直放置且匀速向右移动的纸面上画下了振子的运动轨迹如图所示, 图中时刻振子正在: ( )

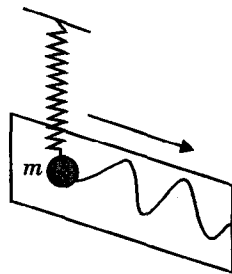


图 1-3

- A. 向右运动
- B. 向上运动
- C. 向下运动
- D. 向左运动

### 【归纳总结】

本栏目要求你用简洁的文字把本节学习的内容提炼出来, 形成概括能力和良好的学习习惯. 同时, 请你与同学讨论交流, 看看总结是否一致.

---



---



---



---

## 【思维拓展】

一水平方向做简谐振动的弹簧振子,  $t=0\text{s}$  时正通过平衡位置向左运动, 频闪照相刚好在此时开拍, 其频闪的时间间隔  $\Delta T = \frac{1}{30}\text{s}$ , 振子振动周期  $T=0.5\text{s}$ , 则频闪照相机拍下第 45 张照片时, 振子正在向什么方向运动?

## 第二节 简谐运动的力和能量特征

## 【提出问题】

## 【学会方法】

1. 一个物体的运动特征总是由其受力特点决定的, 在研究简谐运动中也不例外, 要注意多用牛顿第二定律去思考和分析. 而任何一种运动形式都对应着某种能量形式, 而能量只能转化或转移, 其总能量总是守恒的. 运动的变化往往对应着能量形式的变换, 在研究物体的运动变化时, 要注意多用能量转化和守恒的观点去思考和分析.

2. 把握描述简谐运动特征的各参量间的逻辑关系. 在讨论各参量的变化时, 可将它们分为位移类 (含  $x$ 、 $F$ 、 $a$ 、 $E_p$ ) 和速度类 (含  $v$ 、 $p$ 、 $E_k$ ), 同类的参量变化规律相同, 并且都与位移曲线有对应关系, 所以要善于将参数与图像结合起来.

3. 回复力是一个按力的作用效果来命名的力, 与动力、阻力、下滑力、向心力等一样都是效果力, 它可以由物体所受的某一个力来提供, 也可以由物体所受的某几个力的合力来提供. 在受力分析过程中, 要运用隔离法分析受力, 千万注意不要重复考虑效果力. 如弹簧振子受力如图 1-4 所示, 回复力为  $N$ 、 $G$ 、 $F$  三力的合力.

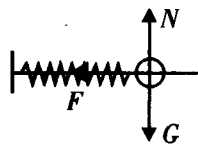


图 1-4

4. 在简谐运动回复力  $F = -kx$  的理解上, 要注意: (1) 负号表示力的方向总是与位移的方向相反, 而不是力的方向总为负向. 如果位移为正向, 则回复力为负向, 如果位移为负向, 则回复力为正向. (2) 关于  $k$  应理解为一个常数, 或数学意义上的正比例系数, 而不能简单地认为它一定为弹簧的劲度系数. 在后面学习单摆模型中将知道  $k = \frac{mg}{l}$ . (3)  $F = -kx$  是判断一个振动是不是简谐运动的充分必要条件. 凡是简谐运动, 沿振动方向的合力必须满足该条件; 反之, 只要沿振动方向的合力满足该条件, 那么该振动一定是简谐运动.

## 【例题解析】

如图1-5所示, 质量为  $m$  的小球放在劲度系数为  $k$  的轻弹簧上, 使小球上下振动而又始终未脱离弹簧. (1) 最大振幅  $A$  是多大? (2) 在这个振幅下弹簧对小球的最大弹力  $F_{\max}$  是多大?

【解析】该振动的回复力是弹簧弹力和重力的合力. 在平衡位置弹力和重力等大反向, 合力为零; 在平衡位置以下, 弹力大于重力,  $F - mg = ma$ , 越往下弹力越大; 在平衡位置以上, 弹力小于重力,  $mg - F = ma$ , 越往上弹力越小. 因此振幅越大, 在最高点处小球所受的弹力越小. 极端情况是在最高点处小球刚好未离开弹簧, 弹力为零, 合力就是重力, 这时弹簧恰好为原长.

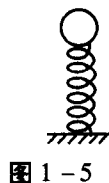


图 1-5

(1) 最大振幅应满足  $kA = mg$ ,  $A = \frac{mg}{k}$

(2) 小球在最高点和最低点所受回复力大小相同, 所以有:  $F_{\max} - mg = mg$   
 $\therefore F_{\max} = 2mg$

## 【自我测评】

1. 关于回复力的说法, 正确的是: ( )

- A. 回复力是指与位移大小成正比的力
- B. 回复力是指物体所受到的合外力
- C. 回复力是从力的作用效果命名的, 可以是弹力, 也可以是重力或摩擦力, 还可以是几个力的合力或某一个力的分力
- D. 回复力的实质是向心力

2. 一弹簧振子在水平面内做简谐振动, 当振子每次经过同一位置时, 不一定相同的物理量是: ( )

- A. 速度
- B. 加速度
- C. 动能
- D. 弹性势能

3. 一个质点做简谐运动, 其位移  $x$  与时间  $t$  的关系曲线如图1-6所示, 在  $t = 4\text{s}$  时, 对质点的运动状况, 下面判断中正确的是: ( )

- A. 速度为正的最大值, 加速度为零
- B. 速度为负的最大值, 加速度为零
- C. 速度为零, 加速度为正的最大值
- D. 速度为零, 加速度为负的最大值

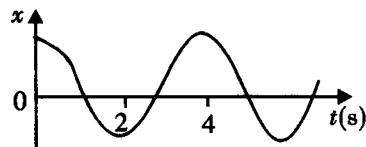


图 1-6

4. 如图1-7所示的简谐运动图象中, 在  $t_1$  和  $t_2$  时刻, 运动质点相同的量为: ( )

- A. 加速度
- B. 位移
- C. 速度
- D. 回复力

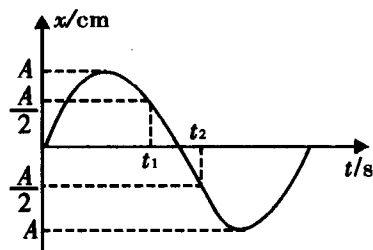


图 1-7

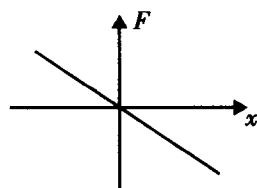


图 1-8

5. 某一质点所受的合外力与位移的关系如图 1-8 所示, 由此可判定质点的运动是 ( )

- A. 匀速直线运动                      B. 匀加速直线运动  
C. 匀减速直线运动                    D. 简谐运动

### 【归纳总结】

### 【思维拓展】

1. 如图 1-9 所示, 一小孩在两光滑的滑梯间绕  $O$  点来回往复地上滑和下滑, 若不考虑小孩在两滑梯对接处相撞时的能量损失, 则

- (1) 小孩在上、下滑动的过程中机械能守恒吗?  
(2) 小孩所做的运动是否为简谐运动?

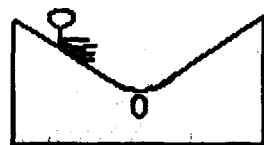


图 1-9

2. 如图 1-10 所示, 一小球沿光滑的正弦凹凸面运动, 则小球的运动轨迹为一条正弦曲线, 所以小球所作的运动为简谐运动. 你觉得这种说法对吗? 为什么?



图 1-10

### 第三节 简谐运动的公式描述

#### 【提出问题】

#### 【学会方法】

1. 简谐运动虽然是机械振动中最简单的运动,但它较之匀速直线运动、匀变速直线运动、抛体运动、匀速圆周运动而言,却要复杂得多.因此,简谐运动也就需要更多的物理量才能描述清晰、完整.学习中要注意弄清各个描述简谐运动的物理量的含义和它对应的物理意义.

2. 简谐运动中,我们不仅关心质点运动的路程、位移、速度、加速度、动能和势能等的具体数值及其变化,而且关心其振动的快慢(即周期、频率),同时还关心其运动的“步调”,即所谓的相位( $\omega t + \varphi$ )( $t$ 时刻的位置情形)、初相 $\varphi$ ( $t=0$ 时的位置情形)、相位差 $\Delta\varphi$ .注意各参量在位移公式(余弦或正弦函数)和振动图象中的呈现,并与振动对应.

3. 角频率 $\omega$ :有时也称为圆频率,它的具体物理意义即做简谐运动物体所对应的“参考圆”中匀速圆周运动的角速度.  $\because \omega = \frac{2\pi}{T}$ , 而  $T = \frac{1}{f}$   $\therefore$  又有  $\omega = 2\pi f$ .

4. 由角频率 $\omega$ 的含义和三角函数关系,可得简谐运动位移公式的多种表述方式:

$$\begin{aligned} x &= A\cos(\omega t + \varphi) = A\cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right) = A\cos(2\pi ft + \varphi) \\ &= A\cos(\omega t + \varphi + 2\pi) = -A\cos(\omega t + \varphi + \pi) = A\sin\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) \end{aligned}$$

由位移公式进一步可推出

$$\text{回复力: } F = -kx = -kA\cos(\omega t + \varphi) = -kA\sin\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\text{简谐运动质点的加速度: } a = \frac{F_{\text{合}}}{m} = -\frac{kx}{m} = -\frac{kA}{m}\cos(\omega t + \varphi)$$

5. 简谐运动的重复性、周期性和对称性与匀速圆周运动具有一致性,“参考圆”的引入是一种重要的数学研究方法.

#### 【例题解析】

已知某水面上的浮萍在竖直方向做简谐运动的位移表达式为:  $x = 0.03\cos(4\pi t + \frac{\pi}{6})\text{m}$  则:

(1) 该浮萍的振幅多大? 初相为多少?

(2) 设水面以上为正方向,  $t=6\text{s}$  时, 浮萍处于什么位置? 此时的相位为多少?

【解析】(1)  $x = 0.03\cos(4\pi t + \frac{\pi}{6})\text{m}$  对比简谐运动的位移公式  $x = A\cos(\omega t + \varphi)$ , 可知

浮萍的振幅  $A = 0.03\text{m}$ , 初相  $\varphi = \frac{\pi}{6}$ .

(2) 将  $t=6\text{s}$  代入浮萍的位移公式有

$$x = 0.03 \cos(4\pi \times 6 + \frac{\pi}{6})$$

$$= 0.03 \cos(24\pi + \frac{\pi}{6}) = 0.03 \cos \frac{\pi}{6} = 0.03 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \text{m} \approx 0.026 \text{m} = 2.6 \text{cm}$$

$\therefore$  此时浮萍处于水面以上距其平衡位置 2.6cm 处.

$$\text{此时其相位 } \omega t + \varphi = 4\pi \times 6 + \frac{\pi}{6} = 24\pi + \frac{\pi}{6} = \frac{145\pi}{6}$$

### 【自我测评】

1. 如图 1-11 所示, 一弹簧振子在水平面上  $BC$  间做简谐振动, 已知  $BC=8\text{cm}$ , 其振动频率  $f=5\text{Hz}$ , 开始 ( $t=0\text{s}$ ) 时, 振子处于平衡位置且正向右运动, 设向左为正方向, 则其位移表达式为: ( )

A.  $x = 0.04 \cos(10\pi t + \frac{\pi}{2})$

B.  $x = 0.08 \cos(10\pi t + \frac{3\pi}{2})$

C.  $x = 0.04 \cos(5\pi t + \frac{\pi}{2})$

D.  $x = 0.08 \cos(5\pi t + \frac{3\pi}{2})$

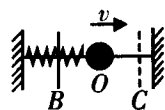


图 1-11

2. 甲物体做简谐运动的  $x-t$  图象如图 1-12 甲所示, 乙物体做匀速圆周运动轨迹情形如图 1-12 乙所示, 其运动的周期与甲的周期相同, 若要使乙物体在  $x$  轴方向的投影随时间的变化与甲的位移随时间的变化相同, 下列说法正确的是: ( )

A. 必须有  $R=A$

B. 乙物体必须从  $A$  点出发

C. 乙物体必须从  $B$  点出发

D. 甲物体到达平衡位置时乙物体一定到达  $C$  点

3. 一简谐振动的位移规律为  $x = 2 \sin 6.28t$ , 则: ( )

A. 其振动的周期为 1s

B. 其初相为  $\frac{\pi}{2}$

C. 经过时间  $t=3.5\text{s}$ , 其走过的路程为 7m

D. 经过时间  $t=3.5\text{s}$ , 其走过的路程为 28m

4. 某弹簧振子的位移规律为  $x = 0.3 \cos(3\pi t + \frac{\pi}{2})$ , 则: ( )

A. 在  $t=0$  时, 其动能最大

B. 在  $t=\frac{1}{3}\text{s}$  时, 其位移为正向最大值

C. 在  $t=3\text{s}$  时, 其弹性势能最大

D. 在  $t=0.3\text{s}$  时, 其位相为  $\frac{7\pi}{5}$

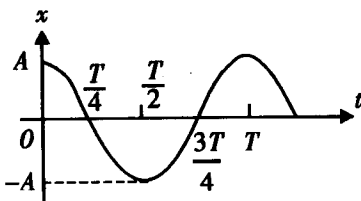


图 1-12 甲

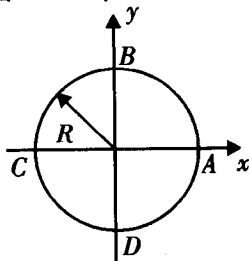


图 1-12 乙

5.  $A$ 、 $B$  两物体做简谐振动的位移公式分别为:  $x_A = 5\cos 2\pi t$ 、 $x_B = 5\sin 2\pi t$ , 则下列说法正确的是: ( )

- A.  $A$ 、 $B$  两物体振动频率相同
- B.  $A$ 、 $B$  两物体恰好反相
- C.  $A$ 、 $B$  两物体的初相均为零
- D.  $A$ 、 $B$  两物体在相等的时间间隔内一定走过相同的路程

### 【归纳总结】

---



---



---



---

### 【思维拓展】

如图 1-13 所示, 边长为 10cm 的正方体木块, 静止平衡在水面上时其浸没在水中的深度为 6cm, 现缓慢将其下压 2cm 之后放手, 让其在竖直平面做简谐运动, 其振动周期为多少? 若选水面以上为正方向, 你能否写出木块的振动方程?

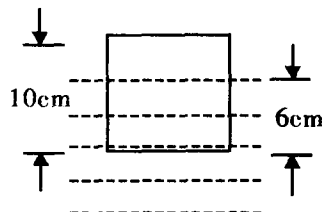


图 1-13

## 第四节 探究单摆的振动周期

### 【提出问题】

---



---



---

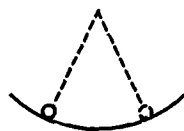


---

### 【学会方法】

1. 单摆振动的回复力是重力的切向分力, 不能说成是重力和拉力的合力. 例如在平衡位置, 摆球所受回复力为零, 但合力是向心力, 指向悬点, 不为零.

2. 当单摆的摆角很小时 (小于  $5^\circ$ ) 时, 单摆的周期  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ , 与摆球质量  $m$ 、振幅  $A$  都无关. 其中  $l$  为摆长, 表示从悬点到摆球质心的距离, 要区分摆长和摆线长.



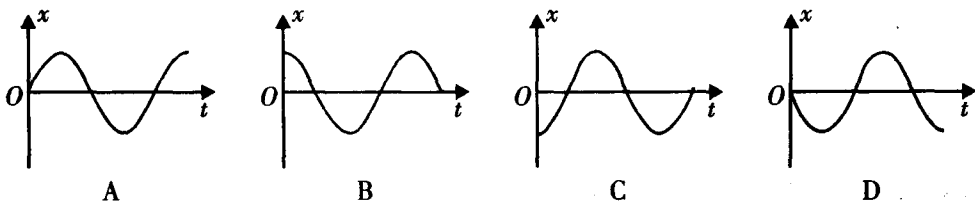
3. 小球在光滑圆弧上的往复滚动, 只要滚动对应的圆心角足够小, 就可看作单摆. 这时周期公式中的  $l$  应该是圆弧半径  $R$  和小球半径  $r$  的差.

4. 摆钟问题. 单摆的一个重要应用就是利用单摆振动的等时性制成摆钟. 在计算摆钟类的问题时, 利用以下方法比较简单: 在一定时间内, 摆钟走过的格子数  $n$  与频率  $f$  成正比 ( $n$  可以是分钟数, 也可以是秒数、小时数……), 再由频率公式可以得到:

$$n \propto f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}} \propto \frac{1}{\sqrt{l}}$$

### 【例题解析】

摆长为  $L$  的单摆做简谐振动, 若从某时刻开始计时 (取作  $t=0$ ), 当振动至  $t = \frac{3\pi}{2} \sqrt{\frac{L}{g}}$  时, 摆球具有负向最大速度, 则单摆的振动图象是图中的 ( )



【解析】单摆的周期  $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ , 从  $t=0$  到  $t = \frac{3\pi}{2} \sqrt{\frac{L}{g}}$ , 这段时间为  $\frac{3}{4}T$ , 已知  $t = \frac{3}{4}T$  摆

球具有负向最大速度, 说明摆球在平衡位置, 在给出的四个图象中,  $t = \frac{3}{4}T$  时具有最大速度的有 B、C 两图, 而具有负向最大速度的只有 C. 所以选项 C 正确.

### 【自我测评】

1. 关于单摆, 下面说法正确的是: ( )

- A. 摆球运动的回复力是由摆线的拉力和重力的合力提供的
- B. 摆球运动过程中, 经过同一点的速度是不变的
- C. 摆球运动过程中加速度方向始终指向平衡位置
- D. 摆球经过平衡位置时, 加速度不为零

2. 向右运动的车厢顶上悬挂着两单摆  $M$  与  $N$ , 它们只能在如图 1-14 所示的平面内摆动. 某一瞬间出现如图 1-14 所示情景, 由此可知车厢的运动及两单摆相对车厢的运动的可能情况是: ( )

- A. 车厢做匀速直线运动,  $M$  在摆动,  $N$  静止
- B. 车厢做匀速直线运动,  $M$  在摆动,  $N$  也在摆动
- C. 车厢做匀速直线运动,  $M$  静止,  $N$  在摆动
- D. 车厢做匀加速直线运动,  $M$  静止,  $N$  也静止

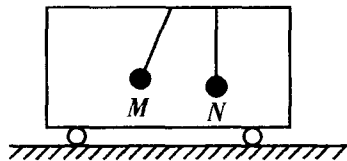


图 1-14

3. 下列情况下, 哪些会使单摆周期变大: ( )

- A. 用一装砂的轻质漏斗做成单摆, 在摆动过程中, 砂从漏斗中慢慢漏出
- B. 将摆的振幅增大
- C. 将摆放在竖直向下的电场中, 且让摆球带负电
- D. 将摆从北极移到赤道上

4. 已知在单摆  $a$  完成 10 次全振动的时间内, 单摆  $b$  完成 6 次全振动, 两摆长之差为 1.6m. 则两单摆摆长  $L_a$  与  $L_b$  分别为( )

- A.  $L_a = 2.5\text{m}$ ,  $L_b = 0.9\text{m}$       B.  $L_a = 0.9\text{m}$ ,  $L_b = 2.5\text{m}$   
C.  $L_a = 2.4\text{m}$ ,  $L_b = 4.0\text{m}$       D.  $L_a = 4.0\text{m}$ ,  $L_b = 2.4\text{m}$

5. 甲、乙两个单摆的振动图线如图 1-15 所示. 根据振动图线可以断定: ( )

- A. 甲、乙两单摆摆长之比是 4:9  
B. 甲、乙两单摆振动的频率之比是 2:3  
C. 甲摆的振动能量大于乙摆的振动能量  
D. 乙摆的振动能量大于甲摆的振动能量

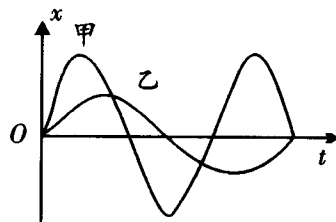


图 1-15

### 【归纳总结】

### 【思维拓展】

1. 如图 1-16 所示, 已知单摆摆长为  $L$ , 悬点正下方  $\frac{3}{4}L$  处有一个钉子. 让摆球做小角度摆动, 其周期将是多大?



图 1-16

2. 如图 1-17 所示, 在竖直平面内有一段光滑圆轨道  $MN$ , 设圆半径为  $R$ , 它所对应的圆心角小于  $10^\circ$ ,  $P$  点是  $MN$  的中点, 也是圆弧的最低点. 在  $N$ 、 $P$  之间的点  $Q$  和  $P$  之间搭一光滑斜面, 将一小滑块 (可视为质点) 分别从  $Q$  点和  $M$  点由静止开始释放, 则两次运动到  $P$  点所需的时间分别为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_.

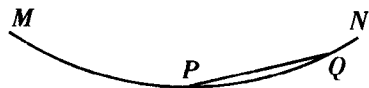


图 1-17

## 第五节 用单摆测量重力加速度

### 【提出问题】

### 【学会方法】

1. 用单摆测重力加速度是一种间接的测量方法, 由单摆周期公式  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ , 变式后可得到重力加速度  $g$  的计算式:  $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$ , 式中  $l$  和  $T$  为实测量.

2. 注意  $l$  的测量方法: 是从悬点到球心之间的距离. 实验时要先悬挂好单摆后再进行测量. 测量分两步: ①测量摆线的长度  $l_1$ , ②测量摆球的直径  $d$ . 摆长  $l = l_1 + \frac{d}{2}$ .

3. 注意  $T$  的测量方法: 由于  $g$  的计算式中  $T$  有平方, 所以对  $T$  的测量要求较高. 我们通常是通过测量单摆振动的  $n$  (30—60) 个周期的总时间后取平均, 以减小实验误差.

4. 要保证单摆做简谐运动, 实验时还必须做到以下几点: ①单摆的摆角要控制在  $5^\circ$  范围之内. 若单摆的摆长为 1m, 那么摆球的振幅可在 8.67cm 范围内. ②必须让单摆在同一竖直平面内振动, 而不要让其做圆锥摆动.

### 【例题解析】

某同学用单摆做测量重力加速度的实验, 他将摆挂起后, 进行了如下步骤:

A. 测摆长  $L$ : 用米尺量出摆线的长度

B. 测周期  $T$ : 将摆球拉起, 然后放开, 在摆球通过最低点时, 按下秒表开始计时, 同时将此次通过最低点作为第一次, 接着一直数到第 60 次通过最低点时, 按秒表停止计时, 读出这段时间, 算出单摆周期  $T = t/60$

C. 将测得的  $L$  和  $T$  值代入单摆的周期公式  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$  中算出  $g$ , 即为实验结果

请指出上述报告中遗漏或错误的地方, 并加以改正.

【解析】单摆摆长应指悬点到球心的距离, 所以 A 步骤中还要用游标卡尺测摆球的直径  $d$ , 摆长  $L$  等于摆线长加  $\frac{d}{2}$ ;

在测量单摆的周期时, 我们通常是通过测量  $n$  个周期的总时间后取平均值, 以减小实验的误差. 计数时一般采用倒数法, 即以单摆通过最低点为最初的计数点, 数 -3、-2、-1、0、1、2、3、……, 摆球每经过一次最低点计数一次, 当数到 0 时将秒表按下开始计时, 数到  $N$  时按停秒表计时结束, 此时单摆完成的全振动次数为  $n = \frac{N}{2}$ , 周期  $T = \frac{t}{N} = \frac{2t}{N}$ ,

题中 B 步骤是从数 1 时开始计时, 因此周期数应为  $\frac{60-1}{2} = 29.5$  次.  $\therefore$  B 中应为  $T = \frac{t}{29.5}$

C 步骤中应变更摆长, 重复做几次实验, 计算出每次实验的重力加速度, 把它们的平均值  $\bar{g} = \frac{1}{n} (g_1 + g_2 + \cdots + g_n)$  作为最终结果. 或将多次实验数据描入到  $l - T^2$  坐标中画出图线, 由图象求得斜率  $k = \frac{\Delta l}{\Delta T^2}$ , 则  $g = 4\pi^2 k$ .

### 【自我测评】

- 利用单摆测定重力加速度时, 下列哪种情况会导致测量值偏大: ( )
  - 摆球质量过大
  - 摆线太长
  - 摆角太小
  - 以摆线长和小球直径之和当作摆长
- 如果用单摆测重力加速度时所测得的  $g$  值比当地的标准值偏小, 究其原因有多种可能, 请写出三种① \_\_\_\_\_  
② \_\_\_\_\_  
③ \_\_\_\_\_
- 在用单摆测定重力加速度的实验中, 应选用下列的哪些器材为好? ( )
  - 1m 长细线, B. 1m 长粗线, C. 10cm 长细线, D. 泡沫塑料小球, E. 小铁球, F. 1/10 秒刻度秒表, G. 时钟, H. 厘米刻度米尺, I. 毫米刻度米尺.
- 一单摆在山脚下时, 在一定时间内振动了  $N$  次, 将此单摆移至山顶上时, 在相同时间内振动了  $(N-1)$  次, 则此山高度约为地球半径的多少倍?
- 某同学在实验中, 测得摆线长为 1.010m, 摆球直径为 2.00cm, 全振动 50 次所用时间为 101.5s, 则由此得重力加速度  $g =$  \_\_\_\_\_.

### 【归纳总结】

---



---



---



---

### 【拓展思维】

给你一块形状不规则的小石子、一根长度约为 1m 的细线和一把毫米刻度尺, 你能否测出当地重力加速度? 请写出你的实验方法及步骤, 要求尽量减小实验误差.