

## 第十二章 {eq \b{lc}\rc\ (\a{vs4\al{col(,,,,,,))}} 波与相对论[选修 3—4]

### [备考指南]

考 点	内 容	要求	考 点	内 容	要求
一、机械振动	简谐运动	I	四、光的波动性电磁波 相对论	光的干涉、衍射和偏振现象	I
	简谐运动的公式和图像	II		变化的磁场产生电场、变化的电场产生磁场、电磁波及其传播	I
	单摆、单摆的周期公式	I		电磁波的产生、发射和接收	I
	受迫振动和共振	I		电磁波谱	I
二、机械波	机械波	I		狭义相对论的基本假设	I
	横波和纵波	I		质速关系、质能关系	I
	横波的图像	II	实验十四	相对论质能关系式	I
	波速、波长和频率(周期)的关系	II		探究单摆的运动、用单摆测定重力加速度	
	波的干涉和衍射现象	I		测定玻璃的折射率	
	多普勒效应	I	实验十六	用双缝干涉测光的波长	
三、光的折射 全反射	光的折射定律	II			
	折射率	I			
	全反射、光导纤维	I			
把握考情	<p><b>找规律：</b>从近几年的高考试题来看，对本章内容主要考查简谐运动的图像、波动图像以及波的传播规律等；另外对光学知识的考查主要以折射定律、全反射等知识为主。</p> <p><b>明热点：</b>预计在 2016 年高考中，对本部分内容的考查仍将以图像为主，考查振动和波动问题；并以光的折射和全反射为重点考查光学知识。</p>				

### 第 1 节{INCLUDEPICTURE"节.tif"}机械振动

#### 1

#### 课前基础·简要回顾

宏观整合

微观提醒

回顾旧知短平快

{INCLUDEPICTURE"宏观.tif"}

{INCLUDEPICTURE"121.TIF"}

{INCLUDEPICTURE"微观.tif"}

(1)简谐运动是匀变速运动。(×)

(2)周期、频率是表征物体做简谐运动快慢程度的物理量。(√)

- (3)振幅等于振子运动轨迹的长度。(×)
- (4)简谐运动的回复力可以是恒力。(×)
- (5)弹簧振子每次经过平衡位置时,位移为零、动能最大。(√)
- (6)单摆在任何情况下的运动都是简谐运动。(×)
- (7)物体做受迫振动时,其振动频率与固有频率无关。(√)
- (8)简谐运动的图像描述的是振动质点的轨迹。(×)



## 课堂释疑·一站突破

宜简则简

宜繁则繁

不同要点不同编排

### 要点一 简谐运动{INCLUDEPICTURE"师生共研型.tif"}

#### 1. 动力学特征

$F = -kx$ , “-”表示回复力的方向与位移方向相反, $k$ 是比例系数,不一定是弹簧的劲度系数。

#### 2. 运动学特征

简谐运动的加速度与物体偏离平衡位置的位移成正比而方向相反,为变加速运动,远离平衡位置时, $x$ 、 $F$ 、 $a$ 、 $E_p$ 均增大, $v$ 、 $E_k$ 均减小,靠近平衡位置时则相反。

#### 3. 运动的周期性特征

相隔 $T$ 或 $nT$ 的两个时刻振子处于同一位置且振动状态相同。

#### 4. 对称性特征

(1)相隔 $\{eq \f(T,2)\}$ 或 $\{eq \f((2n+1)T,2)\}$ ( $n$ 为正整数)的两个时刻,振子位置关于平衡位置对称,位移、速度、加速度大小相等,方向相反。

(2)如图 12-1-1 所示,振子经过关于平衡位置 $O$ 对称的两点 $P$ 、 $P'$  ( $OP=OP'$ )时,速度的大小、动能、势能相等,相对于平衡位置的位移大小相等。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-1.TIF"}

图 12-1-1

(3)振子由 $P$ 到 $O$ 所用时间等于由 $O$ 到 $P'$ 所用时间,即 $t_{PO}=t_{OP'}$

(4)振子往复过程中通过同一段路程(如 $OP$ 段)所用时间相等,即 $t_{OP}=t_{PO}$ 。

#### 5. 能量特征

振动的能量包括动能 $E_k$ 和势能 $E_p$ ,简谐运动过程中,系统动能与势能相互转化,系统的机械能守恒。

**[典例 1]** (2014·浙江高考)一位游客在千岛湖边欲乘坐游船,当日风浪较大,游船上下浮动。可把游船浮动简化成竖直方向的简谐运动,振幅为 20 cm,周期为 3.0 s。当船上升到最高点时,甲板刚好与码头地面平齐。地面与甲板的高度差不超过 10 cm 时,游客能舒服地登船。在一个周期内,游客能舒服登船的时间是( )

A. 0.5 s

B. 0.75 s

C. 1.0 s

D. 1.5 s

[解析] 由于振幅  $A$  为 20 cm, 振动方程为  $y=A \sin \omega t$  (从游船位于平衡位置时开始计时,  $\omega=\frac{2\pi}{T}$ ), 由于高度差不超过 10 cm 时, 游客能舒服登船, 代入数据可知, 在一个振动周期内, 临界时刻为  $t_1=\frac{T}{12}$ ,  $t_2=\frac{5T}{12}$ , 所以在一个周期内能舒服登船的时间为  $\Delta t=t_2-t_1=\frac{T}{3}=1.0$  s, 选项 C 正确。

[答案] C

[典例 2] (多选)一简谐振子沿  $x$  轴振动, 平衡位置在坐标原点。  $t=0$  时刻振子的位移  $x=-0.1$  m;  $t=\frac{4}{3}$  s 时刻  $x=0.1$  m;  $t=4$  s 时刻  $x=0.1$  m。该振子的振幅和周期可能为( )

A. 0.1 m,  $\frac{8}{3}$  s

B. 0.1 m, 8 s

C. 0.2 m,  $\frac{8}{3}$  s

D. 0.2 m, 8 s

[思路点拨]

(1)题目中所对应的情况有几种可能?

提示: 由题目所给条件可知有两种可能。

①开始速度指向平衡位置。

②开始速度背离平衡位置。

(2)请作出示意图, 并在图中找出对应几个时刻的振子位置。

提示:

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-2.TIF"}

[解析] 若振子的振幅为 0.1 m,  $\frac{4}{3}(s)=(n+\frac{1}{2})T$ , 则周期最大值为  $\frac{8}{3}$  s, A 项正确, B 项错; 若振子的振幅为 0.2 m, 由简谐运动的对称性可知, 当振子由  $x=-0.1$  m 处运动到负向最大位移处再反向运动到  $x=0.1$  m 处, 再经  $n$  个周期时所用时间为  $\frac{4}{3}$  s, 则  $(\frac{1}{2}+n)T=\frac{4}{3}(s)$ , 所以周期的最大值为  $\frac{8}{3}$  s, 且  $t=4$  s 时刻  $x=0.1$  m, 故 C 项正确; 当振子由  $x=-0.1$  m 经平衡位置运动到  $x=0.1$  m 处, 再经  $n$  个周期时所用时间为  $\frac{4}{3}$  s, 则  $(\frac{1}{6}+n)T=\frac{4}{3}(s)$ , 所以此时周期的最大值为 8 s, 且  $t=4$  s 时,  $x=0.1$  m, 故 D 项正确。

[答案] ACD

[规律总结]

### 分析简谐运动的技巧

(1)分析简谐运动中各物理量的变化情况时, 一定要以位移为桥梁, 位移增大时, 振动质点的回复力、加速度、势能均增大, 速度、动能均减小; 反之, 则产生相反的变化。另外,

各矢量均在其值为零时改变方向。

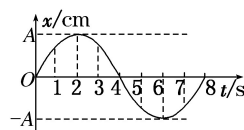
(2)分析过程中要特别注意简谐运动的周期性和对称性。

### [针对训练]

1. (多选)某质点做简谐运动,其位移随时间变化的关系式为  $x=A\sin\{\frac{\pi}{4}\}t$ , 则质点( )

- A. 第1 s末与第3 s末的位移相同
- B. 第1 s末与第3 s末的速度相同
- C. 第3 s末至第5 s末的位移方向都相同
- D. 第3 s末至第5 s末的速度方向都相同

解析: 选 AD ①由关系式可知  $\omega=\frac{\pi}{4}\text{rad/s}$ ,  $T=\frac{2\pi}{\omega}=8\text{ s}$ , 将  $t=1\text{ s}$  和  $t=3\text{ s}$  代入关系式中求得两时刻位移相同, A 对;



②作出质点的振动图像,由图像可以看出,第1 s末和第3 s末的速度方向不同, B 错;  
③由图像可知,第3 s末至第4 s末质点的位移方向与第4 s末至第5 s末质点的位移方向相反,而速度的方向相同,故 C 错、D 对。

2. (2014·重庆高考)一竖直悬挂的弹簧振子,下端装有一记录笔,在竖直面内放置有一记录纸。当振子上下振动时,以速率  $v$  水平向左匀速拉动记录纸,记录笔在纸上留下如图 12-1-2 所示的图像。 $y_1$ 、 $y_2$ 、 $x_0$ 、 $2x_0$  为纸上印迹的位置坐标。由此图求振动的周期和振幅。

{INCLUDEPICTURE"14LZCQ14.TIF"}

图 12-1-2

解析: 由图像可知,振子在一个周期内沿  $x$  方向的位移为  $2x_0$ , 水平速度为  $v$ , 故周期  $T=\frac{2x_0}{v}$ ; 又由图像知  $2A=y_1-y_2$ , 故振幅  $A=\frac{y_1-y_2}{2}$ 。

答案: 周期为  $\frac{2x_0}{v}$

振幅为  $\frac{y_1-y_2}{2}$

### 要点二 简谐运动的图像{INCLUDEPICTURE"师生共研型.tif"}

#### 1. 对简谐运动图像的认识

(1)简谐运动的图像是一条正弦或余弦曲线,如图 12-1-3 所示。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-4.TIF"}

图 12-1-3

(2)图像反映的是位移随时间的变化规律,随时间的增加而延伸,图像不代表质点运动的轨迹。

#### 2. 图像信息

(1)由图像可以得出质点做简谐运动的振幅、周期和频率。

(2)可以确定某时刻质点离开平衡位置的位移。

(3)可以确定某时刻质点回复力、加速度的方向：因回复力总是指向平衡位置，故回复力和加速度在图像上总是指向  $t$  轴。

(4)确定某时刻质点速度的方向：速度的方向可以通过下一时刻位移的变化来判定，下一时刻位移如增加，振动质点的速度方向就是远离  $t$  轴，下一时刻位移如减小，振动质点的速度方向就是指向  $t$  轴。

(5)比较不同时刻回复力、加速度的大小。

(6)比较不同时刻质点的动能、势能的大小。

**[典例]** (2012·北京高考)一个弹簧振子沿  $x$  轴做简谐运动，取平衡位置  $O$  为  $x$  轴坐标原点。从某时刻开始计时，经过四分之一周期，振子具有沿  $x$  轴正方向的最大加速度。能正确反映振子位移  $x$  与时间  $t$  关系的图像是( )

{INCLUDEPICTURE"15WR12-8.TIF"}

图 12-1-4

**[思路点拨]**

(1)具有沿  $x$  轴正方向最大加速度的位置？

提示：振子在负的最大位移处。

(2)具有沿  $x$  轴负方向的最大加速度的位置？

提示：振子在正的最大位移处。

(3)从平衡位置到最大位移处所用时间最少为多少？

提示： $\frac{1}{4}T$  周期。

**[解析]** 弹簧振子做简谐运动，由回复力公式  $F = -kx$ ，结合牛顿第二定律  $F = ma$  可知，经四分之一的周期有沿  $x$  轴正方向的最大加速度，则其位移为负的最大值。 $t=0$  时刻振子应该自平衡位置向  $x$  轴负向运动，故选项 A 正确。

**[答案]** A

**[针对训练]**

1. 一质点做简谐运动的图像如图 12-1-5 所示，下列说法正确的是( )

{INCLUDEPICTURE"15W13-4-6.TIF"}

图 12-1-5

A. 质点振动频率是 4 Hz

B. 在 10 s 内质点经过的路程是 20 cm

C. 第 4 s 末质点的速度为零

D. 在  $t=1$  s 和  $t=3$  s 两时刻，质点位移大小相等，方向相同

**解析：**选 B 由振动图像可知，质点振动的周期是 4 s，频率为 0.25 Hz，故 A 错误；振幅为 2 cm。一个周期质点经过的路程为 4A，10 s 为 2.5 个周期，经过的路程为  $2.5 \times 4A = 10A$

=20 cm，B 正确；4 s 末质点在平衡位置，速度最大，故 C 错误；在  $t=1\text{ s}$  和  $t=3\text{ s}$  两时刻，质点分别在正最大位移和负最大位移，大小相等、方向相反，故 D 错误。

2. 一质点做简谐运动，其位移和时间的关系如图 12-1-6 所示。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-7.TIF"}

图 12-1-6

(1)求  $t=0.25\times 10^{-2}\text{ s}$  时的位移；

(2)在  $t=1.5\times 10^{-2}\text{ s}$  到  $t=2\times 10^{-2}\text{ s}$  的振动过程中，质点的位移、回复力、速度、动能、势能如何变化？

(3)在  $t=0$  到  $t=8.5\times 10^{-2}\text{ s}$  时间内，质点的路程、位移各多大？

解析：(1)由题图可知  $A=2\text{ cm}$ ， $T=2\times 10^{-2}\text{ s}$ ，振动方程为  $x=A\sin\{\text{eq}\backslash\text{lc}\(\text{rc}\)\(\a\vs4\al\co1(\omega t-\f(\pi,2))\)\}\}=-A\cos\omega t=-2\cos\{\text{eq}\backslash\text{f}(2\pi,2\times 10^{-2})\}t\text{ cm}=-2\cos 100\pi t\text{ cm}$

当  $t=0.25\times 10^{-2}\text{ s}$  时， $x=-2\cos\{\text{eq}\backslash\text{f}(\pi,4)\}\text{ cm}=-\{\text{eq}\backslash\text{r}(2)\}\text{ cm}$ 。

(2)由题图可知在  $1.5\times 10^{-2}\text{ s}\sim 2\times 10^{-2}\text{ s}$  的振动过程中，质点的位移变大，回复力变大，速度变小，动能变小，势能变大。

(3)从  $t=0$  至  $t=8.5\times 10^{-2}\text{ s}$  时间内经历 $\{\text{eq}\backslash\text{f}(17,4)\}$ 个周期，质点的路程为  $s=17A=34\text{ cm}$ ，位移为  $2\text{ cm}$ 。

答案： (1) $-\{\text{eq}\backslash\text{r}(2)\}\text{ cm}$  (2)变大 变大 变小 变小 变大

(3)34 cm 2 cm

要点三 受迫振动和共振{INCLUDEPICTURE"自主悟透型.tif"}

1. 自由振动、受迫振动和共振的关系比较

振动项目	自由振动	受迫振动	共振
受力情况	仅受回复力	受驱动力作用	受驱动力作用
振动周期或频率	由系统本身性质决定，即固有周期 $T_0$ 或固有频率 $f_0$	由驱动力的周期或频率决定，即 $T=T_{\text{驱}}$ 或 $f=f_{\text{驱}}$	$T_{\text{驱}}=T_0$ 或 $f_{\text{驱}}=f_0$
振动能量	振动物体的机械能不变	由产生驱动力的物体提供	振动物体获得的能量最大
常见例子	弹簧振子或单摆( $\theta\leq 5^\circ$ )	机械工作时底座发生的振动	共振筛、声音的共鸣等

2. 对共振的理解

(1)共振曲线：如图 12-1-7 所示，横坐标为驱动力频率  $f$ ，纵坐标为振幅  $A$ 。它直观地反映了驱动力频率对某固有频率为  $f_0$  的振动系统受迫振动振幅的影响，由图可知， $f$  与  $f_0$  越接







4. 有一个在  $y$  方向上做简谐运动的物体，其振动图像如图 3 所示。下列关于图 4 中(1)~(4)的判断正确的是( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-15.TIF"}

图 3

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-16.TIF"}

图 4

- A. 图(1)可作为该物体的速度—时间图像
- B. 图(2)可作为该物体的回复力—时间图像
- C. 图(3)可作为该物体的回复力—时间图像
- D. 图(4)可作为该物体的加速度—时间图像

解析：选 C 因为  $F = -kx$ ,  $a = -\frac{F}{m} = -\frac{k}{m}x$ , 故图(3)可作为  $F-t$ 、 $a-t$  图像；而  $v$  随  $x$  增大而减小，故  $v-t$  图像应为图(2)。

5.(多选)弹簧振子做简谐运动的图像如图 5 所示，下列说法正确的是( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-17.TIF"}

图 5

- A. 在第 5 秒末，振子的速度最大且沿  $+x$  方向
- B. 在第 5 秒末，振子的位移最大且沿  $+x$  方向
- C. 在第 5 秒末，振子的加速度最大且沿  $-x$  方向
- D. 在 0 到 5 秒内，振子通过的路程为 10 cm

解析：选 BCD 由题图可知第 5 秒末，振子处于正的最大位移处，此时有负方向的最大加速度，速度为零，故 B、C 正确，A 错误；在 0 到 5 s 内，振子经过  $\frac{5}{4}$  个全振动，路程为  $5A = 10$  cm，故 D 正确。

6.图 6 为一弹簧振子的振动图像，由此可知( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-18.TIF"}

图 6

- 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

解析：选 B 从题中图像的横坐标和纵坐标可知此图是振动图像，它所描述的是一个质点在不同时刻的位置， $t_2$  和  $t_4$  是在平衡位置处， $t_1$  和  $t_3$  是在最大位移处，根据弹簧振子振动的特征，弹簧振子在平衡位置时的速度最大，加速度为零，即弹性力为零；在最大位移处，速度为零，加速度最大，即弹性力为最大，所以 B 正确。

7.如图 7 所示是弹簧振子的振动图像，由此图像可得，该弹簧振子做简谐运动的公式是

( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-19.TIF"}

图 7

- A.  $x=2\sin(2.5\pi t+\frac{\pi}{2})$
- B.  $x=2\sin(2.5\pi t-\frac{\pi}{2})$
- C.  $x=\frac{1}{2}\sin(2.5\pi t-\frac{\pi}{2})$
- D.  $x=2\sin 2.5\pi t$

解析：选 D 由图像可知： $A=2\text{ cm}$ ， $\omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{2\pi}{0.8}=2.5\pi$ ， $\varphi=0$ 。

所以  $x=2\sin 2.5\pi t$ ，D 正确。

8. 劲度系数为  $20\text{ N/cm}$  的弹簧振子，它的振动图像如图 8 所示，则( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-20.TIF"}

图 8

- A. 在图中 A 点对应的时刻，振子所受的弹力大小为  $0.5\text{ N}$ ，方向指向  $x$  轴的负方向
- B. 在图中 A 点对应的时刻，振子的速度方向指向  $x$  轴的正方向
- C. 在  $0\sim 4\text{ s}$  内振子做了  $1.75$  次全振动
- D. 在  $0\sim 4\text{ s}$  内振子通过的路程为  $0.35\text{ cm}$ ，位移为  $0$

解析：选 B 由题图可知 A 在  $t$  轴上方，位移  $x=0.25\text{ cm}$ ，所以弹力  $F=-kx=-5\text{ N}$ ，即弹力大小为  $5\text{ N}$ ，方向指向  $x$  轴的负方向，选项 A 错误。由题图可知此时振子的速度方向指向  $x$  轴的正方向，选项 B 正确。由题图可看出， $t=0$ 、 $t=4\text{ s}$  时刻振子的位移都是最大，且都在  $t$  轴的上方，在  $0\sim 4\text{ s}$  内振子完成两次全振动，选项 C 错误。由于  $t=0$  时刻和  $t=4\text{ s}$  时刻振子都在最大位移处，所以在  $0\sim 4\text{ s}$  内振子的位移为零，又由于振幅为  $0.5\text{ cm}$ ，在  $0\sim 4\text{ s}$  内振子完成了  $2$  次全振动，所以在这段时间内振子通过的路程为  $2\times 4\times 0.5\text{ cm}=4\text{ cm}$ ，故选项 D 错误。

9. 如图 9 甲所示，弹簧振子以  $O$  点为平衡位置，在  $A$ 、 $B$  两点之间做简谐运动。取向右为正方向，振子的位移  $x$  随时间  $t$  的变化如图乙所示，下列说法正确的是( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-21.TIF"}

图 9

- A.  $t=0.8\text{ s}$  时，振子的速度方向向左
- B.  $t=0.2\text{ s}$  时，振子在  $O$  点右侧  $6\text{ cm}$  处
- C.  $t=0.4\text{ s}$  和  $t=1.2\text{ s}$  时，振子的加速度完全相同
- D.  $t=0.4\text{ s}$  到  $t=0.8\text{ s}$  的时间内，振子的速度逐渐减小

解析：选 A 从  $t=0.8\text{ s}$  时起，再过一段微小时间，振子的位移为负值，因为取向右为正方向，故  $t=0.8\text{ s}$  时，速度方向向左，A 正确；由题中图像得振子的位移  $x=12\sin \frac{5\pi}{4}t$

cm, 故  $t=0.2\text{ s}$  时,  $x=6\sqrt{2}\text{ cm}$ , 故 B 错误;  $t=0.4\text{ s}$  和  $t=1.2\text{ s}$  时, 振子的位移方向相反, 由  $a=-kx/m$  知, 加速度方向相反, C 错误;  $t=0.4\text{ s}$  到  $t=0.8\text{ s}$  的时间内, 振子的位移逐渐变小, 故振子逐渐靠近平衡位置, 其速度逐渐变大, 故 D 错误。

### 对点训练: 受迫振动、共振

10. (2015·银川模拟)在飞机的发展史中有一个阶段, 飞机上天后不久, 飞机的机翼很快就抖动起来, 而且越抖越厉害, 后来人们经过了艰苦的探索, 利用在飞机机翼前缘处装置一个配重杆的方法, 解决了这一问题。在飞机机翼前装置配重杆的主要目的是( )

- A. 加大飞机的惯性                      B. 使机体更加平衡  
C. 使机翼更加牢固                      D. 改变机翼的固有频率

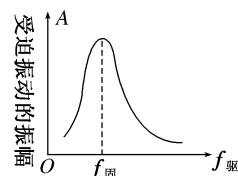
解析: 选 D 当驱动力的频率与物体的固有频率相等时, 振幅较大, 因此要减弱机翼的振动, 必须改变机翼的固有频率, 选 D。

11. 下表记录了某受迫振动的振幅随驱动力频率变化的关系, 若该振动系统的固有频率为  $f_{\text{固}}$ , 则( )

驱动力频率/Hz	30	40	50	60	70	80
受迫振动振幅/cm	10.2	16.8	27.2	28.1	16.5	8.3

- A.  $f_{\text{固}}=60\text{ Hz}$                       B.  $60\text{ Hz}<f_{\text{固}}<70\text{ Hz}$   
C.  $50\text{ Hz}<f_{\text{固}}<60\text{ Hz}$                       D. 以上三个都不对

解析: 选 C 从如图所示的共振曲线可判断出  $f_{\text{驱}}$  与  $f_{\text{固}}$  相差越大, 受迫振动的振幅越小;  $f_{\text{驱}}$  与  $f_{\text{固}}$  越接近, 受迫振动的振幅越大。并可以从图中看出  $f_{\text{驱}}$  越接近  $f_{\text{固}}$ , 振幅的变化越慢。比较各组数据知  $f_{\text{驱}}$  在  $50\text{ Hz}\sim 60\text{ Hz}$  范围内时, 振幅变化最小, 因此  $50\text{ Hz}<f_{\text{固}}<60\text{ Hz}$ , 即 C 正确。



### 考点综合训练

12. 一物体沿  $x$  轴做简谐运动, 振幅为  $8\text{ cm}$ , 频率为  $0.5\text{ Hz}$ , 在  $t=0$  时, 位移是  $4\text{ cm}$ , 且向  $x$  轴负方向运动, 试写出用正弦函数表示振动方程并画出相应的振动图像。

解析: 简谐运动振动方程的一般表示式为

$$x=A\sin(\omega t+\varphi_0),$$

根据题给条件有:  $A=0.08\text{ m}$ ,  $\omega=2\pi f=\pi$ ,

$$\text{所以 } x=0.08\sin(\pi t+\varphi_0)\text{ m},$$

$$\text{将 } t=0 \text{ 时 } x_0=0.04\text{ m 代入得 } 0.04=0.08\sin\varphi_0,$$

$$\text{解得初相 } \varphi_0=\frac{\pi}{6} \text{ 或 } \varphi_0=\frac{5\pi}{6},$$

因为  $t=0$  时, 速度方向沿  $x$  轴负方向, 即位移在减小,

$$\text{所以取 } \varphi_0=\frac{5\pi}{6},$$

所求的振动方程为

$$x=0.08\sin(\pi t+\frac{5}{6}\pi)\text{m},$$

对应的振动图像如图所示。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-23.TIF"}

答案:  $x=0.08\sin(\pi t+\frac{5}{6}\pi)\text{m}$  图像见解析

13. (2015·温州十校联合体期中)弹簧振子以  $O$  点为平衡位置, 在  $B$ 、 $C$  两点间做简谐运动, 在  $t=0$  时刻, 振子从  $O$ 、 $B$  间的  $P$  点以速度  $v$  向  $B$  点运动; 在  $t=0.2\text{ s}$  时, 振子速度第一次变为  $-v$ ; 在  $t=0.5\text{ s}$  时, 振子速度第二次变为  $-v$ 。

(1)求弹簧振子振动周期  $T$ ;

(2)若  $B$ 、 $C$  之间的距离为  $25\text{ cm}$ , 求振子在  $4.0\text{ s}$  内通过的路程;

(3)若  $B$ 、 $C$  之间的距离为  $25\text{ cm}$ , 从平衡位置计时, 写出弹簧振子位移表达式, 并画出弹簧振子的振动图像。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-24.TIF"}

解析: (1)弹簧振子简谐运动示意图如图所示, 由对称性可得:  $T=0.5\times 2\text{ s}=1.0\text{ s}$

(2)若  $B$ 、 $C$  之间距离为  $25\text{ cm}$ ,

则振幅  $A=\frac{1}{2}\times 25\text{ cm}=12.5\text{ cm}$

振子  $4.0\text{ s}$  内通过的路程  $s=4\times 12.5\text{ cm}=200\text{ cm}$

(3)根据  $x=A\sin \omega t$ ,  $A=12.5\text{ cm}$ ,  $\omega=\frac{2\pi}{T}=2\pi$

得  $x=12.5\sin 2\pi t(\text{cm})$ 。振动图像为

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-25.TIF"}

答案: (1) $1.0\text{ s}$  (2) $200\text{ cm}$  (3) $x=12.5\sin 2\pi t(\text{cm})$

图像见解析图

## 第2节{INCLUDEPICTURE"节.tif"}机械波

### 1

#### 课前基础·简要回顾

宏观整合

微观提醒

回顾旧知短平快

{INCLUDEPICTURE"宏观.tif"}

{INCLUDEPICTURE"122.TIF"},{INCLUDEPICTURE"微观.tif"}

- (1)在水平方向传播的波为横波。(×)
- (2)在机械波中各质点不随波的传播而迁移。(√)
- (3)通过波的图像可以找出任一质点在任意时刻的位移。(√)
- (4)机械波在传播过程中,各质点振动的周期、起振方向都相同。(√)
- (5)机械波在一个周期内传播的距离就是振幅的4倍。(×)
- (6)波速表示介质中质点振动的快慢。(×)
- (7)两列波在介质中叠加,一定产生干涉现象。(×)
- (8)一切波都能发生衍射现象。(√)
- (9)多普勒效应说明波源的频率发生变化。(×)

### 2

#### 课堂释疑·一站突破

宜简则简

宜繁则繁

不同要点不同编排

##### 要点一 波的形成与传播{INCLUDEPICTURE"师生共研型.tif"}

- (1)在波动中,振动相位总是相同的两个相邻质点间的距离叫波长。
  - (2)波传到任意一点,该点的起振方向都和波源的起振方向相同。
  - (3)介质中每个质点做的都是受迫振动,所以任一质点的振动频率和周期都和波源相同。
- 因此可以断定:波从一种介质进入另一种介质,由于介质的情况不同,它的波长和波速可以改变,但频率和周期都不会改变。

(4)振源经过一个周期  $T$  完成一次全振动,波恰好向前传播一个波长的距离,所以有  $v = \frac{\lambda}{T}$ 。

- (5)质点振动  $nT$ (波传播  $n\lambda$ )时,波形不变。
- (6)相隔波长整数倍的两质点,振动状态总相同,相隔半波长奇数倍的两质点,振动状态总相反。

**[典例]** (2014·天津高考)平衡位置处于坐标原点的波源  $S$  在  $y$  轴上振动,产生频率为 50 Hz 的简谐横波向  $x$  轴正、负两个方向传播,波速均为 100 m/s。平衡位置在  $x$  轴上的  $P$ 、 $Q$  两个质点随波源振动着, $P$ 、 $Q$  的  $x$  轴坐标分别为  $x_P = 3.5$  m、 $x_Q = -3$  m。当  $S$  位移为负且向  $-y$  方向运动时, $P$ 、 $Q$  两质点的( )

- A. 位移方向相同、速度方向相反
- B. 位移方向相同、速度方向相同
- C. 位移方向相反、速度方向相反

D. 位移方向相反、速度方向相同

[解析] 由题可知, 波动周期为  $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} \text{ s} = 0.02 \text{ s}$ , 波长  $\lambda = vT = 2 \text{ m}$ , 则  $x_{SQ} = 3 \text{ m} = 1.5\lambda$ , 因此  $Q$  质点与  $S$  质点的振动完全相反, 当  $S$  质点位移为负, 且向  $-y$  方向运动时,  $Q$  质点的位移为正, 且向  $+y$  方向运动, 两质点位移大小相等;  $x_{SP} = 3.5 \text{ m} = 1.75\lambda$ , 则  $P$  质点的位移也一定为负, 但沿  $+y$  方向运动, 位移大小与  $S$  质点的位移不一定相等, 因此  $P$  质点和  $Q$  质点的位移方向相反, 速度方向相同, D 项正确, A、B、C 项错误。

[答案] D

#### [针对训练]

1. (多选)(2013·全国卷 I)如图 12-2-1 所示,  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  是均匀媒质中  $x$  轴上的四个质点, 相邻两点的间距依次为  $2 \text{ m}$ 、 $4 \text{ m}$  和  $6 \text{ m}$ 。一列简谐横波以  $2 \text{ m/s}$  的波速沿  $x$  轴正向传播, 在  $t=0$  时刻到达质点  $a$  处, 质点  $a$  由平衡位置开始竖直向下运动,  $t=3 \text{ s}$  时  $a$  第一次到达最高点。下列说法正确的是( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-26.TIF"}

图 12-2-1

- A. 在  $t=6 \text{ s}$  时刻波恰好传到质点  $d$  处
- B. 在  $t=5 \text{ s}$  时刻质点  $c$  恰好到达最高点
- C. 质点  $b$  开始振动后, 其振动周期为  $4 \text{ s}$
- D. 在  $4 \text{ s} < t < 6 \text{ s}$  的时间间隔内质点  $c$  向上运动
- E. 当质点  $d$  向下运动时, 质点  $b$  一定向上运动

解析: 选 ACD 由题意知,  $3 \text{ s}$  内  $a$  振动了  $\frac{3}{4}$  个周期, 得  $T=4 \text{ s}$ , 又  $v=2 \text{ m/s}$ , 故  $\lambda=8 \text{ m}$ 。  $t=6 \text{ s}$  时,  $s=vt=12 \text{ m}$ , 波刚好传到  $d$  处, A、C 正确。波传到  $c$  点的时间  $t = \frac{s_{ac}}{v} = 3 \text{ s}$ , 故  $T=4 \text{ s}$  时  $c$  位于最低点,  $t=5 \text{ s}$  时位于平衡位置,  $t=6 \text{ s}$  时位于最高点, B 错误, D 正确。 $b$  与  $d$  相隔  $10 \text{ m}$ , 即  $1.25\lambda$ , 所以  $d$  向下运动时, 质点  $b$  不一定向上运动, E 错误。

2.(2012·浙江高考)用手握住较长软绳的一端连续上下抖动, 形成一列简谐横波。某一时刻的波形如图 12-2-2 所示。绳上  $a$ 、 $b$  两质点均处于波峰位置。下列说法正确的是( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-27.TIF"}

图 12-2-2

- A.  $a$ 、 $b$  两点之间的距离为半个波长
- B.  $a$ 、 $b$  两点振动开始时刻相差半个周期
- C.  $b$  点完成全振动次数比  $a$  点多一次

D.  $b$  点完成全振动次数比  $a$  点少一次

**解析：**选 D 由题图知  $a$ 、 $b$  两点之间的距离为一个波长， $a$ 、 $b$  两点振动开始时刻相差一个周期，知选项 A、B 错误；由波是向右传播的，知选项 C 错误，D 正确。

### 要点二 波动图像与波速公式的应用{INCLUDEPICTURE"师生共研型.tif"}

1. 波的图像反映了在某时刻介质中的各质点离开平衡位置的位移情况，图像的横轴表示各质点的平衡位置，纵轴表示该时刻各质点的位移，如图 12-2-3 所示。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-28.TIF"}

图 12-2-3

图像的应用：

(1)直接读取振幅  $A$  和波长  $\lambda$ ，以及该时刻各质点的位移。

(2)确定某时刻各质点加速度的方向，并能比较其大小。

(3)结合波的传播方向可确定各质点的振动方向或由各质点的振动方向确定波的传播方向。

2. 波速与波长、周期、频率的关系为： $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$ 。

3. 质点振动  $nT$  (波传播  $n\lambda$ ) 时，波形不变。

4. 在波的传播方向上，当两质点平衡位置间的距离为  $n\lambda$  时 ( $n=1,2,3\cdots$ )，它们的振动步调总相同；当两质点平衡位置间的距离为  $(2n+1)\frac{\lambda}{2}$  ( $n=0,1,2,3\cdots$ ) 时，它们的振动步调总相反。

5. 波源质点的起振方向决定了它后面的质点的起振方向，各质点的起振方向与波源的起振方向相同。

**[典例]** (2013·北京高考) 一列沿  $x$  轴正方向传播的简谐机械横波，波速为 4 m/s。某时刻波形如图 12-2-4 所示，下列说法正确的是( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-29.TIF"}

图 12-2-4

A. 这列波的振幅为 4 cm

B. 这列波的周期为 1 s

C. 此时  $x=4$  m 处质点沿  $y$  轴负方向运动

D. 此时  $x=4$  m 处质点的加速度为 0

**[解析]** 由波形图可知：振幅  $A=2$  cm， $\lambda=8$  m， $T = \frac{\lambda}{v} = \frac{8}{4}$  s = 2 s，选项 A、B 均错误； $x=4$  m 处的质点此时正处于平衡位置处，加速度为零，由“上下坡法”可知，此时质点沿  $y$  轴正方向运动，所以选项 C 错误，D 正确。

**[答案]** D

**[针对训练]**

1.如图 12-2-5 所示为一列在均匀介质中沿  $x$  轴正方向传播的简谐横波在某时刻的波形图，波速为  $4\text{ m/s}$ ，则( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-30.TIF"}

图 12-2-5

- A. 质点  $P$  此时的振动方向沿  $y$  轴正方向
- B.  $P$  点振幅比  $Q$  点振幅小
- C. 经过  $\Delta t=3\text{ s}$ ，质点  $Q$  通过的路程是  $0.6\text{ m}$
- D. 经过  $\Delta t=3\text{ s}$ ，质点  $P$  将向右移动  $12\text{ m}$

**解析：**选 C 由机械波沿  $x$  轴正方向传播，利用“带动”原理可知，质点  $P$  此时的振动方向沿  $y$  轴负方向，选项 A 错误；沿波传播方向上各质点并不随波迁移，而是在平衡位置附近做简谐运动，并且各质点振动的幅度相同，即振幅相同，选项 B、D 均错误；根据波形图可知，波长  $\lambda=4\text{ m}$ ，振幅  $A=5\text{ cm}$ ，已知  $v=4\text{ m/s}$ ，所以  $T=\frac{\lambda}{v}=1\text{ s}$ ， $\Delta t=3\text{ s}=3T$ ，质点  $Q$  通过的路程是  $12A=60\text{ cm}=0.6\text{ m}$ ，所以选项 C 正确。

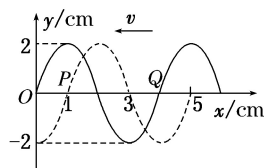
2.(2011·四川高考)如图 12-2-6 为一沿  $x$  轴负方向传播的简谐横波在  $t=0$  时的波形图，当  $Q$  点在  $t=0$  时的振动状态传到  $P$  点时，则( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-31.TIF"}

图 12-2-6

- A.  $1\text{ cm}<x<3\text{ cm}$  范围内的质点正在向  $y$  轴的负方向运动
- B.  $Q$  处的质点此时的加速度沿  $y$  轴的正方向
- C.  $Q$  处的质点此时正在波峰位置
- D.  $Q$  处的质点此时运动到  $P$  处

**解析：**选 B 当  $Q$  点在  $t=0$  时的振动状态传播到  $P$  点时，波形图如图中虚线所示。此时， $1\text{ cm}<x<3\text{ cm}$  范围内的质点分布在波峰两侧，两侧质点振动方向相反，A 项错；同一时刻， $Q$  处质点达到波谷位置，加速度方向沿  $y$  轴正方向，B 项正确，C 项错；因为波的传播过程中，质点不随波迁移，D 项错。



### 要点三 波的多解问题 {INCLUDEPICTURE"师生共研型.tif"}

#### 1. 造成波动问题多解的主要因素

##### (1)周期性：

- ①时间周期性：时间间隔  $\Delta t$  与周期  $T$  的关系不明确。
- ②空间周期性：波传播距离  $\Delta x$  与波长  $\lambda$  的关系不明确。

##### (2)双向性：

- ①传播方向双向性：波的传播方向不确定。
- ②振动方向双向性：质点振动方向不确定。



- 如：a. 质点达到最大位移处，则有正向和负向最大位移两种可能。
- b. 质点由平衡位置开始振动，则起振方向有向上、向下(或向左、向右)两种可能。
- c. 只告诉波速不指明波的传播方向，应考虑沿两个方向传播的可能，即沿  $x$  轴正方向或沿  $x$  轴负方向传播。
- d. 只给出两时刻的波形，则有多次重复出现的可能。

(3)波形的隐含性形成多解：

在波动问题中，往往只给出完整波形的一部分，或给出几个特殊点，而其余信息均处于隐含状态。这样，波形就有多种情况，形成波动问题的多解性。

## 2. 解决波的多解问题的思路

一般采用从特殊到一般的思维方法，即找出一个周期内满足条件的关系  $\Delta t$  或  $\Delta x$ ，若此关系为时间，则  $t = nT + \Delta t (n=0, 1, 2, \dots)$ ；若此关系为距离，则  $x = n\lambda + \Delta x (n=0, 1, 2, \dots)$ 。

**【典例】** (2015·南昌模拟)如图 12-2-7 所示实线是一列简谐横波在  $t_1=0$  时刻的波形，虚线是这列波在  $t_2=0.5$  s 时刻的波形，这列波的周期  $T$  符合： $3T < t_2 - t_1 < 4T$ ，问：

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-33.TIF"}

图 12-2-7

- (1)若波速向右，波速多大？
- (2)若波速向左，波速多大？
- (3)若波速大小为 74 m/s，波速方向如何？

**【解析】** (1)波向右传播时，传播距离  $\Delta x$  满足

$$\Delta x = k\lambda + \{eq \f(3,8)\}\lambda (k=0,1,2,3\cdots)$$

由  $\Delta t = \{eq \f(\Delta x, v)\}$  知

$$\text{传播时间满足 } \Delta t = kT + \{eq \f(3,8)\}T (k=0,1,2,3\cdots)$$

由于  $3T < t_2 - t_1 < 4T$

因此  $k$  取 3

$$\text{故 } \Delta t = 3T + \{eq \f(3,8)\}T$$

由波形图知  $\lambda = 8$  m

$$\text{波速 } v = \{eq \f(\lambda, T)\}$$

解得  $v = 54$  m/s

(2)波向左传播时，传播距离  $\Delta x$  满足

$$\Delta x = k\lambda + \{eq \f(5,8)\}\lambda (k=0,1,2,3, \cdots)$$

$$\text{传播时间满足 } \Delta t = kT + \{eq \f(5,8)\}T (k=0,1,2,3\cdots)$$

由  $3T < t_2 - t_1 < 4T$  可知  $k$  取 3

故  $\Delta t = 3T + \frac{5}{8}T$

波速  $v = \frac{\lambda}{T}$

解得  $v = 58 \text{ m/s}$

(3) 波速大小为  $74 \text{ m/s}$  时, 波在  $\Delta t$  时间内传播的距离为  $\Delta x = v\Delta t = 74 \times 0.5 \text{ m} = 37 \text{ m} = (4\lambda + 5) \text{ m}$

所以波向左传播

[答案] (1)  $54 \text{ m/s}$  (2)  $58 \text{ m/s}$  (3) 波向左传播

[方法规律]

### 求解波的多解问题的一般解题步骤

(1) 根据初末两时刻的波形图确定传播距离与波长的关系通式。

(2) 根据题设条件判断是唯一解还是多解。

(3) 根据波速公式  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  或  $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$  求波速。

### [针对训练]

1. (2013·重庆高考) 一列简谐横波沿直线传播, 某时刻该列波上正好经过平衡位置的两质点相距  $6 \text{ m}$ , 且这两质点之间的波峰只有一个, 则该简谐波可能的波长为( )

A.  $4 \text{ m}$ 、 $6 \text{ m}$  和  $8 \text{ m}$

B.  $6 \text{ m}$ 、 $8 \text{ m}$  和  $12 \text{ m}$

C.  $4 \text{ m}$ 、 $6 \text{ m}$  和  $12 \text{ m}$

D.  $4 \text{ m}$ 、 $8 \text{ m}$  和  $12 \text{ m}$

解析: 选 C 画出符合条件的所有可能波形, 如图所示。



分别有  $\frac{6}{\lambda} = 2$ 、 $\frac{6}{\lambda} = 3$ 、 $\frac{6}{\lambda} = 4$ , 则  $\lambda$  可能为  $4 \text{ m}$ 、 $6 \text{ m}$  和  $12 \text{ m}$ ,

C 正确。

2. (2015·济宁一中期末) 一列横波在  $x$  轴上传播,  $a$ 、 $b$  是  $x$  轴上相距  $s_{ab} = 6 \text{ m}$  的两质点,  $t = 0$  时,  $b$  点正好到达最高点, 且  $b$  点到  $x$  轴的距离为  $4 \text{ cm}$ , 而此时  $a$  点恰好经过平衡位置向上运动。已知这列波的频率为  $25 \text{ Hz}$ 。

(1) 求经过时间  $1 \text{ s}$ ,  $a$  质点运动的路程;

(2) 质点  $a$ 、 $b$  在  $x$  轴上的距离大于一个波长, 求该波的波速。

解析: (1) 质点  $a$  一个周期运动的路程  $s_0 = 4A = 0.16 \text{ m}$

$1 \text{ s}$  内的周期数是  $n = \frac{1}{T} = 25$

$1 \text{ s}$  内  $a$  质点运动的路程  $s = ns_0 = 4 \text{ m}$

(2) 波由  $a$  传向  $b$ ,  $s_{ab} = (n + \frac{3}{4})\lambda$

$v = \lambda f = \frac{600}{4n+3} \text{ m/s} (n = 1, 2, 3, \dots)$

波由  $b$  传向  $a$ ,  $s_{ab} = (n + \frac{1}{4})\lambda$

$$v=\lambda f=\{eq \f(600,4n+1)\} \text{ m/s}(n=1,2,3\cdots)$$

答案：(1)4 m (2)见解析

要点四 振动图像与波动图像的综合应用{INCLUDEPICTURE"师生共研型.tif"}

1. 两种图像的比较

图像类型	振动图像	波的图像
研究对象	一振动质点	沿波传播方向 上所有质点
研究内容	一质点的位移随时间变化规律	某时刻所有质点的空间分布规律
图像	{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-35.TIF"}	{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-36.TIF"}
物理意义	表示某质点各个时刻的位移	表示某时刻各质点的位移
图像信息	(1)质点振动周期 (2)质点振幅 (3)各时刻质点位移 (4)各时刻速度、加速度方向	(1)波长、振幅 (2)任意一质点在该时刻的位移 (3)任意一质点在该时刻加速度方向 (4)传播方向、振动方向的互判
形象比喻	记录着一个人一段时间内活动的录像带	记录着许多人某时刻动作、表情的集体照片
图像变化	随时间推移，图像延续，但已有形状不变	随时间推移，图像沿传播方向平移
一完整曲线占横坐标距离	表示一个周期	表示一个波长

2. 波的传播方向与质点振动方向的互判方法

已知质点振动方向可判断波的传播方向，或已知波的传播方向和某时刻的图像可判断介质质点的振动方向，常用的方法如下：

图像	方法
{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-37.TIF"}	(1)微平移法：沿波的传播方向将波的图像进行一微小平移，然后由两条波形曲线来判断  例如：波沿 $x$ 轴正方向传播， $t$ 时刻波形曲线如图中实线所示。将其沿 $v$ 的方向移动一微小距离 $\Delta x$ ，获得如图中虚线所示的图线  可以判定： $t$ 时刻质点 $A$ 振动方向向下，质点 $B$ 振动方向向上，质点 $C$ 振动方向向下
{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-38.TIF"}	(2)“上、下坡”法：沿着波的传播方向看，上坡的点向下振动，下

	坡的点向上振动。即“上坡下、下坡上” 例如：图中 $A$ 点向上振动， $B$ 点向下振动， $C$ 点向上振动
--	---

**[典例 1]** (多选)(2014·全国卷 I)图 12-2-8(a)为一列简谐横波在  $t=2\text{ s}$  时的波形图，图(b)为媒质中平衡位置在  $x=1.5\text{ m}$  处的质点的振动图像， $P$  是平衡位置为  $x=2\text{ m}$  的质点。下列说法正确的是\_\_\_\_\_。

{INCLUDEPICTURE"GKJXKB1-19.TIF"}

图 12-2-8

- A. 波速为  $0.5\text{ m/s}$
- B. 波的传播方向向右
- C.  $0\sim 2\text{ s}$  时间内， $P$  运动的路程为  $8\text{ cm}$
- D.  $0\sim 2\text{ s}$  时间内， $P$  向  $y$  轴正方向运动
- E. 当  $t=7\text{ s}$  时， $P$  恰好回到平衡位置

**[解析]** 根据图像可知：该波的波长  $\lambda=2\text{ m}$ ，周期  $T=4\text{ s}$ ，故波速  $v=\frac{\lambda}{T}=0.5\text{ m/s}$ ，A 正确；从图(b)中可知： $x=1.5\text{ m}$  处的质点在  $t=2\text{ s}$  时，其在平衡位置沿  $y$  轴负向运动，在图(a)中，沿波的传播方向，“下坡向上，上坡向下”，故该波的传播方向向左，B 错误； $0\sim 2\text{ s}$ ， $P$  运动的路程  $s=\frac{v}{\lambda} \cdot 4A=8\text{ cm}$ ，C 正确； $0\sim 2\text{ s}$ ， $P$  从正向最大位移处运动到负向最大位移处，即沿  $y$  轴负向运动，D 错误；当  $t=7\text{ s}$  时， $P$  点从图示( $t=2\text{ s}$ )经历了  $5\text{ s}$ ，即  $\frac{5}{4}T$ ，到达平衡位置，E 正确。

**[答案]** ACE

**[典例 2]** (多选)(2014·全国卷 II)图 12-2-9(a)为一列简谐横波在  $t=0.10\text{ s}$  时刻的波形图， $P$  是平衡位置在  $x=1.0\text{ m}$  处的质点， $Q$  是平衡位置在  $x=4.0\text{ m}$  处的质点；图(b)为质点  $Q$  的振动图像。下列说法正确的是\_\_\_\_\_。

{INCLUDEPICTURE"14gKl-19a.TIF"}

图 12-2-9

- A. 在  $t=0.10\text{ s}$  时，质点  $Q$  向  $y$  轴正方向运动
- B. 在  $t=0.25\text{ s}$  时，质点  $P$  的加速度方向与  $y$  轴正方向相同
- C. 从  $t=0.10\text{ s}$  到  $t=0.25\text{ s}$ ，该波沿  $x$  轴负方向传播了  $6\text{ m}$
- D. 从  $t=0.10\text{ s}$  到  $t=0.25\text{ s}$ ，质点  $P$  通过的路程为  $30\text{ cm}$
- E. 质点  $Q$  简谐运动的表达式为  $y=0.10\sin 10\pi t$ (国际单位制)

**[解析]** 由振动图像可知，在  $t=0.10\text{ s}$  时，质点  $Q$  向  $y$  轴负方向运动，A 项错误；结合波形图及质点运动方向与波的传播方向的“上坡下、下坡上”规律可知，波沿  $x$  轴负方向传播，题图(a)中质点  $P$  经  $\Delta t=0.25\text{ s}-0.10\text{ s}=0.15\text{ s}=\frac{3}{4}T$  时间，位移变为负值，即此

时质点  $P$  的加速度方向沿  $y$  轴正方向，B 项正确；波在  $\frac{3}{4}T$  时间内沿  $x$  轴负方向传播  $\frac{3}{4}\lambda=6\text{ m}$ ，C 项正确；任意质点在半周期内通过的路程为 2 倍振幅，即  $20\text{ cm}$ ，从平衡位置或最大位移处开始， $\frac{1}{4}T$  时间内通过的路程等于振幅，而题图(a)中质点  $P$  在半周期后，已经过平衡位置并向负方向运动，再过  $\frac{1}{4}T$  时间通过的路程小于振幅，所以 D 项错误；由振动图像，质点  $Q$  的振幅  $A=10\text{ cm}=0.10\text{ m}$ ，周期为  $0.2\text{ s}$ ， $\omega=\frac{2\pi}{T}=10\pi\text{ rad/s}$ ，所以其运动表达式为  $y=A\sin\omega t=0.10\sin 10\pi t\text{ m}$ ，E 项正确。

[答案] BCE

[方法规律]

(1)巧解图像问题

求解波动图像与振动图像综合类问题可采用“一分、一看、二找”的方法

①分清振动图像与波动图像。此问题最简单，只要看清横坐标即可，横坐标为  $x$  则为波动图像，横坐标为  $t$  则为振动图像。

②看清横、纵坐标的单位。尤其要注意单位前的数量级。

③找准波动图像对应的时刻。

④找准振动图像对应的质点。

(2)图像问题的易错点：

①不理解振动图像与波的图像的区别。

②误将振动图像看做波的图像或将波的图像看做振动图像。

③不知道波传播过程中任意质点的起振方向就是波源的起振方向。

④不会区分波的传播位移和质点的振动位移。

⑤误认为质点随波迁移。

[针对训练]

1. (2014·安徽高考)一简谐横波沿  $x$  轴正向传播，图 12-2-10 甲是  $t=0$  时刻的波形图，图乙是介质中某质点的振动图像，则该质点的  $x$  坐标值合理的是( )

{INCLUDEPICTURE"14GKL-59.TIF"}

图 12-2-10

A.  $0.5\text{ m}$

B.  $1.5\text{ m}$

C.  $2.5\text{ m}$

D.  $3.5\text{ m}$

解析：选 C 由振动图像可知， $t=0$  时刻该质点的位移为负值，且沿  $y$  轴负方向运动，由波形图可知， $t=0$  时刻， $x=0.5\text{ m}$ 、 $3.5\text{ m}$  处的质点位移为正，可知 A、D 项错误；由“上下坡法”可知， $t=0$  时刻  $x=1.5\text{ m}$  处的质点正沿  $y$  轴正方向运动，因此 B 项错误； $2.5\text{ m}$  处的质点正沿  $y$  轴负方向运动，C 项正确。

2. (2014·北京高考)一简谐机械横波沿  $x$  轴正方向传播, 波长为  $\lambda$ , 周期为  $T$ 。  $t=0$  时刻的波形如图 12-2-11 甲所示,  $a$ 、 $b$  是波上的两个质点。图乙是波上某一质点的振动图像。下列说法中正确的是( )

{INCLUDEPICTURE"14GKL-30.TIF"}

图 12-2-11

- A.  $t=0$  时质点  $a$  的速度比质点  $b$  的大
- B.  $t=0$  时质点  $a$  的加速度比质点  $b$  的小
- C. 图乙可以表示质点  $a$  的振动
- D. 图乙可以表示质点  $b$  的振动

解析: 选 D 根据题图甲所示的波动图像, 由于波沿  $x$  轴正方向传播,  $t=0$  时刻  $a$  点速度为零,  $b$  点速度最大, 即  $t=0$  时刻质点  $a$  的速度比质点  $b$  的速度小, 选项 A 错误。由于  $t=0$  时刻质点  $a$  位移最大, 所受回复力最大, 加速度最大, 质点  $b$  处于平衡位置, 位移为零, 回复力为零, 加速度为零, 所以  $t=0$  时刻质点  $a$  的加速度比质点  $b$  的大, 选项 B 错误。根据题图甲所示的波动图像, 由于波沿  $x$  轴正方向传播,  $t=0$  时刻, 质点  $a$  从正的最大位移处向下运动, 质点  $b$  从平衡位置向下运动, 所以题图乙可以表示质点  $b$  的振动, 选项 C 错误, D 正确。

3. (2014·四川高考)如图 12-2-12 所示, 甲为  $t=1$  s 时某横波的波形图像, 乙为该波传播方向上某一质点的振动图像, 距该质点  $\Delta x=0.5$  m 处质点的振动图像可能是( )

{INCLUDEPICTURE"14GC-3.TIF"}

图 12-2-12

{INCLUDEPICTURE"14GC-4.TIF"}

图 12-2-13

解析: 选 A 根据振动与波动的关系解决问题。

{INCLUDEPICTURE"14GC-22.TIF"}

(a)

(法一)若波沿  $+x$  方向传播, 则  $t=0$  时的波形图如图(a)虚线所示, 则质点  $P$  的振动图像为题中乙图所示。距  $P$  点 0.5 m 的质点的位移  $y>0$ , 且向下运动, 或  $y<0$ , 且向上运动; 若波沿  $-x$  方向传播, 则  $t=0$  时的波形图如图(a)虚线所示, 则质点  $Q$  的振动图像为题中乙图所示。距  $Q$  点 0.5 m 的质点的位移  $y<0$ , 且向上运动, 或  $y>0$ , 且向下运动。所以选项 A 正确。

{INCLUDEPICTURE"14GC-23.TIF"}

(b)

(c)

(法二)根据波形图像可得波长  $\lambda=2$  m, 根据振动图像可得周期  $T=2$  s。两质点之间的距离  $\Delta x=0.5$  m  $=\frac{1}{4}\lambda$ 。根据振动和波动之间的关系, 则另一质点相对该质点的振动延迟  $\frac{1}{4}T$ , 如图(b)所示, 或者提前  $\frac{1}{4}T$ , 如图(c)所示。符合条件的只有选项 A。

## 要点五 波的干涉、衍射、多普勒效应{INCLUDEPICTURE"自主悟透型.tif"}

### 波的干涉现象中加强点、减弱点的两种判断方法

#### (1)公式法:

某质点的振动是加强还是减弱,取决于该点到两相干波源的距离之差  $\Delta r$ 。

①当两波源振动步调一致时。

若  $\Delta r = n\lambda (n=0,1,2, \cdots)$ , 则振动加强;

若  $\Delta r = (2n+1)\frac{\lambda}{2} (n=0,1,2, \cdots)$ , 则振动减弱。

②当两波源振动步调相反时。

若  $\Delta r = (2n+1)\frac{\lambda}{2} (n=0,1,2, \cdots)$ , 则振动加强;

若  $\Delta r = n\lambda (n=0,1,2, \cdots)$ , 则振动减弱。

#### (2)图像法:

在某时刻波的干涉的波形图上,波峰与波峰(或波谷与波谷)的交点,一定是加强点,而波峰与波谷的交点一定是减弱点,各加强点或减弱点各自连接而成以两波源为中心向外辐射的连线,形成加强线和减弱线,两种线互相间隔,加强点与减弱点之间各质点的振幅介于加强点与减弱点的振幅之间。

### [多角练通]

1. (多选)(2014·大纲卷)两列振动方向相同、振幅分别为  $A_1$  和  $A_2$  的相干简谐横波相遇。下列说法正确的是( )

- A. 波峰与波谷相遇处质点的振幅为  $|A_1 - A_2|$
- B. 波峰与波峰相遇处质点离开平衡位置的位移始终为  $A_1 + A_2$
- C. 波峰与波谷相遇处质点的位移总是小于波峰与波峰相遇处质点的位移
- D. 波峰与波峰相遇处质点的振幅一定大于波峰与波谷相遇处质点的振幅

解析:选 AD 空间某一质点的位移等于两列波同时在该点引起位移的矢量和,对于相干波源在某一点是加强点,说明两列波在该点振动方向始终一致,但该质点的位移不是始终不变的,选项 B 错误;波峰和波谷相遇处的点是减弱点,两列波在该点振动方向始终相反,但其合位移不一定总小于加强点的位移,选项 C 错误;加强点处的质点的振幅为  $A_1 + A_2$ , 减弱点处的质点的振幅为  $|A_1 - A_2|$ , 选项 A、D 正确。

2.(2013·山东高考)如图 12-2-14 所示,在某一均匀介质中,  $A$ 、 $B$  是振动情况完全相同的两个波源,其简谐运动表达式均为  $x = 0.1\sin(20\pi t)\text{m}$ , 介质中  $P$  点与  $A$ 、 $B$  两波源间的距离分别为 4 m 和 5 m, 两波源形成的简谐横波分别沿  $AP$ 、 $BP$  方向传播,波速都是 10 m/s。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-39.TIF"}

图 12-2-14

(1)求简谐横波的波长。

(2) $P$  点的振动\_\_\_\_\_ (填“加强”或“减弱”)。

解析: (1) 设简谐波的波速为  $v$ , 波长为  $\lambda$ , 周期为  $T$ , 由题意知  $T=0.1\text{ s}$  由波速公式  $v=\frac{\lambda}{T}$  代入数据得  $\lambda=1\text{ m}$

(2) 加强

答案: (1)  $1\text{ m}$  (2) 加强

### 3

## 课后演练 · 对点设计

对接高考

题组集训

讲练对应更实用

### 对点训练: 波的形成与传播

1. (多选)(2011·全国卷)一振动周期为  $T$ 、振幅为  $A$ 、位于  $x=0$  点的波源从平衡位置沿  $y$  轴正向开始做简谐振动。该波源产生的一维简谐横波沿  $x$  轴正向传播, 波速为  $v$ , 传播过程中无能量损失。一段时间后, 该振动传播至某质点  $P$ , 关于质点  $P$  振动的说法正确的是( )

- A. 振幅一定为  $A$
- B. 周期一定为  $T$
- C. 速度的最大值一定为  $v$
- D. 开始振动的方向沿  $y$  轴向上或向下取决于它离波源的距离
- E. 若  $P$  点与波源距离  $s=vT$ , 则质点  $P$  的位移与波源的相同

解析: 选 ABE 机械波在传播过程中, 把波源的信息传播出去了, 即把波源的振动周期、振幅、开始振动的方向等信息都传播出去, 各质点的振动周期、振幅、开始振动的方向均与波源相同, 故 D 错误, A、B 正确。波的传播速度和质点的振动速度是两回事, 故 C 错误。当  $P$  点与波源距离  $s=vT$  时, 即  $P$  点与波源相差一个波长, 两质点的振动情况完全一样, 故 E 正确。

2. (2011·北京高考)介质中有一列简谐机械波传播, 对于其中某个振动质点( )

- A. 它的振动速度等于波的传播速度
- B. 它的振动方向一定垂直于波的传播方向
- C. 它在一个周期内走过的路程等于一个波长
- D. 它的振动频率等于波源的振动频率

解析: 选 D 波在同一种介质中传播时速度恒定, 而质点的振动是变速运动, A 项错误; 纵波的传播方向与质点的振动方向平行, B 项错误; 质点在一个周期内走过的路程为振幅的 4 倍, 与波长无关, C 项错误; 由于质点做的是受迫振动, 因此它的振动频率与波源的振动频率相同, D 项正确。

### 对点训练: 波的图像与波速公式的应用

3. 如图 1 所示, 是一列沿着  $x$  轴正方向传播的横波在  $t=0$  时刻的波形图, 已知这列波的周期  $T=2.0\text{ s}$ 。下列说法正确的是( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-40.TIF"}

图 1



- 解析:** 选 D 由于波的波长为 1 m, 周期为 2.0 s, 故这列波的波速  $v = \frac{1 \text{ m}}{2.0 \text{ s}} = 0.5 \text{ m/s}$ , 故 A 错误; 由于  $x = 0.5 \text{ m}$  处的质点处于平衡位置, 故该质点的速度最大, B 错误; 经过 2.0 s, 这列波沿  $x$  轴正方向传播一个波长, 即 1 m, 故 C 错误; 在  $t = 0.3 \text{ s}$  时,  $x = 0.5 \text{ m}$  处的质点正在沿  $y$  轴正方向运动, 还没到达最高点, 故 D 正确。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-41.TIF"}

A. 波长是 10 m  
B. 周期是 0.1 s  
C. 波可能沿  $x$  轴正方向传播  
D.  $t=0$  时,  $x=4$  m 处的质点速度沿  $y$  轴负方向

5.  $A$ 、 $B$  两列简谐横波均沿  $x$  轴正向传播, 在某时刻的波形分别如图 3 甲、乙所示, 经过时间  $t$  ( $t$  小于  $A$  波的周期  $T_A$ ), 这两列简谐横波的波形分别变为图丙、丁所示, 则  $A$ 、 $B$  两列波的波速  $v_A$ 、 $v_B$  之比不可能的是( )



A. 1 : 1                      B. 1 : 2  
C. 1 : 3                      D. 3 : 1

### 对点训练：振动图像与波动图像

6. (多选)如图 4(a)所示, 一根水平张紧的弹性长绳上有等间距的  $Q'$ 、 $P'$ 、 $O$ 、 $P$ 、 $Q$  质点, 相邻两质点间距离为  $1\text{ m}$ 。 $t=0$  时刻  $O$  质点从平衡位置开始沿  $y$  轴正方向振动, 并产

生分别向左、向右传播的波， $O$  质点振动图像如图(b)所示，当  $O$  点第一次达到正方向最大位移的时刻， $P$  点刚开始振动，则( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-43.TIF"}

图 4

- A.  $P'$ 、 $P$  两点距离为半个波长，因此它们的振动步调始终相反
- B. 当  $Q'$  点振动第一次达到负向最大位移时， $O$  质点已经通过 25 cm 路程
- C. 当波在绳中传播时，波速 1 m/s
- D. 若  $O$  质点振动加快，波的传播速度变大

解析：选 BC 依题，向左、向右传播的两列波关于  $y$  轴左右对称，步调总是相同，A 错误；振动从  $O$  点传到  $Q'$  时， $O$  点已经振动了半个周期， $Q'$  起振方向向上，当  $Q'$  点振动第一次达到负向最大位移时，质点  $O$  第二次到达正向最大位移处，共运动了  $1\frac{1}{4}$  周期，通过的路程为  $S=5A=25$  cm，B 正确； $t=1$  s 时刻， $O$  点第一次达到正方向最大位移， $P$  点刚开始振动，即波传播了 1 m，故波速  $v=\frac{\lambda}{T}=1$  m/s，C 正确；波速由介质决定，与频率无关，故  $O$  质点振动加快，波的传播速度不变，D 错误。

7. (多选)图 5 甲为一列简谐横波在  $t=0.10$  s 时刻的波形图， $P$  是平衡位置为  $x=1$  m 处的质点， $Q$  是平衡位置为  $x=4$  m 处的质点，图乙为质点  $Q$  的振动图像，则( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-44.TIF"}

图 5

- A.  $t=0.10$  s 时，质点  $Q$  的速度方向向上
- B. 该波沿  $x$  轴的负方向传播
- C. 该波的传播速度为 40 m/s
- D. 从  $t=0.10$  s 到  $t=0.25$  s，质点  $P$  通过的路程为 30 cm

解析：选 BC 据题意，甲图是一列简谐横波在  $t=0.10$  s 时刻的波形图，从乙图可知质点  $Q$  在  $t=0.10$  s 时刻处于平衡位置向下振动，则甲图中的横波正在向左传播，故选项 A 错误而选项 B 正确；该波传播速度为： $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{8}{0.2}$  m/s=40 m/s，故选项 C 正确；从  $t=0.10$  s 到  $t=0.25$  s，质点  $P$  经过了四分之三周期，此时质点  $P$  正处于从  $-10$  cm 向 0 运动的过程中，它所走过的路程小于 30 cm，故选项 D 错误。

8. (多选)如图 6，甲为一列沿  $x$  轴传播的简谐波在  $t=0.1$  s 时刻的波形。图乙表示该波传播的介质中  $x=2$  m 处的质点  $a$  从  $t=0$  时起的振动图像。则( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-45.TIF"}

图 6

- A. 波传播的速度为 20 m/s
- B. 波沿  $x$  轴正方向传播
- C.  $t=0.25$  s，质点  $a$  的位移沿  $y$  轴负方向

D.  $t=0.25\text{ s}$ ,  $x=4\text{ m}$  处的质点  $b$  的加速度沿  $y$  轴负方向

解析: 选 ACD 由图像可知, 波的波长为  $4\text{ m}$ , 周期  $0.2\text{ s}$ , 则波速  $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{4\text{ m}}{0.2\text{ s}}=20\text{ m/s}$ , 选项 A 正确; 由于  $t=0.1\text{ s}$  时质点  $a$  向上振动, 故波沿  $x$  轴负方向传播, 选项 B 错误; 由  $a$  的振动图像可知,  $t=0.25\text{ s}$ , 质点  $a$  的位移沿  $y$  轴负方向, 选项 C 正确;  $t=0.1\text{ s}$  时刻, 质点  $b$  向下振动, 则  $t=0.25\text{ s}$ , 即经过了  $0.15\text{ s}=\frac{3}{4}T$ , 质点  $b$  到达波峰位置, 其加速度沿  $y$  轴负方向, 选项 D 正确。

### 对点训练: 波的多解问题

9. 一列简谐横波在  $t=0$  时刻的波形如图 7 中的实线所示,  $t=0.02\text{ s}$  时刻的波形如图中虚线所示。若该波的周期  $T$  大于  $0.02\text{ s}$ , 则该波的传播速度可能是( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-46.TIF"}

图 7

A.  $2\text{ m/s}$

B.  $3\text{ m/s}$

C.  $4\text{ m/s}$

D.  $5\text{ m/s}$

解析: 选 B 由于该波的周期大于  $0.02\text{ s}$ , 则波沿传播方向传播的距离小于一个波长, 即  $\Delta x < 8\text{ cm}$

若波向右传播, 则  $\Delta x = 2\text{ cm}$ ,  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0.02\text{ m}}{0.02\text{ s}} = 1\text{ m/s}$

若波向左传播, 则  $\Delta x = 6\text{ cm}$

$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0.06\text{ m}}{0.02\text{ s}} = 3\text{ m/s}$ , 故 B 正确, A、C、D 错误。

10. 一列简谐横波在  $x$  轴上传播, 在  $t_1=0$  和  $t_2=0.05\text{ s}$  时刻, 其波形图分别如图 8 中的实线和虚线所示, 求:

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-47.TIF"}

图 8

(1) 该波的振幅和波长;

(2) 若这列波向右传播, 波速是多少? 若这列波向左传播, 波速是多少?

解析: (1) 由图可知:  $A=2\text{ cm}$ ,  $\lambda=8\text{ m}$

(2) 若波向右传播, 则

$$\Delta x_1 = \frac{1}{4}\lambda + n\lambda = 2 + 8n \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$

$$v_1 = \frac{\Delta x_1}{\Delta t} = \frac{2 + 8n}{0.05} = 40 + 160n \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$

若波向左传播, 则  $\Delta x_2 = \frac{3}{4}\lambda + n\lambda = 6 + 8n \quad (n=0, 1, 2, \dots)$

$$v_2 = \frac{\Delta x_2}{\Delta t} = \frac{6 + 8n}{0.05} = 120 + 160n \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$

答案: (1)  $2\text{ cm}$   $8\text{ m}$  (2)  $40 + 160n (n=0, 1, 2, \dots)$ ,  $120 + 160n (n=0, 1, 2, \dots)$

11. 如图 9 所示是一列简谐横波上  $A$ 、 $B$  两点的振动图像,  $A$ 、 $B$  两点相距  $8\text{ m}$ 。求:



图 9

(1)这列波可能的波长;

(2)这列波可能的波速。

解析: 若波由  $A$  传向  $B$  时, 由图有:

$$x_{AB} = n\lambda + \frac{3}{4}\lambda = 8 \text{ m} \quad (n=0,1,2,3, \dots)$$

$$\text{解得: } \lambda = \frac{32}{4n+3} \text{ m} \quad (n=0,1,2,3, \dots)$$

$$\text{此时的波速 } v = \frac{\lambda}{T} = \frac{80}{4n+3} \text{ m/s} \quad (n=0,1,2,3, \dots)$$

当波由  $B$  向  $A$  传播时有:

$$\frac{1}{4}\lambda + n\lambda = 8 \text{ m} \quad (n=0,1,2,3, \dots)$$

$$\text{得波长 } \lambda = \frac{32}{4n+1} \text{ m} \quad (n=0,1,2,3, \dots)$$

$$\text{此时的波速 } v = \frac{\lambda}{T} = \frac{80}{4n+1} \text{ m/s} \quad (n=0,1,2,3, \dots)$$

答案: (1)  $\lambda = \frac{32}{4n+3} \text{ m} \quad (n=0,1,2,3, \dots)$  或者  $\lambda = \frac{32}{4n+1} \text{ m} \quad (n=0,1,2,3, \dots)$  (2)  $v = \frac{80}{4n+3} \text{ m/s} \quad (n=0,1,2,3, \dots)$  或者波速  $v = \frac{80}{4n+1} \text{ m/s} \quad (n=0,1,2,3, \dots)$

#### 考点综合训练

12.(多选)如图 10 为甲、乙两列简谐横波在同一绳上传播时某时刻的波形图, 甲波向右传播, 乙波向左传播。质点  $M$  位于  $x=0.2 \text{ m}$  处, 则( )



图 10

A. 这两列波不会发生干涉现象

B.  $M$  点的振动总是加强

C.  $M$  点将做振幅为  $30 \text{ cm}$  的简谐振动

D. 由图示时刻开始, 再经过  $1/4$  甲波周期,  $M$  点将位于波峰

解析: 选 BC 两列简谐横波在同一均匀介质内传播, 波速相等, 由图可知两列波的波长相等, 由  $v=\lambda f$  可知, 频率相等, 所以两列波能产生干涉, 故 A 错误; 质点在  $M$  处是两列波的波峰与波峰相遇处, 振动总是加强, 振幅等于两列波振幅之和, 为  $A=20 \text{ cm}+10 \text{ cm}=30 \text{ cm}$ , 则  $M$  点将做振幅为  $30 \text{ cm}$  的简谐振动, 故 B、C 正确; 从图示时刻开始, 再经过  $1/4$  甲波周期, 两波在  $M$  点都将向下运动, 故  $M$  点会到达波谷, D 错误。

13. 一列简谐横波正在沿  $x$  轴的正方向传播, 波速为  $0.5 \text{ m/s}$ ,  $t=0$  时刻的波形如图 11 甲所示。



图 11

- (1)求横波中质点振动的周期  $T$ ;
- (2)在图乙中画出  $t=1\text{ s}$  时刻的波形图(至少画出一个波长);
- (3)在图丙中画出平衡位置为  $x=0.5\text{ m}$  处质点的振动图像( $t=0$  时刻开始计时, 在图中标出横轴的标度, 至少画出一个周期)。

**解析:** (1)由于波速为  $0.5\text{ m/s}$ , 波长为  $2\text{ m}$ , 故质点振动的周期  $T=\frac{\lambda}{v}=\frac{2\text{ m}}{0.5\text{ m/s}}=4\text{ s}$ 。

(2)当  $t=1\text{ s}$  时刻, 相当于经过了  $T/4$ , 又因为波沿  $x$  轴正方向传播, 故振源  $O$  向下运动到负的最大位置处, 然后依次画出即可; 如图所示。

(3) $x=0.5\text{ m}$  处的质点在  $t=0$  时处于波峰的位置, 故其振动图像如图所示。

**答案:** (1) $4\text{ s}$  (2)如图(a)所示 (3)如图(b)所示

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-51.TIF"}

### 第 3 节 光的折射、全反射

1

**课前基础 · 简要回顾**

宏观整合

微观提醒

回顾旧知短平快

{INCLUDEPICTURE"宏观.tif"}

{INCLUDEPICTURE"123.TIF"},{INCLUDEPICTURE"微观.tif"}

- (1)光的传播方向发生改变的现象叫光的折射。(×)
- (2)折射率跟折射角的正弦成正比。(×)
- (3)只要入射角足够大, 就能发生全反射。(×)
- (4)折射定律是托勒密发现的。(×)
- (5)若光从空气中射入水中, 它的传播速度一定减小。(√)
- (6)已知介质对某单色光的临界角为  $C$ , 则该介质的折射率等于  $\frac{1}{\sin C}$ 。(√)
- (7)密度大的介质一定是光密介质。(×)

2

**课堂释疑 · 一站突破**

宜简则简

宜繁则繁

不同要点不同编排

**要点一 折射定律及折射率的应用**{INCLUDEPICTURE"师生共研型.tif"}

#### 1. 对折射率的理解

(1)公式  $n=\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$  中, 不论是光从真空射入介质, 还是从介质射入真空,  $\theta_1$  总是真空中的光线与法线间的夹角,  $\theta_2$  总是介质中的光线与法线间的夹角。

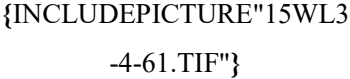
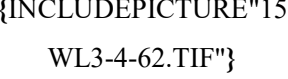
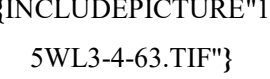
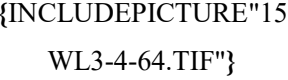
(2)折射率由介质本身性质决定, 与入射角的大小无关。

(3)折射率与介质的密度没有关系, 光密介质不是指密度大的介质。

(4)折射率的大小不仅与介质本身有关, 还与光的频率有关。同一种介质中, 频率越大的色光折射率越大, 传播速度越小。

(5)同一种色光，在不同介质中虽然波速、波长不同，但频率相同。

2. 平行玻璃砖、三棱镜和圆柱体(球)对光路的控制

类别项目	平行玻璃砖	三棱镜	圆柱体(球)
结构	玻璃砖上下表面是平行的	横截面为三角形的三棱镜	横截面是圆
对光线的作用	 <p>通过平行玻璃砖的光线不改变传播方向，但要发生侧移</p>	 <p>通过三棱镜的光线经两次折射后，出射光线向棱镜底面偏折</p>	 <p>圆界面的法线是过圆心的直线，经过两次折射后向圆心偏折</p>
应用	测定玻璃的折射率	 <p>全反射棱镜，改变光的传播方向</p>	改变光的传播方向

**[典例]** (2014·全国卷Ⅱ)一厚度为  $h$  的大平板玻璃水平放置，其下表面贴有一半径为  $r$  的圆形发光面。在玻璃板上表面放置一半径为  $R$  的圆纸片，圆纸片与圆形发光面的中心在同一竖直线上。已知圆纸片恰好能完全遮挡住从圆形发光面发出的光线(不考虑反射)，求平板玻璃的折射率。

**[解析]** 如图，考虑从圆形发光面边缘的  $A$  点发出的一条光线，假设它斜射到玻璃上表面的  $A'$  点发生折射，根据折射定律有

$$n\sin \theta=\sin \alpha \textcircled{1}$$

式中， $n$  是玻璃的折射率， $\theta$  是入射角， $\alpha$  是折射角。现假设  $A'$  恰好在纸片边缘。由题意，在  $A'$  点刚好发生全反射，故

$$\alpha=\textcircled{\text{eq}}\f(\pi,2)\textcircled{2}$$

设  $AA'$  线段在玻璃上表面的投影长为  $L$ ，由几何关系有

$$\sin \theta=\textcircled{\text{eq}}\f(L,\sqrt{L^2+h^2})\textcircled{3}$$

由题意，纸片的半径应为  $R=L+r\textcircled{4}$

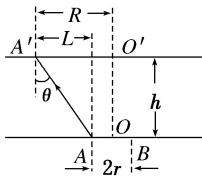
$$\text{联立以上各式得 } n=\textcircled{\text{eq}}\sqrt{1+(\f(h,R-r))^2}\textcircled{5}$$

$$\text{[答案]} \quad \textcircled{\text{eq}}\sqrt{1+(\f(h,R-r))^2}$$

**[方法规律]**

解决光的折射问题的思路

- (1)根据题意画出正确的光路图。
- (2)利用几何关系确定光路中的边、角关系，要注意入射角、折射角均以法线为标准。



(3)利用折射定律、折射率公式求解。

(4)注意：在折射现象中光路是可逆的。

### [针对训练]

1. (2014·北京高考)以往，已知材料的折射率都为正值( $n>0$ )。现已有针对某些电磁波设计制作的人工材料，其折射率可以为负值( $n<0$ )，称为负折射率材料。位于空气中的这类材料，入射角*i*与折射角*r*依然满足 $\sin i/\sin r=n$ ，但是折射线与入射线位于法线的同一侧(此时折射角取负值)。现空气中有一上下表面平行的负折射率材料，一束电磁波从其上表面射入，下表面射出。若该材料对此电磁波的折射率  $n=-1$ ，正确反映电磁波穿过该材料的传播路径的示意图是( )

{INCLUDEPICTURE"14GKL-32.TIF"}

图 12-3-1

解析：选 B 根据题述该材料的折射率  $n=-1$ ，由折射定律可知，入射角和折射角相等，且处于法线的同侧，所以正确反映电磁波穿过该材料的传播路径的示意图是图 B。

2. (2014·江苏高考)Morpho 蝴蝶的翅膀在阳光的照射下呈现出闪亮耀眼的蓝色光芒，这是因为光照射到翅膀的鳞片上发生了干涉。电子显微镜下鳞片结构的示意图如图 12-3-2 所示。一束光以入射角*i*从*a*点入射，经过折射和反射后从*b*点出射。设鳞片的折射率为*n*，厚度为*d*，两片之间空气层厚度为*h*。取光在空气中的速度为*c*，求光从*a*到*b*所需的时间*t*。

{INCLUDEPICTURE"14GW-14.TIF"}

图 12-3-2

解析：设光在鳞片中的折射角为  $\gamma$ ，

由折射定律得  $\sin i = n \sin \gamma$

在鳞片传播的路程  $l_1 = 2d \cos \gamma$ ，传播速度  $v = c/n$ ，传播时间  $t_1 = l_1/v$

解得  $t_1 = 2n^2 d \cos \gamma / c$

同理，在空气中的传播时间  $t_2 = 2h \cos i / c$

则  $t = t_1 + t_2 = 2n^2 d \cos \gamma / c + 2h \cos i / c$

答案：见解析

### 要点二 全反射 {INCLUDEPICTURE"师生共研型.tif"}

#### 1. 求解光的折射、全反射问题的四点提醒

(1)光密介质和光疏介质是相对而言的。同一种介质，相对于其他不同的介质，可能是光密介质，也可能是光疏介质。

(2)如果光线从光疏介质进入光密介质，则无论入射角多大，都不会发生全反射现象。

(3)在光的反射和全反射现象中，均遵循光的反射定律，光路均是可逆的。

(4)当光射到两种介质的界面上时,往往同时发生光的折射和反射现象,但在全反射现象中,只发生反射,不发生折射。

## 2. 求解全反射现象中光的传播时间的一般思路

(1)全反射现象中,光在同种均匀介质中的传播速度不发生变化,即  $v = \frac{c}{n}$ 。

(2)全反射现象中,光的传播路程应结合光路图与几何关系进行确定。

(3)利用  $t = \frac{l}{v}$  求解光的传播时间。

## 3. 解决全反射问题的一般方法

(1)确定光是从光密介质进入光疏介质。

(2)应用  $\sin C = \frac{1}{n}$  确定临界角。

(3)根据题设条件,判定光在传播时是否发生全反射。

(4)如发生全反射,画出入射角等于临界角时的临界光路图。

(5)运用几何关系或三角函数关系以及反射定律等进行分析、判断、运算,解决问题。

**[典例]** (2014·全国卷 I)一个半圆柱形玻璃砖,其横截面是半径为  $R$  的半圆,  $AB$  为半圆的直径,  $O$  为圆心,如图 12-3-3 所示。玻璃的折射率为  $n = \sqrt{2}$ 。

{INCLUDEPICTURE"GKJXKB1-20.TIF"}

图 12-3-3

(1)一束平行光垂直射向玻璃砖的下表面,若光线到达上表面后,都能从该表面射出,则入射光束在  $AB$  上的最大宽度为多少?

(2)一细束光线在  $O$  点左侧与  $O$  相距  $\frac{\sqrt{3}}{2}R$  处垂直于  $AB$  从下方入射,求此光线从玻璃砖射出点的位置。

**[解析]** (1)在  $O$  点左侧,设从  $E$  点射入的光线进入玻璃砖后在上表面的入射角恰好等于全反射的临界角  $\theta$ ,则  $OE$  区域的入射光线经上表面折射后都能从玻璃砖射出,如图甲所示。由全反射条件有

{INCLUDEPICTURE"GKTXKB1-F.TIF"}

甲

$$\sin \theta = \frac{1}{n} \quad ①$$

由几何关系有  $OE = R \sin \theta$  ②

由对称性可知,若光线都能从上表面射出,光束的宽度最大为  $l = 2OE$  ③

联立①②③式,代入已知数据得

$$l = \frac{\sqrt{2}}{2}R \quad ④$$

(2)设光线在距  $O$  点  $\frac{\sqrt{3}}{2}R$  的  $C$  点射入后,在上表面的入射角为  $\alpha$ ,由几何关系及④式和已知条件得

$$\alpha = 60^\circ > \theta$$



光线在玻璃砖内会发生三次全反射，最后由  $G$  点射出，如图乙所示。由反射定律和几何关系得

{INCLUDEPICTURE"GKTXKB1-G.TIF"}

乙

$$OG=OC=\sqrt[3]{2}R \text{ ⑥}$$

射到  $G$  点的光有一部分被反射，沿原路返回到达  $C$  点射出。

[答案] (1)  $\sqrt[3]{2}R$  (2)见解析

[方法规律]

### 解答全反射类问题的技巧

(1)解答全反射类问题时，要抓住发生全反射的两个条件。

①光必须从光密介质射入光疏介质；

②入射角大于或等于临界角。

(2)利用好光路图中的临界光线，准确地判断出恰好发生全反射的光路图是解题的关键，且在作光路图时尽量与实际相符。

### [针对训练]

1. (2014·重庆高考)打磨某剖面如图 12-3-4 所示的宝石时，必须将  $OP$ 、 $OQ$  边与轴线的夹角  $\theta$  切割在  $\theta_1 < \theta < \theta_2$  的范围内，才能使从  $MN$  边垂直入射的光线，在  $OP$  边和  $OQ$  边都发生全反射(仅考虑如图所示的光线第一次射到  $OP$  边并反射到  $OQ$  边后射向  $MN$  边的情况)，则下列判断正确的是( )

{INCLUDEPICTURE"14LZCQ13.TIF"}

图 12-3-4

A. 若  $\theta > \theta_2$ ，光线一定在  $OP$  边发生全反射

B. 若  $\theta > \theta_2$ ，光线会从  $OQ$  边射出

C. 若  $\theta < \theta_1$ ，光线会从  $OP$  边射出

D. 若  $\theta < \theta_1$ ，光线会在  $OP$  边发生全反射

解析：选 D 题图中，要使光线可在  $OP$  边发生全反射，图中光线在  $OP$  边上的入射角大于  $90^\circ - \theta_2$ 。从  $OP$  边上反射到  $OQ$  边的光线，入射角大于  $90^\circ - (180^\circ - 3\theta_1) = 3\theta_1 - 90^\circ$  可使光线在  $OQ$  边上发生全反射。若  $\theta > \theta_2$ ，光线不能在  $OP$  边上发生全反射；若  $\theta < \theta_1$ ，光线不能在  $OQ$  边上发生全反射，综上所述，选项 D 正确。

2.(2014·山东高考)如图 12-3-5，三角形  $ABC$  为某透明介质的横截面， $O$  为  $BC$  边的中点，位于截面所在平面内的一束光线自  $O$  以角  $i$  入射，第一次到达  $AB$  边恰好发生全反射。已知  $\theta = 15^\circ$ ， $BC$  边长为  $2L$ ，该介质的折射率为  $\sqrt{2}$ 。求：

{INCLUDEPICTURE"14GS-35.TIF"}

图 12-3-5

(1)入射角  $i$ ;

(2)从入射到发生第一次全反射所用的时间

(设光在真空中的速度为  $c$ ，可能用到： $\sin 75^\circ = \frac{\sqrt{6} + \sqrt{2}}{4}$  或  $\tan 15^\circ = 2 - \sqrt{3}$ )。

解析：(1)根据全反射规律可知，光线在  $AB$  面上  $P$  点的入射角等于临界角  $C$ ，由折射定律得

$$\sin C = \frac{1}{n} \quad ①$$

代入数据得

$$C = 45^\circ \quad ②$$

设光线在  $BC$  面上的折射角为  $r$ ，由几何关系得

$$r = 30^\circ \quad ③$$

由折射定律得

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} \quad ④$$

联立③④式，代入数据得

$$i = 45^\circ \quad ⑤$$

(2)在  $\triangle OPB$  中，根据正弦定理得

$$\frac{\sin \angle OPB}{\sin 75^\circ} = \frac{L}{\sin 45^\circ} \quad ⑥$$

设所用时间为  $t$ ，光线在介质中的速度为  $v$ ，得

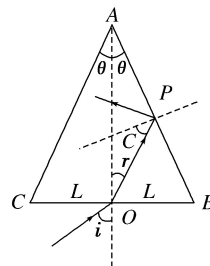
$$\sin \angle OPB = vt \quad ⑦$$

$$v = \frac{c}{n} \quad ⑧$$

联立⑥⑦⑧式，代入数据得

$$t = \frac{\sqrt{6} + \sqrt{2}}{2c} L \quad ⑨$$

答案：(1) $45^\circ$  (2) $\frac{\sqrt{6} + \sqrt{2}}{2c} L$



### 要点三 色散{INCLUDEPICTURE"自主悟透型.tif"}

#### 1. 光的色散

(1)现象：一束白光通过三棱镜后在屏上会形成彩色光带。



图 12-3-6



图 12-3-7

(2)成因：棱镜材料对不同色光的折射率不同，对红光的折射率最小，红光通过棱镜后的偏折程度最小，对紫光的折射率最大，紫光通过棱镜后的偏折程度最大，从而产生色散现象。

## 2. 各种色光的比较

颜 色	红橙黄绿青蓝紫
频率 $\nu$	低→高
同一介质中的折射率	小→大
同一介质中的速度	大→小
波长	大→小
通过棱镜的偏折角	小→大
临界角	大→小
双缝干涉时的条纹间距	大→小

### [多角练通]

1. (2013·福建高考)一束由红、紫两色光组成的复色光,从空气斜射向玻璃三棱镜。下面四幅图中能正确表示该复色光经三棱镜折射分离成两束单色光的是( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-67.tif"}

图 12-3-8

解析:选 B 光通过玻璃三棱镜后向它的横截面的底边偏折,故 C、D 选项错误;同一介质对频率越高的光的折射率越大,所以复色光经玻璃折射后,光路应分开,故 A 选项错误。紫光的频率比红光的大,故经玻璃三棱镜后紫光的偏折程度大于红光的,故 B 选项正确。

2. (多选)(2014·浙江高考)关于下列光学现象,说法正确的是( )

- A. 水中蓝光的传播速度比红光快
- B. 光从空气射入玻璃时可能发生全反射
- C. 在岸边观察前方水中的一条鱼,鱼的实际深度比看到的要深
- D. 分别用蓝光和红光在同一装置上做双缝干涉实验,用红光时得到的条纹间距更宽

解析:选 CD 光在介质中的传播速度  $v=c/n$ , 其中  $n$  是折射率, 由于水对蓝光的折射率大于水对红光的折射率, 所以在水中蓝光传播速度比红光慢, A 错误; 光从光密介质射入光疏介质时, 才有可能发生全反射, B 错误; 视深  $h$  和实际深度  $H$  的关系为  $h=\frac{H}{n}$ , 所以鱼的实际深度比看到的要深, C 正确; 双缝干涉实验中条纹间距  $\Delta x=\frac{L}{d}\lambda$ , 由于红光波长大于蓝光波长, 所以用红光时得到的条纹间距更宽, D 正确。

3. (多选)(2015·唐山模拟)某学习小组在探究三棱镜对光的色散的实验中,用一束含有两种 A、B 不同颜色的光束以一定的角度从三棱镜的一边射入, 并从另一面射出, 如图 12-3-9 所示。由此我们可以知道( )

{INCLUDEPICTURE"思+25.TIF"}

图 12-3-9

- A. 在同种介质中,  $A$  光的波长比  $B$  光的波长长
- B. 从空气中以相同的入射角射入同样的介质,  $A$  光的折射角比  $B$  光的小
- C.  $A$ 、 $B$  两种光在水中的速度一样大
- D.  $A$ 、 $B$  两种光从相同的介质入射到空气中, 逐渐增大入射角,  $B$  光先发生全反射

**解析:** 选 AD 由图可知,  $B$  光折射率较大,  $B$  光的频率大。在同种介质中,  $A$  光的波长比  $B$  光的波长长, 选项 A 正确; 从空气中以相同的入射角射入同样的介质,  $A$  光的折射角比  $B$  光的大, 选项 B 错误;  $A$ 、 $B$  两种光在水中的速度,  $A$  光较大, 选项 C 错误; 由于  $B$  光的折射率较大,  $B$  光的全反射临界角较小,  $A$ 、 $B$  两种光从相同的介质入射到空气中, 逐渐增大入射角,  $B$  光先发生全反射, 选项 D 正确。

### 3 课后演练 · 对点设计

对接高考

题组集训

讲练对应更实用

#### 对点训练: 折射定律

1. 如图 1 所示, 一条光线从空气垂直射到直角玻璃三棱镜的界面  $AB$  上, 棱镜材料的折射率为 1.414, 这条光线从  $BC$  边射出棱镜后的光线与界面  $BC$  的夹角为( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-69.TIF"}

图 1

- A.  $90^\circ$
- B.  $60^\circ$
- C.  $30^\circ$
- D.  $45^\circ$

**解析:** 选 D 由  $\sin C = \frac{1}{n}$  得: 光从玻璃射向真空时, 发生全反射时的临界角为:  $C = 45^\circ$ 。由几何关系可求得在  $BC$  面的入射角为  $30^\circ$ , 由折射定律知:  $n = \frac{\sin r}{\sin i}$  得  $\sin r = n \sin i = \sqrt{2} \cdot \sin 30^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$ , 所以  $r = 45^\circ$ , 则射出棱镜后的光线与界面  $BC$  的夹角为  $45^\circ$ , 故 D 正确。

2. 如图 2 所示, 玻璃球的半径为  $R$ , 折射率  $n = \sqrt{3}$ , 今有一束平行直径  $AB$  方向的光照射在玻璃球上, 经  $B$  点最终能沿原方向相反方向射出的光线离  $AB$  的距离为( )

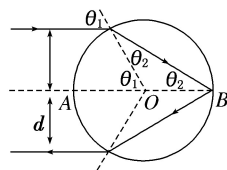
{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-70.TIF"}

图 2

- A.  $\sqrt{3}R$
- B.  $\frac{\sqrt{3}}{3}R$
- C.  $\frac{\sqrt{3}}{2}R$
- D.  $\frac{R}{2}$

**解析:** 选 C 由题意分析: 光线照射在玻璃球上, 最终能沿原方向相反方向射出, 说明入射光路与出射光路平行对称, 作出光路图,

由光路图知:  $\theta_1 = 2\theta_2$ , 又由折射定律得  $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$ , 解以



上两式得： $\cos \theta_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}$ ，即  $\theta_2 = 30^\circ$ ， $\theta_1 = 60^\circ$ ，则  $d = R \sin \theta_1$ ，所以  $d = \frac{\sqrt{3}}{2}R$ ，C 正确。

3. (多选)一束光从空气射向折射率  $n = \sqrt{2}$  的某种玻璃的表面，如图 3 所示。 $i$  代表入射角，则( )



图 3

- A. 当入射角  $i = 0^\circ$  时不会发生折射现象
- B. 无论入射角  $i$  是多大，折射角  $r$  都不会超过  $45^\circ$
- C. 欲使折射角  $r = 30^\circ$ ，应以  $i = 60^\circ$  的角度入射
- D. 当入射角  $i = \arctan \sqrt{2}$  时，反射光线跟折射光线恰好互相垂直

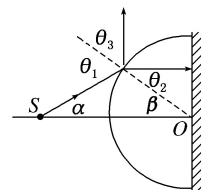
解析：选 BD 当入射角  $i = 0^\circ$  时光能从空气进入玻璃，故发生了折射，A 错误；当入射角是  $90^\circ$  时，根据折射定律  $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ ，解得： $r = 45^\circ$ ，所以无论入射角  $i$  是多大，折射角  $r$  都不会超过  $45^\circ$ ，B 正确；欲使折射角  $r = 30^\circ$ ，根据折射定律  $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ ，解得： $i = 45^\circ$ ，故 C 错误；当  $i = \arctan \sqrt{2}$ ，有  $\tan i = \sqrt{2}$ ，设入射角为  $i$ ，折射角为  $r$ ，根据折射定律  $n = \frac{\sin i}{\sin r} = \tan i$ ，解得  $\sin r = \cos i$ ，所以反射光线跟折射光线恰好互相垂直，故 D 正确。

4. 有一玻璃半球，右侧面镀银，光源  $S$  就在其对称轴  $SO$  上( $O$  为球心)，且  $SO$  水平，如图 4 所示。从光源  $S$  发出的一束光射到球面上，其中一部分光经球面反射后恰能竖直向上传播，另一部分光折入玻璃半球内，经右侧镀银面第一次反射恰能沿原路返回。若球面半径为  $R$ ，玻璃折射率为  $\sqrt{3}$ ，求光源  $S$  与球心  $O$  之间的距离  $SO$  为多大？



图 4

解析：如图所示，由光的反射定律可知： $\theta_1 = \theta_3$ ， $\theta_2 + \theta_3 = 90^\circ$ ， $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$  可得： $\theta_1 = 60^\circ$ ， $\theta_2 = 30^\circ$ ，则  $\beta = \theta_2 = 30^\circ$ ， $\alpha = \theta_1 - \beta = 30^\circ$



可得  $SO = 2R \cos 30^\circ = \sqrt{3}R$ 。

答案： $\sqrt{3}R$

对点训练：全反射

5. (2014·福建高考)如图 5，一束光由空气射向半圆柱体玻璃砖， $O$  点为该玻璃砖截面的圆心，下图能正确描述其光路的是( )



图 5

解析：选 A 光只有从光密介质射向光疏介质且入射角大于全反射临界角时才会发生全反射现象，而玻璃相对于空气是光密介质，故 B 项错；由折射定律可知，光由空气射入玻璃，入射角大于折射角，D 项错；由光路可逆原理可知，光由玻璃射入空气，入射角小于折射角，C 项错，故 A 项对。

6. 公园里灯光喷泉的水池中有处于同一深度的若干彩灯，在晚上观察不同颜色彩灯的深度和水面上被照亮的面积，下列说法正确的是( )

- A. 红灯看起来较浅，红灯照亮的水面面积较小
- B. 红灯看起来较深，红灯照亮的水面面积较小
- C. 红灯看起来较浅，红灯照亮的水面面积较大
- D. 红灯看起来较深，红灯照亮的水面面积较大

解析：选 D 光从水里射入空气时发生折射，入射角相同时，折射率越大，折射角越大，从水面上看光源越浅，红灯发出的红光的折射率最小，看起来最深；设光源的深度为  $d$ ，光的临界角为  $C$ ，则光能够照亮的水面面积大小为  $S=\pi(d\tan C)^2$ ，可见，临界角越大的光，照亮的面积越大，各种色光中，红光的折射率最小，临界角最大，所以红灯照亮的水面面积较大，选项 D 正确。

7. 如图 6 所示，扇形  $AOB$  为透明柱状介质的横截面，圆心角  $\angle AOB=60^\circ$ 。一束平行于角平分线  $OM$  的单色光由  $OA$  射入介质，经  $OA$  折射的光线恰平行于  $OB$ ，以下对该介质的折射率值及折射光线中恰好射到  $M$  点的光线能不能发生全反射的说法正确的是( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-75.TIF"}

图 6

- A.  $\sqrt{3}$ ，不能发生全反射
- B.  $\sqrt{3}$ ，能发生全反射
- C.  $\frac{\sqrt{3}}{3}$ ，不能发生全反射
- D.  $\frac{\sqrt{3}}{3}$ ，能发生全反射

解析：选 A 画出光路图，并根据几何关系标出角度，如图所示。由图可知，介质的折射率  $n=\frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ}=\sqrt{3}$ ；因为  $\sin 30^\circ=\frac{1}{2}<\frac{1}{\sqrt{3}}=\sin C$ ，所以折射光线中恰好射到  $M$  点的光线不能发生全反射，选项 A 正确。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-76.TIF"}

8. 如图 7 所示，空气中有一折射率为  $\sqrt{2}$  的玻璃柱体，其横截面是圆心角为  $90^\circ$ ，半径为  $R$  的扇形  $NBC$ 。该柱体厚度为  $h$ ，即  $MN=DC=AB=h$ 。一束刚好覆盖  $ABNM$  面的单色光，以与该面成  $45^\circ$  角的方向照射到  $ABNM$  面上。若只考虑首次入射到  $ABCD$  面上的光，则  $ABCD$  面上有光透出部分的面积为( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-77.TIF"}

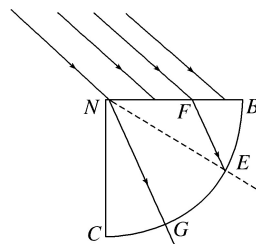
图 7

- A.  $\frac{\pi R h}{6}$
- B.  $\frac{\pi R h}{4}$

C.  $\pi R h, 3$

D.  $5\pi R h, 12$

解析：选 B 根据折射定律有： $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ ，得  $\sin r = \frac{\sin i}{n} = \frac{\sin 45^\circ}{\sqrt{2}} = 0.5$ ，折射角  $r = 30^\circ$ ，即光进入玻璃后光线与竖直方向的夹角为  $30^\circ$ 。过  $N$  的光线垂直入射到  $BC$  界面上点  $G$  射出， $G$  到  $C$  之间没有光线射出；越接近  $B$  的光线入射到  $BC$  界面上时的入射角越大，发生全反射的可能性越大。根据临界角公式： $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ ，可得临界角  $C = 45^\circ$ ，设  $BC$  界面上的临界点为  $E$ ，此光线由  $NB$  界面上点  $F$  入射，在三角形  $NEF$  中可求得  $NE$  与水平方向的夹角为： $180^\circ - (120^\circ + 45^\circ) = 15^\circ$ ，所以  $E$  到  $B$  之间没有光线射出。由此可得没有光线射出的圆弧对应圆心角为  $90^\circ - (30^\circ + 15^\circ) = 45^\circ = \frac{\pi}{4}$ ，所以有光透出的部分的弧长为  $\pi R, 4$ ，则  $ABCD$  面上有光透出部分的面积为  $S = \pi R h, 4$ ，故 A、C、D 错误，B 正确。



### 对点训练：色散现象

9. 如图 8 所示是一观察太阳光谱的简易装置，一加满清水的碗放在有阳光的地方，将平面镜  $M$  斜放入水中，调整其倾斜角度，使太阳光经水面折射再经水中平面镜反射，最后由水面折射回空气射到室内白墙上，即可观察到太阳光谱的七色光带。逐渐增大平面镜的倾斜角度，各色光将陆续消失，则此七色光带从上到下的排列顺序以及最先消失的光分别是( )



图 8

- A. 红光→紫光，红光  
B. 紫光→红光，红光  
C. 红光→紫光，紫光  
D. 紫光→红光，紫光

解析：选 C 根据折射定律作出光路图可知，此七色光带从上到下的排列顺序是红光→紫光；因为水对紫光的折射率  $n$  最大，根据公式  $\sin C = \frac{1}{n}$  可知，其从水中射向水平面时发生全反射的临界角最小，所以最先消失。综上分析，正确选项为 C。

10. 如图 9 所示，一细束白光通过玻璃三棱镜折射后分为各种单色光，取其中  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三种色光，下列说法正确的是( )



图 9

- A. 若  $b$  光为绿光，则  $c$  光可能为蓝光  
B. 若分别让  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三色光通过一双缝装置，则  $a$  光形成的干涉条纹的间距最小  
C.  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三色光在玻璃三棱镜中的传播速度依次越来越小  
D. 若让  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三色光以同一入射角，从某介质射向空气， $b$  光恰能发生全反射，则  $c$  光也一定能发生全反射

**解析：**选 B 白光经过色散后，从  $c$  到  $a$  形成红光到紫光的彩色光带，从  $c$  到  $a$  波长在逐渐减小，因为蓝光的波长小于绿光的波长，所以如果  $b$  是绿光， $c$  绝对不可能是蓝光，A 错误； $c$  光的波长最长， $a$  光波长最短，由于干涉条纹的间距与波长成正比， $a$  光形成的干涉条纹的间距最小，故 B 正确；由图看出， $c$  光的折射率最小， $a$  光的折射率最大，由公式  $v = \frac{c}{n}$  分析可知， $a$ 、 $b$ 、 $c$  三色光在玻璃三棱镜中的传播速度依次越来越大，故 C 错误； $c$  光的折射率最小， $a$  光的折射率最大，由临界角公式  $\sin C = \frac{1}{n}$  分析得知， $a$  光的临界角最小， $c$  光临界角最大，则若让  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三色光以同一入射角，从某介质射向空气， $b$  光恰能发生全反射，则  $c$  光一定不能发生全反射，故 D 错误。

### 对点训练：综合应用

11. 如图 10 所示，一束截面为圆形(半径  $R=1\text{ m}$ )的平行紫光垂直射向一半径也为  $R$  的玻璃半球的平面，经折射后在屏幕  $S$  上形成一个圆形亮区。屏幕  $S$  至球心距离为  $D=(\sqrt{2}+1)\text{ m}$ ，不考虑光的干涉和衍射，试问：

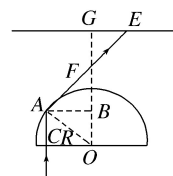
{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-81.TIF"}

图 10

(1)若玻璃半球对紫色光的折射率为  $n=\sqrt{2}$ ，请求出圆形亮区的半径；

(2)若将题干中紫光改为白光，在屏幕  $S$  上形成的圆形亮区的边缘是什么颜色？

**解析：**(1)如图，紫光刚要发生全反射时的临界光线射在屏幕  $S$  上的点  $E$ ， $E$  点到亮区中心  $G$  的距离  $r$  就是所求最大半径。设紫光临界角为  $C$ ，由全反射的知识： $\sin C = \frac{1}{n}$



由几何知识可知： $AB = R \sin C = R \sin C$

$OB = R \cos C = R \sqrt{1 - \frac{1}{n^2}}$   $BF = AB \tan C = R \sqrt{1 - \frac{1}{n^2}}$   $GF = D - (OB + BF) = D - R \left( \sqrt{1 - \frac{1}{n^2}} + \sqrt{1 - \frac{1}{n^2}} \right)$   $\{GE, AB\} = \{GF, FB\}$

所以有： $r_m = GE = \sqrt{GF \cdot AB, FB} = D \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{n^2}} - nR = 1\text{ m}$ 。

②由于白色光中紫光的折射率最大，临界角最小，故在屏幕  $S$  上形成的圆形亮区的边缘应是紫色光。

**答案：**(1)1 m (2)紫色

12. 如图 11 所示为某种透明介质的截面图， $\triangle AOC$  为等腰直角三角形， $OBC$  为半径  $R=10\text{ cm}$  的四分之一圆弧， $AB$  与水平屏幕  $MN$  垂直并接触于  $A$  点。由红光和紫光两种单色光组成的复色光射向圆心  $O$ ，在  $AB$  分界面上的入射角  $i=45^\circ$ ，结果在水平屏幕  $MN$  上出现两个亮斑。已知该介质对红光和紫光的折射率分别为  $n_1 = \frac{2\sqrt{3}}{3}$ ， $n_2 = \sqrt{2}$ 。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-83.TIF"}



图 11

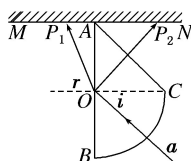
(1)判断在  $AM$  和  $AN$  两处产生亮斑的颜色;

(2)求两个亮斑间的距离。

解析: (1)设红光和紫光的临界角分别为  $C_1$ 、 $C_2$ , 则  $\sin C_1 = \frac{1}{n_1} = \frac{1}{\sqrt{3}}$ ,  $C_1 = 60^\circ$ ,

同理  $C_2 = 45^\circ$ ,  $i = 45^\circ = C_2$ ,  $i = 45^\circ < C_1$ , 所以紫光在  $AB$  面发生全反射, 而红光在  $AB$  面一部分折射, 一部分反射, 且由几何关系可知, 反射光线与  $AC$  垂直, 所以在  $AM$  处产生的亮斑  $P_1$  为红色, 在  $AN$  处产生的亮斑  $P_2$  为红色和紫色的混合色。

(2)画出如图所示光路图, 设折射角为  $r$ , 两个光斑分别为  $P_1$ ,  $P_2$ , 根据折射定律  $n_1 = \frac{\sin i}{\sin r}$  求得  $\sin r = \frac{\sqrt{6}}{3}$



由几何知识可得:  $\tan r = \frac{AP_1}{AO}$ , 解得  $AP_1 = 5\sqrt{2}$  cm。

由几何知识可得  $\triangle OAP_2$  为等腰直角三角形, 解得  $AP_2 = 10$  cm, 所以  $P_1P_2 = (5\sqrt{2} + 10)$  cm。

答案: (1)在  $AM$  处产生的亮斑  $P_1$  为红色, 在  $AN$  处产生的亮斑  $P_2$  为红色和紫色的混合色

(2)  $(5\sqrt{2} + 10)$  cm

#### 第 4 节 光的波动性 电磁波 相对论

### 1

#### 课前基础 · 简要回顾

宏观整合

微观提醒

回顾旧知短平快

{INCLUDEPICTURE"宏观.tif"}

{INCLUDEPICTURE"124.TIF"}, {INCLUDEPICTURE"微观.tif"}

- (1)光的颜色取决于折射率。(×)
- (2)只有频率相同的两列光波才能产生干涉。(√)
- (3)在双缝干涉实验中, 双缝的作用是使白光变成单色光。(×)
- (4)阳光下茂密的树荫中地面上的圆形亮斑是光的衍射形成的。(×)
- (5)自然光是偏振光。(×)
- (6)电场周围一定存在磁场, 磁场周围一定存在电场。(×)
- (7)无线电波不能发生干涉和衍射现象。(×)
- (8)波长不同的电磁波在本质上完全不同。(×)
- (9)真空中的光速在不同惯性参考系中是不同的。(×)

### 2

#### 课堂释疑 · 一站突破

宜简则简

宜繁则繁

不同要点不同编排

要点一 光的干涉、衍射及偏振 {INCLUDEPICTURE"师生共研型.tif"}

## 1. 光的干涉

### (1)明暗条纹的判断方法

#### ①单色光



图 12-4-1

a. 如图 12-4-1 所示, 光源  $S_1$ 、 $S_2$  发出的光到屏上  $P$  点的路程差  $r_2 - r_1 = k\lambda (k=0,1,2\cdots)$  时, 光屏上出现明条纹。

b. 光的路程差  $r_2 - r_1 = (2k+1)\frac{\lambda}{2} (k=0,1,2\cdots)$  时, 光屏上出现暗条纹。

②白光: 光屏上出现彩色条纹。

③中央条纹为明条纹。

(2)双缝干涉条纹是等间距的, 相邻明条纹(或暗条纹)间的距离与波长成正比(装置已确定的情况下)。利用双缝干涉实验可测量光波的波长。

#### (3)薄膜干涉

①如图 12-4-2 所示, 竖直的肥皂薄膜, 由于重力的作用, 形成上薄下厚的楔形。



图 12-4-2

②光照射到薄膜上时, 在膜的前表面  $AA'$  和后表面  $BB'$  分别反射出来, 形成两列频率相同的光波, 并且叠加。

#### ③原理分析

##### 单色光

a. 在  $P_1$ 、 $P_2$  处, 两个表面反射回来的两列光波的路程差  $\Delta r$  等于波长的整数倍, 即  $\Delta r = n\lambda (n=1,2,3\cdots)$ , 薄膜上出现明条纹。

b. 在  $Q$  处, 两列反射回来的光波的路程差  $\Delta r$  等于半波长的奇数倍, 即  $\Delta r = (2n+1)\frac{\lambda}{2} (n=0,1,2,3\cdots)$ , 薄膜上出现暗条纹。

白光: 薄膜上出现水平彩色条纹。

#### (4)薄膜干涉的应用

干涉法检查平面如图 12-4-3 所示, 两板之间形成一楔形空气膜, 用单色光从上向下照射, 如果被检平面是平整光滑的, 我们会观察到平行且等间距的明暗相间的条纹; 若被检平面不平整, 则干涉条纹发生弯曲。



图 12-4-3

## 2. 光的干涉和衍射的比较

### (1)干涉和衍射的比较

内容			干涉	衍射
现象			在光重叠区域出现加强或减弱的现象	光绕过障碍物偏离直线传播的现象
产生条件			两束光频率相同、相位差恒定	障碍物或孔的尺寸与波长差不多或更小
典型实验			杨氏双缝实验	单缝衍射(圆孔衍射、不透明圆盘衍射)
图 样 特 点	不 同 点	条纹 宽度	条纹宽度相等	条纹宽度不等，中央最宽
		条纹 间距	各相邻条纹间距相等	各相邻条纹间距不等
		亮度 情况	清晰条纹，亮度基本相等	中央条纹最亮，两边变暗
	相同点		干涉、衍射都是波特有的现象；干涉、衍射都有明暗相间的条纹	

(2)对光的衍射的理解

①干涉和衍射是波的特征，波长越长，干涉和衍射现象越明显。在任何情况下都可以发生衍射现象，只是明显与不明显的差别。

②衍射现象说明“光沿直线传播”只是一种特殊情况，只有在光的波长比障碍物小得多时，光才可以看做是沿直线传播的。

**[典例]** (2014·**大纲卷**)在双缝干涉实验中，一钠灯发出的波长为 589 nm 的光，在距双缝 1.00 m 的屏上形成干涉图样。图样上相邻两明纹中心间距为 0.350 cm，则双缝的间距为( )

- A.  $2.06\times10^{-7}\text{ m}$
- B.  $2.06\times10^{-4}\text{ m}$
- C.  $1.68\times10^{-4}\text{ m}$
- D.  $1.68\times10^{-3}\text{ m}$

**[解析]** 根据双缝干涉图样的相邻两明条纹间距公式  $\Delta x=\frac{\lambda}{d}l$ ，可得： $d=\frac{\lambda l}{\Delta x}=\frac{589\times10^{-9}\times1.00}{0.350\times10^{-2}}\text{ m}=1.68\times10^{-4}\text{ m}$ ，选项 C 正确，A、B、D 错误。

**[答案]** C

**[针对训练]**

1. (2014·**江苏高考**)某同学用单色光进行双缝干涉实验，在屏上观察到图 12-4-4 甲所示的条纹，仅改变一个实验条件后，观察到的条纹如图乙所示。他改变的实验条件可能是\_\_\_\_\_。

{INCLUDEPICTURE"14GW-13.TIF"}

图 12-4-4

- A. 减小光源到单缝的距离

- B. 减小双缝之间的距离
- C. 减小双缝到光屏之间的距离
- D. 换用频率更高的单色光源

**解析：**选 B 根据条纹间距公式  $\Delta x = \frac{\lambda}{d} l$  可知，若增大条纹间距，可以采取的措施有：换用波长更长、频率更低的单色光源，减小双缝间的距离  $d$ ，增大双缝到屏的距离  $l$ ，故选项 B 正确。

2. 图 12-4-5 所示为条纹总宽度相同的 4 种明暗相间的条纹，其中有两种是红光、蓝光各自通过同一个双缝干涉仪器形成的干涉图样，还有两种是黄光、紫光各自通过同一个单缝形成的衍射图样(灰黑色部分表示亮纹)。则图中从左向右排列，亮条纹的颜色依次是( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-88.tif"}

图 12-4-5

- A. 红黄蓝紫
- B. 红紫蓝黄
- C. 蓝紫红黄
- D. 蓝黄红紫

**解析：**选 B 由双缝干涉条纹间隔公式可知，左侧第一个是红光通过同一个双缝干涉仪器形成的干涉图样，第三个是蓝光通过同一个双缝干涉仪器形成的干涉图样；由单缝衍射可知，左侧第二个是紫光通过同一个单缝形成的衍射图样，左侧第四个是黄光通过同一个单缝形成的衍射图样，所以选项 B 正确。

3.(多选)把一平行玻璃板压在另一个平行玻璃板上，一端用薄片垫起，构成空气劈尖，让单色光从上方射入，如图 12-4-6 所示。这时可以看到明暗相间的条纹。下面关于条纹的说法中正确的是( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-89.TIF"}

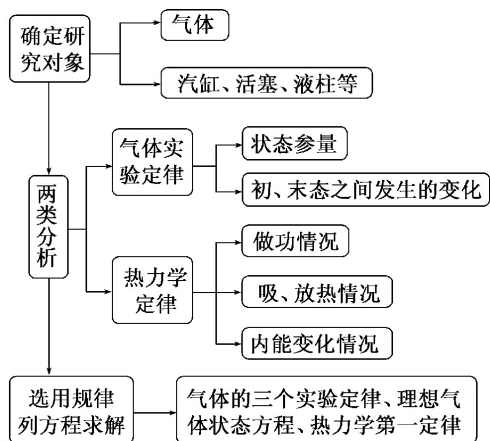
图 12-4-6

- A. 干涉条纹是光在空气尖劈膜的前后两表面反射形成的两列光波叠加的结果
- B. 干涉条纹中的暗条纹是上述两列反射光的波谷与波谷叠加的结果
- C. 将上玻璃板平行上移，条纹向着劈尖移动
- D. 观察薄膜干涉条纹时，应在入射光的另一侧

**解析：**选 AC 根据薄膜干涉的产生原理，上述现象是由空气膜前后表面反射的两列光叠加而成，当波峰与波峰、波谷与波谷相遇叠加时，振动加强，形成亮条纹，所以 A 项对，B 项错。因相干光是反射光，故观察薄膜干涉时，应在入射光的同一侧，故 D 项错误。条纹的位置与空气膜的厚度是对应的，当上玻璃板平行上移时，同一厚度的空气膜向劈尖移动，故条纹向着劈尖移动，故 C 项正确。

## 要点二 电磁场和电磁波 {INCLUDEPICTURE"自主悟透型.tif"}

### 1. 对麦克斯韦电磁场理论的理解



## 2. 对电磁波的理解

(1)电磁波是横波。电磁波的电场、磁场、传播方向三者两两垂直，如图 12-4-7 所示。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-90.TIF"}

图 12-4-7

(2)电磁波与机械波不同，机械波在介质中传播的速度只与介质有关，电磁波在介质中传播的速度与介质和频率均有关。

## 3. 电磁波谱分析及应用

电磁波谱	频率/Hz	真空中波长/m	特性	应用	递变规律
无线电波	$<3 \times 10^{11}$	$>10^{-3}$	波动性强，易发生衍射	无线电技术	<div>           衍射能力减弱            直线传播能力增强         </div>
红外线	$10^{11} \sim 10^{15}$	$10^{-3} \sim 10^{-7}$	热效应	红外遥感	
可见光	$10^{15}$	$10^{-7}$	引起视觉	照明、摄影	
紫外线	$10^{15} \sim 10^{17}$	$10^{-7} \sim 10^{-9}$	化学效应、荧光效应、灭菌消毒	医用消毒、防伪	
X 射线	$10^{16} \sim 10^{19}$	$10^{-8} \sim 10^{-11}$	贯穿本领强	检查、医用透视	
$\gamma$ 射线	$>10^{19}$	$<10^{-11}$	贯穿本领最强	工业探伤、医用治疗	

### [特别提醒]

(1)波长不同的电磁波，表现出不同的特性。其中波长较长的无线电波和红外线等，易发生干涉、衍射现象；波长较短的紫外线、X 射线、 $\gamma$  射线等，穿透能力较强。

(2)电磁波谱中，相邻两波段的电磁波的波长并没有很明显的界线，如紫外线和 X 射线、

X 射线和  $\gamma$  射线都有重叠，但它们产生的机理不同。

### [多角练通]

1. (2014·四川高考)电磁波已广泛运用于很多领域。下列关于电磁波的说法符合实际的是 ( )

- A. 电磁波不能产生衍射现象
- B. 常用的遥控器通过发出紫外线脉冲信号来遥控电视机
- C. 根据多普勒效应可以判断遥远天体相对于地球的运动速度
- D. 光在真空中运动的速度在不同惯性系中测得的数值可能不同

解析：选 C 干涉、衍射是波所特有的现象，所以电磁波能产生衍射现象，选项 A 错误；常用的遥控器是通过发出红外线来遥控电视机的，选项 B 错误；利用多普勒效应可以判断遥远天体相对地球的速度，选项 C 正确；根据光速不变原理，在不同的惯性系中，光速是相同的，选项 D 错误。

2. (多选)关于电磁波谱，下列说法正确的是( )

- A. 电磁波中最容易表现出干涉、衍射现象的是无线电波
- B. 紫外线的频率比可见光低，长时间照射可以促进钙的吸收，改善身体健康
- C. X 射线和  $\gamma$  射线的波长比较短，穿透力比较强
- D. 红外线的显著作用是热作用，温度较低的物体不能辐射红外线

解析：选 AC 无线电波的波长长，易发生衍射现象，A 正确。紫外线的频率比可见光高，B 错。任何物体都能辐射红外线，D 错。故选 A、C。

3. 关于电磁波，下列说法正确的是( )

- A. 雷达是用 X 光来测定物体位置的设备
- B. 使电磁波随各种信号而改变的技术叫做解调
- C. 用红外线照射时，大额钞票上用荧光物质印刷的文字会发出可见光
- D. 变化的电场可以产生磁场

解析：选 D 雷达是用微波测定物体的位置的，A 错；使电磁波随各种信号而改变的技术叫调制，B 错；使钞票上的荧光物质发出可见光的是紫外线，C 错；根据麦克斯韦电磁场理论，变化的电场可以产生磁场，D 正确。

### 要点三 狭义相对论的简单应用

1. 惯性系：如果牛顿运动定律在某个参考系中成立，这个参考系叫做惯性系。相对一个惯性系做匀速直线运动的另一个参考系也是惯性系。

2. 光速的大小与选取的参考系无关，因为光速是从麦克斯韦方程组中推导出来的，无任何前提条件。

3. 狭义相对论认为物体的质量  $m$  与物体的速度  $v$  有关，其关系式为  $m = m_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ 。

**[典例]** (2011·江苏高考)如图 12-4-8 所示,沿平直铁路线有间距相等的三座铁塔  $A$ 、 $B$  和  $C$ 。假想有一列车沿  $AC$  方向以接近光速行驶,当铁塔  $B$  发出一个闪光,列车上的观测者测得  $A$ 、 $C$  两铁塔被照亮的顺序是( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-91.TIF"}

图 12-4-8

- A. 同时被照亮
- B.  $A$  先被照亮
- C.  $C$  先被照亮
- D. 无法判断

**[解析]** 火车上的观察者以火车为参考系,那么灯塔  $A$ 、 $B$ 、 $C$  均沿向  $CA$  方向运动。 $B$  发出的光向  $A$ 、 $C$  传播的过程中, $A$  是远离光线运动的, $C$  是向着光线运动的,所以在火车上的观察者看来,光线先传播到  $C$ ,即  $C$  先被照亮, $C$  正确。

**[答案]** C

**[针对训练]**

1. (2010·北京高考)属于狭义相对论基本假设的是:在不同的惯性系中( )

- A. 真空中光速不变
- B. 时间间隔具有相对性
- C. 物体的质量不变
- D. 物体的能量与质量成正比

**解析:** 选 A 本题考查物理学史。意在考查考生是否了解物理发展史以及物理学家探索物理规律的基本思路。

<b>3</b>	<b>课后演练 · 对点设计</b>	对接高考	题组集训	讲练对应更实用
----------	--------------------	------	------	---------

**对点训练: 光的干涉、衍射及偏振现象**

1. 下列四种现象中与光的干涉有关的是( )

- A. 雨后空中出现彩虹
- B. 肥皂泡的表面呈现彩色
- C. 一束白光通过三棱镜后形成彩色光带
- D. 一束白光通过很窄的单缝后在光屏上形成彩色光带

**解析:** 选 B 雨后空中出现彩虹是太阳光经过悬浮在空气中的小液滴时发生色散而形成的,也就是七种单色光的折射率不同,而偏转程度不同而分成七种单色光,不是干涉,选项 A 错。肥皂泡的表面呈现彩色是由于白光在肥皂泡的前后表面的反射光相互叠加而干涉形成的,由于不同单色光波长不同,所以发生叠加后加强减弱的位置也不同,所以形成彩色条纹,选项 B 对。一束白光通过三棱镜后发生折射,由于折射率不同而发生色散形成彩色光带,选项 C 错。一束白光通过很窄的单缝后在光屏上形成彩色光带,属于光的衍射而不是干涉,选项 D 错。

2. 下列说法中正确的是( )

- A. 光导纤维传送光信号是利用了光的全反射现象
- B. 用标准平面检查光学平面的平整程度是利用了光的偏振现象
- C. 门镜可以扩大视野是利用了光的干涉现象
- D. 照相机镜头表面涂上增透膜，以增强透射光的强度，是利用了光的衍射现象

解析：选 A 光导纤维传送光信号是利用了光的全反射现象，A 正确；用标准平面检查光学平面的平整程度是利用了光的干涉现象，B 错误；门镜可以扩大视野是利用了光的折射现象，C 错误；照相机镜头表面涂上增透膜，以增强透射光的强度，是利用了光的干涉现象，D 错误。

3. 下列说法中正确的是( )

- A. 频率相同的两列波叠加时，振动最强区域的质点位移总是最大
- B. 雨后公路积水表面漂浮的油膜看起来是彩色的，这是光的折射现象
- C. 利用多普勒效应的原理，可以测量运动物体的速度
- D. 在近光速运动的列车中，车上的人看到车头与车尾同时发生的事件，而静止在地面上的人认为车头事件先发生

解析：选 C 振动最强区域的质点，是振动的振幅最大，但它仍然在平衡位置附近来回往复运动，位移随时间呈周期性变化，即位移可能为零，故选项 A 错误；雨后公路积水表面漂浮的油膜看起来是彩色的，是由于发生了光的干涉现象，故选项 B 错误；在近光速运动的列车中，车上的人以车为参考系，看到车头与车尾同时发生的事件对静止在地面上的人以自己为参考系而言，根据光速不变原理可知，他将认为车尾事件先发生，故选项 D 错误；选项 C 说法正确。

4. 如图 1 所示为用  $a$ 、 $b$  两种单色光分别通过同一双缝干涉装置获得的干涉图样。现让  $a$ 、 $b$  两种光组成的复色光穿过平行玻璃砖或三棱镜时，光的传播路径与方向可能正确的是 ( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-92.TIF"}

图 1

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-93.TIF"}

图 2

解析：选 D 由干涉条纹可看出， $a$  光的条纹间距大于  $b$  光，故根据  $\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$  可知， $a$  光的波长大于  $b$  光， $a$  光的频率小于  $b$  光，则  $a$  光的折射率小于  $b$  光； $a$  光的临界角大于  $b$  光的临界角；A 图中  $ab$  两种光的位置颠倒了；B 图中出射光应该和入射光平行；C、D 图中首先发生全反射的应该是  $b$  光，所以选项 D 正确。

5. 有  $a$ 、 $b$  两束单色光从空气中平行照射在平行玻璃砖上，它们经玻璃折射后射入空气的光线如图 3 所示，则有关  $a$ 、 $b$  光的说法正确的是( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-94.TIF"}



图 3

- A. 在玻璃中传播时  $a$  光的速度较大
- B. 在同一双缝干涉实验装置发生干涉时,  $a$  光的干涉条纹间距较大
- C. 从同一介质射向空气时  $a$  光发生全反射的临界角较小
- D. 只有  $a$  光才是偏振光

解析: 选 C 根据光路图知,  $a$  光的偏折程度大于  $b$  光, 则  $a$  光的折射率大于  $b$  光的折射率, 根据  $v = \frac{c}{n}$  知,  $a$  光在玻璃中传播的速度较小, 故 A 错误。光的折射率大, 则频率大, 波长小, 则  $a$  光的波长小, 根据  $\Delta x = \frac{\lambda}{d} L$  知,  $a$  光的干涉条纹间距较小, 故 B 错误。 $a$  光的折射率大, 根据  $\sin C = \frac{1}{n}$  知,  $a$  光的全反射的临界角较小, 故 C 正确。折射光和反射光都是偏振光, 故 D 错误。

6. 下列有关光现象的说法正确的是( )
- A. 在光的双缝干涉实验中, 若仅将入射光由紫光改为红光, 则条纹间距一定变大
  - B. 以相同入射角从水中射向空气, 若紫光能发生全反射, 则红光也一定能发生全反射
  - C. 照相机镜头涂有增透膜, 是利用光的衍射
  - D. 拍摄玻璃橱窗内的物品时, 往往在镜头前加装一个偏振片以增加透射光的强度

解析: 选 A 在光的双缝干涉实验中, 根据条纹间距表达式  $\Delta x = \frac{\lambda}{d} L$ , 若仅将入射光由紫光改为红光, 因为红光的波长大于紫光, 则条纹间距一定变大, 选项 A 正确; 因为紫光的折射率大于红光, 根据  $\sin C = \frac{1}{n}$ , 则紫光的临界角小于红光, 故以相同入射角从水中射向空气, 若紫光能发生全反射, 则红光不一定能发生全反射, 选项 B 错误; 照相机镜头涂有增透膜, 是利用光的干涉, 选项 C 错误; 拍摄玻璃橱窗内的物品时, 往往在镜头前加一个偏振片使反射减弱, 但不能增加透射光的强度, 故 D 错误。

7. 如图 4 所示, 市场上有种灯具俗称“冷光灯”, 用它照射物品时能使被照物品处产生的热效应大大降低, 从而广泛地应用于博物馆、商店等处。这种灯降低热效应的原因之一是在灯泡后面放置的反光镜玻璃表面上镀一层薄膜(例如氟化镁), 这种膜能消除不镀膜时玻璃表面反射回来的热效应最显著的红外线。以  $\lambda$  表示红外线的波长, 则所镀薄膜的最小厚度应为( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-95.TIF"}

图 4

- A.  $\frac{\lambda}{8}$
- B.  $\frac{\lambda}{4}$
- C.  $\frac{\lambda}{2}$
- D.  $\lambda$

解析: 选 B 红外线最显著的特点之一就是热效应, 当光照射物体时, 一般都伴随着大量的红外线。在灯泡后面放置的反光镜玻璃表面上镀一层薄膜(相当于增透膜), 当增透膜最

小厚度等于红外线在其中传播的波长的 $\frac{1}{4}$ 时，灯泡发出的红外线射到增透膜后，从增透膜的前后表面反射回来的两束红外线发生干涉，相互抵消，使反射的红外线强度减弱，达到冷光效果。

8.如图 5 所示,用频率为  $f$  的单色光(激光)垂直照射双缝,在光屏的  $P$  点出现第 3 条暗条纹,已知光速为  $c$ ,则  $P$  到双缝  $S_1$ 、 $S_2$  的距离之差  $|r_1 - r_2|$  应为( )



图 5

- A.  $\{eq \setminus f(c,2f)\}$  B.  $\{eq \setminus f(3c,2f)\}$   
C.  $\{eq \setminus f(3c,f)\}$  D.  $\{eq \setminus f(5c,2f)\}$

解析: 选 D 出现第 3 条暗条纹, 说明  $S_1$ 、 $S_2$  到  $P$  点距离之差为  $\{eq \setminus f(\lambda, 2)\} \times (2n-1) = \{eq \setminus f(5, 2)\} \lambda$ , 其中  $n=3$ , 而  $\lambda = \{eq \setminus f(c, f)\}$ , 所以  $|r_1 - r_2| = \{eq \setminus f(5, 2)\} \lambda = \{eq \setminus f(5c, 2f)\}$ , 因而 D 是正确的。

### 对点训练：电磁场、电磁波及相对论

9.据《飞行国际》报道称，中国制造的首款具有“隐身能力”和强大攻击力的第四代作战飞机“歼-20”(如图6)，于2011年1月11日12:50进行了公开首飞。它的首飞成功标志着中国继美国和俄罗斯之后，成为世界上进入到第四代战机研发序列中的国家。隐形飞机的原理是：在飞机研制过程中设法降低其可探测性，使之不易被敌方发现、跟踪和攻击。根据你所学的物理知识，判断下列说法中正确的是( )



图 6

- A. 运用隐蔽色涂层，无论距你多近，即使你拿望远镜也不能看到它
- B. 使用能吸收雷达电磁波的材料，在雷达屏幕上显示的反射信息很小、很弱，很难被发现
- C. 使用吸收雷达电磁波涂层后，传播到复合金属机翼上的电磁波在机翼上不会产生感应电流
- D. 主要是对发动机、喷气尾管等因为高温容易产生紫外线辐射的部位采取隔热、降温等措施，使其不易被对方发现

**解析:**选 B 隐形飞机的原理是在飞机制造过程中使用能吸收雷达电磁波的材料,使反射的雷达电磁波很弱,在雷达屏幕上显示的反射信息很小、很弱,飞机在雷达屏幕上很难被发现,故只有 B 正确。

10. (多选)下列说法中正确的是( )

- A. 人耳能听见的声波比超声波更易发生衍射  
B. 光的色散现象都是由光的干涉引起的

- C. 根据麦克斯韦的电磁场理论,变化的电场周围一定可以产生电磁波  
D. 光导纤维丝内芯材料的折射率比外套材料的折射率大

**解析:** 选 AD 超声波的频率较大,波长较小,所以人耳能听见的声波比超声波更易发生衍射,选项 A 正确;光的色散现象都是由光的折射引起的,选项 B 错误;根据麦克斯韦的电磁场理论,周期性变化的电场周围才可以产生电磁波,选项 C 错误;光导纤维丝内芯材料的折射率比外套材料的折射率大,这样才能使得光在光导纤维丝的内芯发生全反射,选项 D 正确。

11. (多选)以下说法中正确的是( )

- A. 对于同一障碍物,波长越大的光波越容易绕过去  
B. 白光通过三棱镜在屏上出现彩色条纹是光的一种干涉现象  
C. 红光由空气进入水中,波长变长、颜色不变  
D. 用透明的标准样板和单色光检查平面的平整度是利用了光的干涉  
E. 不管光源与观察者是否存在相对运动,观察者观察到的光速是不变的

**解析:** 选 ADE 波长越长的光越容易发生衍射现象,故越容易绕过障碍物,所以 A 正确;白光通过三棱镜在屏上出现彩色条纹是光的一种折射现象,所以 B 错误;红光由空气进入水中,频率不变,故颜色不变,传播速度减小,故波长变短,所以 C 错误;用透明的标准样板和单色光检查平面的平整度是利用了光的干涉,即薄膜干涉,所以 D 正确;根据狭义相对性原理,不管光源与观察者是否存在相对运动,观察者观察到的光速是不变的,故 E 正确。

### 考点综合训练

12. 在水面下同一深处的两个点光源  $P$ 、 $Q$  发出不同颜色的光,在水面上  $P$  光照亮的区域大于  $Q$  光照亮的区域,下列说法正确的是( )

- A. 在真空中  $P$  光的传播速度更大  
B.  $P$  光在水中的传播速度小于  $Q$  光在水中的传播速度  
C. 让  $P$  光和  $Q$  光通过同一双缝干涉装置,  $P$  光的条纹间距小于  $Q$  光  
D.  $P$  光发生全反射的临界角大于  $Q$  光发生全反射的临界角

**解析:** 选 D 光在真空中的传播速度大小是相等的,所以 A 错;在水面下同一深处的两个点光源  $P$ 、 $Q$  发出不同颜色的光,在水面上  $P$  光照亮的区域大于  $Q$  光照亮的区域,知  $P$  光发生全反射的临界角大,根据  $\sin C = \frac{1}{n}$ ,知  $P$  光的折射率小。根据  $v = \frac{c}{n}$  知,  $P$  光的折射率小,则  $P$  光在水中的传播速度大。故 B 错误, D 正确;因为  $P$  光的折射率小,所以  $P$  光的频率小,则  $P$  光波长一些,故让  $P$  光和  $Q$  光通过同一双缝干涉装置  $P$  光的条纹间距大于  $Q$  光,所以 C 错。

13. 在直角坐标系的第一、四象限内有一横截面为半圆形的柱状玻璃砖  $MNP$ , 两束平行于  $x$  轴且与  $x$  轴等距离的可见单色光  $a$ 、 $b$ , 从空气中垂直  $y$  轴射入玻璃砖中, 在  $MNP$  面上发生反射和折射的实际情况如图 7 所示, 由此可知( )



图 7

- A.  $a$  光在玻璃砖内的频率和比在空气中的小
- B.  $a$  光的频率比  $b$  光的小
- C. 在玻璃砖内  $a$  光的传播速度比  $c$  大
- D. 相同条件下进行双缝干涉实验,  $a$  光的条纹间距比  $b$  光的小

解析: 选 D 光的频率由光源决定, 与介质无关, 则  $a$  光在玻璃砖内的频率和在空气中的频率相等, 故 A 错误; 由图知,  $a$  光已经发生全反射, 而  $b$  光没有发生全反射, 说明  $a$  光的临界角小于  $b$  光的临界角, 由公式  $\sin C = \frac{1}{n}$  分析可知,  $a$  光的折射率大于  $b$  光的折射率, 则知  $a$  光的频率比  $b$  光的大, 故 B 错误; 由公式  $v = \frac{c}{n}$ ,  $n > 1$  分析可知,  $a$  光在玻璃砖内的传播速度  $v$  比在空气中的传播速度  $c$  小, 故 C 错误;  $a$  光的频率比  $b$  光的大, 真空中  $a$  光的波长比  $b$  光的波长短, 因为双缝干涉条纹的间距与波长成正比, 则相同条件下进行双缝干涉实验,  $a$  光的条纹间距比  $b$  光的小, 故 D 正确。

14. 如图 8 所示, 在双缝干涉实验中,  $S_1$  和  $S_2$  为双缝,  $P$  是光屏上的一点, 已知  $P$  点与  $S_1$ 、 $S_2$  距离之差为  $2.1 \times 10^{-6} \text{ m}$ , 分别用  $A$ 、 $B$  两种单色光在空气中做双缝干涉实验, 问  $P$  点是亮条纹还是暗条纹?



图 8

- (1) 已知  $A$  光在折射率为  $n = 1.5$  的介质中波长为  $4 \times 10^{-7} \text{ m}$ 。
- (2) 已知  $B$  光在某种介质中波长为  $3.15 \times 10^{-7} \text{ m}$ , 当  $B$  光从这种介质射向空气时, 临界角为  $37^\circ$ 。

解析: (1) 设单色光  $A$  在空气和介质中的波长分别为  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ , 根据  $n = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$  可得  $\lambda_1 = n \cdot \lambda_2 = 6 \times 10^{-7} \text{ m}$

由题意可知,  $S_1$ 、 $S_2$  到  $P$  点的光的路程差

$$\Delta x = 2.1 \times 10^{-6} \text{ m}$$

则  $N_1 = \frac{\Delta x}{\lambda_1} = \frac{2.1 \times 10^{-6}}{6 \times 10^{-7}} = 3.5$  倍, 故  $P$  点为暗条纹。

(2) 根据临界角与折射率的关系

$$\sin C = \frac{1}{n} \text{ 得 } n = \frac{1}{\sin 37^\circ} = \frac{5}{3}$$

由此可知,  $B$  光在空气中的波长  $\lambda_2$  为

$$\lambda_2 = n \lambda_{\text{介}} = \frac{5}{3} \times 3.15 \times 10^{-7} \text{ m} = 5.25 \times 10^{-7} \text{ m}。$$

所以  $N_2 = \frac{\Delta x}{\lambda_2} = 4$ , 可见, 用  $B$  光作光源,  $P$  点为亮条纹。

答案: (1) 暗条纹 (2) 亮条纹

## 实验十三

### 探究单摆的运动

#### 用单摆测定重力加速度

{INCLUDEPICTURE"三维虚拟实验室+.TIF"}

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-52.tif"}

#### 一、实验目的

- 1.学会用单摆测定当地的重力加速度。
- 2.能正确熟练地使用秒表。

二、实验器材,带孔小钢球一个、细丝线一条(长约 1 m)、毫米刻度尺一把、秒表、游标卡尺、带铁夹的铁架台。

#### 考点一 实验原理及操作

[典例 1] (2013·安徽高考)根据单摆周期公式  $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ , 可以通过实验测量当地的重力加速度。如图实-13-1 甲所示, 将细线的上端固定在铁架台上, 下端系一小钢球, 就做成了单摆。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-53.TIF"}

图实-13-1

- (1)用游标卡尺测量小钢球直径, 示数如图乙所示, 读数为\_\_\_\_\_mm。
- (2)以下是实验过程中的一些做法, 其中正确的有\_\_\_\_\_。
  - a. 摆线要选择细些的、伸缩性小些的, 并且尽可能长一些
  - b. 摆球尽量选择质量大些、体积小些的
  - c. 为了使摆的周期大一些, 以方便测量, 开始时拉开摆球, 使摆线相距平衡位置有较大的角度
  - d. 拉开摆球, 使摆线偏离平衡位置不大于  $5^\circ$ , 在释放摆球的同时开始计时, 当摆球回到开始位置时停止计时, 此时间间隔  $\Delta t$  即为单摆周期  $T$
  - e. 拉开摆球, 使摆线偏离平衡位置不大于  $5^\circ$ , 释放摆球, 当摆球振动稳定后, 从平衡位置开始计时, 记下摆球做 50 次全振动所用的时间  $\Delta t$ , 则单摆周期  $T=\frac{\Delta t}{50}$

[答案] (1)18.6 (2)abe

[由题引知·要点谨记]

1.考查摆长的测量及游标卡尺的读数[对应第(1)题], (1)测摆长用米尺量出摆线长  $l$  (精确到毫米), 用游标卡尺测出小球直径  $D$  (也精确到毫米), 则单摆的摆长  $l' = l + \sqrt[4]{\frac{D}{2}}$ 。

(2)游标卡尺读数:  $18\text{ mm} + 6 \times 0.1\text{ mm} = 18.6\text{ mm}$ ;

2.考查实验操作及步骤[对应第(2)题]

(1)摆线细一些有助于减小空气阻力, 伸缩性小一些保证摆长不变, 尽可能长一些使周期较大, 容易测量。

(2)摆球质量大一些, 体积小一些能减小空气阻力对实验的影响。

(3)根据  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$  可知, 周期  $T$  与摆幅无关, 且摆角太大时, 小球运动不能看做是简谐运动, 不符合实验要求。

(4)测量周期时应以小球经过最低位置时开始计时, 而且应记录  $n$  次全振动的时间, 用  $T = \frac{\Delta t}{n}$  去计算。

### [题组突破]

1. (2014·江苏高考)在“探究单摆的周期与摆长的关系”实验中, 某同学准备好相关实验器材后, 把单摆从平衡位置拉开一个很小的角度后释放, 同时按下秒表开始计时, 当单摆再次回到释放位置时停止计时, 将记录的这段时间作为单摆的周期。以上操作中有不妥之处, 请对其中两处加以改正。

**解析:** 摆球的速度为零的位置不容易观察, 计时不准确, 为减小实验误差, 应在摆球通过平衡位置时开始计时; 应测量多次全振动的时间, 求周期的平均值, 以减小实验误差。

**答案:** ①应在摆球通过平衡位置时开始计时; ②应测量单摆多次全振动的时间, 再计算出周期的测量值。(或在单摆振动稳定后开始计时)

2. (2012·天津高考)某同学用实验的方法探究影响单摆周期的因素。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-54.TIF"}

图实-13-2

(1)他组装单摆时, 在摆线上端的悬点处, 用一块开有狭缝的橡皮夹牢摆线, 再用铁架台的铁夹将橡皮夹紧, 如图实-13-2 所示。这样做的目的是\_\_\_\_\_ (填字母代号)。

- A. 保证摆动过程中摆长不变
- B. 可使周期测量得更加准确
- C. 需要改变摆长时便于调节
- D. 保证摆球在同一竖直平面内摆动

(2)他组装好单摆后在摆球自然悬垂的情况下, 用毫米刻度尺从悬点量到摆球的最低端的长度  $L = 0.999\text{ m}$ , 再用游标卡尺

测量摆球直径，结果如图实-13-3 所示，则摆球的直径为\_\_\_\_\_ mm，单摆摆长为\_\_\_\_\_ m。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-55.TIF"}

图实-13-3

(3)下列振动图像真实地描述了对摆长约为 1 m 的单摆进行周期测量的四种操作过程，图中横坐标原点表示计时开始，A、B、C 均为 30 次全振动的图像，已知  $\sin 5^\circ=0.087$ ， $\sin 15^\circ=0.26$ ，这四种操作过程合乎实验要求且误差最小的是\_\_\_\_\_ (填字母代号)。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-56.TIF"}

图实-13-4

**解析：**(1)橡皮的作用是使摆线摆动过程中悬点位置不变，从而保障摆长一定，同时又便于调节摆长，选项 AC 说法正确；

(2)根据游标卡尺读数规则可得摆球直径为  $d=12\text{ mm}+0.1\text{ mm}\times 0=12.0\text{ mm}$ ，则单摆摆长为  $L_0=L-d/2=0.993\text{ 0 m}$ (注意统一单位)；

(3)单摆摆角不超过  $5^\circ$ ，且计时位置应从最低点(即速度最大位置)开始，故选项 A 的操作符合要求。

**答案：**(1)AC (2)12.0 0.993 0 (3)A

### 考点二 数据处理与误差分析

**[典例 2]** 在探究单摆周期与摆长关系的实验中，

(1)关于安装仪器及测量时的一些实验操作，下列说法中正确的是( )

- A. 用米尺测出摆线的长度，记为摆长  $l$
- B. 先将摆球和摆线放在水平桌面上测量摆长  $l$ ，再将单摆悬挂在铁架台上
- C. 使摆线偏离竖直方向某一角度  $\alpha$ (接近  $5^\circ$ )，然后由静止释放摆球
- D. 测出摆球两次通过最低点的时间间隔记为此单摆振动的周期

(2)实验测得的数据如下表所示：

次数	1	2	3	4	5
摆长 $l/\text{cm}$	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00
30 次全振动时间 $t/\text{s}$	53.8	56.9	60.0	62.8	65.7
振动周期 $T/\text{s}$	1.79	1.90	2.00	2.09	2.19
振动周期的平方 $T^2/\text{s}^2$	3.20	3.61	4.00	4.37	4.80

**[由题引知·要点谨记]**

### 1.考查实验操作及注意事项[对应第(1)题]

(1)本实验中，应将摆球和摆线组成单摆之后再测量其摆长，摆长应为悬点到摆球球心的距离。

(2)单摆在摆角小于  $10^\circ$  时可认为做简谐运动。

(3)测量单摆的周期时，应为相邻两次通过最低点并且通过最低点的速度方向相同，即单摆做一次全振动，这段时间才为一个周期，为了减小误差，须测量单摆的多个周期，然后再取平均值求出一个周期。

{eq \a\vs4\al(2.考查描点作图的方法[对应第(2)题],通过描点、连线可得到单摆的  $T^2-l$  图像近似为一条直线。)}

{eq \a\vs4\al(3.考查数据分析的方法[对应第(3)题],通过作出的图像说明单摆周期的平方和摆长成正比。)}

{eq \a\vs4\al(4.考查求解重力加速度的方法[对应第(4)题],根据图像求出图线的斜率  $k$ ，再根据单摆的周期公式可得  $g=f(4\pi^2,k)$ ，进而求出重力加速度  $g$ 。)}

请将测量数据标在图实-13-5 中，并在图中作出  $T^2$  随  $l$  变化的关系图像。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-57.TIF"}

图实-13-5

(3)根据数据及图像可知单摆周期的平方与摆长的关系是\_\_\_\_\_。

(4)根据图像，可求得当地的重力加速度为\_\_\_\_\_  $\text{m/s}^2$ 。( $\pi=3.14$ ，结果保留 3 位有效数字)

[答案] (1)C (2)如图所示

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-58.TIF"}

(3)成正比 (4)9.86

### [题组突破]

3. 某同学在做“用单摆测重力加速度”实验中，先测得摆线长为 101.00 cm，摆球直径为 2.00 cm，然后用秒表记录了单摆振动 50 次所用的时间为 101.5 s。则

(1)他测得的重力加速度  $g=_____ \text{m/s}^2$ 。

(2)他测得的  $g$  值偏小，可能的原因是\_\_\_\_\_。(填选项前面的字母)

A. 测摆线长时摆线拉得过紧

B. 摆线上端未牢固地系于悬点，振动中出现松动，使摆线长度增加了

C. 开始计时，秒表过迟按下

D. 实验中误将 49.5 次全振动数为 50 次

解析：(1)单摆的摆长为： $L=l_{\text{线}}+{eq \f(d,2)}=1.02 \text{ m}$ ，单摆运动的周期为： $T={eq \f(t,n)}$



$=\sqrt{\frac{101.5}{50}} \text{ s}=2.03 \text{ s}$ ，根据单摆的周期公式  $T=2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ ，代入数据解得重力加速度为： $g=9.76 \text{ m/s}^2$ 。

(2)由单摆的周期公式  $T=2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ ，解得重力加速度为： $g=\frac{4\pi^2 L}{T^2}=\frac{4\pi^2 n^2 L}{t^2}$ ，测得的  $g$  值偏小，可能是  $n$ 、 $L$  测量偏小，也可能是  $t$  测量偏大造成的，可能的原因是 B。

答案：(1)9.76 (2)B

4. (2015·成都摸底)在“用单摆测定重力加速度”的实验中，某实验小组在测量单摆的周期时，从单摆运动到最低点开始计时，且记数为 1，到第  $n$  次经过最低点所用的时间为  $t$ ；在测量单摆的摆长时，先用毫米刻度尺测得悬挂摆球后的摆线长为  $l$ ，再用游标卡尺测得摆球的直径为  $d$ 。

(1)该单摆的摆长为\_\_\_\_\_。

(2)该单摆的周期为\_\_\_\_\_。

(3)用上述物理量的符号写出求重力加速度的一般表达式  $g=_____$ 。

(4)实验结束后，某同学发现他测得的重力加速度的值总是偏大，其原因可能是下述原因中的\_\_\_\_\_。

A. 单摆的悬点未固定紧，摆动中出现松动，使摆线增长了

B. 把  $n$  次摆动的时间误记为  $(n+1)$  次摆动的时间

C. 以摆线长作为摆长来计算

D. 以摆线长与摆球的直径之和作为摆长来计算

解析：到第  $n$  次经过最低点所用的时间的周期数为  $\frac{n-1}{2}$ ，该单摆的周期为  $T=\frac{t}{n-1}$ 。由单摆周期公式， $T=2\pi \sqrt{\frac{l+d/2}{g}}$ ，联立解得  $g=\frac{(n-1)^2 \pi^2 (2l+d)}{t^2}$ 。若单摆的悬点未固定紧，摆动中出现松动，使摆线增长了，测量的周期增大，即  $t$  增大，由此可知，测得的重力加速度的值偏小，选项 A 错误；若把  $n$  次摆动的时间误记为  $(n+1)$  次摆动的时间，由  $g=\frac{(n-1)^2 \pi^2 (2l+d)}{t^2}$  可知测得的重力加速度的值总是偏大，选项 B 正确；若以摆线长作为摆长来计算，由  $g=\frac{(n-1)^2 \pi^2 (2l+d)}{t^2}$  可知测得的重力加速度的值总是偏小，选项 C 错误；以摆线长与摆球的直径之和作为摆长来计算，由  $g=\frac{(n-1)^2 \pi^2 (2l+d)}{t^2}$  可知测得的重力加速度的值总是偏大，选项 D 正确。

答案：(1) $l+d/2$  (2) $\frac{t}{n-1}$  (3) $\frac{(n-1)^2 \pi^2 (2l+d)}{t^2}$  (4)BD

5. 在做“用单摆测定重力加速度”的实验时，用摆长  $l$  和周期  $T$  计算重力加速度的公式是  $g=\frac{4\pi^2 l}{T^2}$ 。

(1)如果已知摆球直径为 2.00 cm，让刻度尺的零点对准摆线的悬点，摆线竖直下垂，如

图实-13-6 甲所示,那么单摆摆长是\_\_\_\_\_m,如果测定了 40 次全振动的时间如图乙中秒表所示,那么秒表读数是\_\_\_\_\_s,单摆的振动周期是\_\_\_\_\_s。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-59.TIF"}

图实-13-6

(2)如果测得的  $g$  值偏小,可能的原因是\_\_\_\_\_(填写代号)。

- A. 测摆长时,忘记了摆球的半径
- B. 摆线上端悬点未固定,振动中出现松动,使摆线长度增加了
- C. 开始计时时,秒表过早按下
- D. 实验中误将 39 次全振动次数记为 40 次

(3)某同学在实验中,测量 6 种不同摆长情况下单摆的振动周期,记录表格如下:

$l/\text{m}$	0.4	0.5	0.8	0.9	1.0	1.2
$T/\text{s}$	1.26	1.42	1.79	1.90	2.00	2.20
$T^2/\text{s}^2$	1.59	2.02	3.20	3.61	4.00	4.84

以  $l$  为横坐标、 $T^2$  为纵坐标,作出  $T^2-l$  图线,并利用此图线求重力加速度  $g$ 。

解析: (1)刻度尺的零点对准摆线的悬点,故单摆的摆长  $l=(88.50-\text{eq \f(2.00,2)})\text{cm}=$

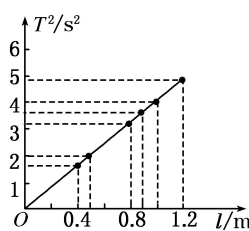
87.50 cm=0.875 0 m。

秒表的读数  $t=(60+15.2)\text{s}=75.2\text{s}$ 。

单摆的周期  $T=\text{eq \f(t,n)}=1.88\text{s}$ 。

(2)由公式  $g=\text{eq \f(4\pi^2l,T^2)}$  可知,  $g$  偏小的原因可能是测量摆长  $l$  时,测量值比真实值偏小或测量周期偏大,故选项 A、B、C 正确。

(3)由单摆周期公式可得  $T^2=\text{eq \f(4\pi^2l,g)}$ , 所以  $T^2-l$  图线是过坐标原点的一条直线, 直线斜率是  $k=\text{eq \f(4\pi^2,g)}$ ,  $g=\text{eq \f(4\pi^2,k)}$ 。在图线上取相距较远的两点  $(l_1, T\text{eq \oal(1, 2)})$ ,  $(l_2, T\text{eq \oal(2,2)})$ , 则  $k=\text{eq \f(T\oal(2, 2)-T\oal(1, 2),l_2-l_1)}$ , 所以  $g=\text{eq \f(4\pi^2(l_2-l_1),T\oal(2, 2)-T\oal(1, 2))}$ 。作出图像如图所示, 由直线上的点(0.4,1.59)和(1.0,4.00)可求出



$k=\text{eq \f(4.00-1.59,1.0-0.4)}=4$ ,  $g=\text{eq \f(4\pi^2,k)}=\text{eq \f(4\times 3.14^2,4)}\text{ m/s}^2=9.86$

$\text{m/s}^2$ 。

答案: (1)0.875 0 75.2 1.88

(2)ABC (3)图见解析 9.86 m/s<sup>2</sup>

实 验 十 四

## 测定玻璃的折射率

{INCLUDEPICTURE"三维虚拟实验室+.TIF"}

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-100.TIF"}

### 一、实验目的

1. 测定玻璃的折射率
2. 学会用插针法确定光路。

### 二、实验器材

玻璃砖、白纸、木板、大头针、图钉、量角器(或圆规)、三角板、铅笔。

#### 考点一 实验原理与操作

[典例 1] (2012·浙江高考)在“测定玻璃的折射率”实验中,某同学经正确操作插好了 4 枚大头针,如图实-14-1 甲所示。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-101.TIF"}

图实-14-1

(1)在图实-14-2 中画出完整的光路图

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-102.TIF"}

图实-14-2

(2)对你画出的光路图进行测量和计算,求得该玻璃砖的折射率  $n = \underline{\hspace{2cm}}$ ; (保留 3 位有效数字)

(3)为了观测光在玻璃砖不同表面的折射现象,某同学做了两次实验,经正确操作插好了 8 枚大头针,如图乙所示。图中  $P_1$  和  $P_2$  是同一入射光线的 2 枚大头针,其对应出射光线上的 2 枚大头针是  $P_3$  和  $\underline{\hspace{2cm}}$  (填“A”或“B”)。

[答案] (1)如图所示 (2)1.53( $\pm 0.03$  范围内都可) (3)A

{INCLUDEPICTURE"LZJ-267.TIF"}

#### [由题引知·要点谨记]

1.考查画光路图的方法[对应题第(1)题] 先确定入射光线和出射光线,然后连接入射点和出射点,画出折射光线。

2.考查折射率的计算[对应第(2)题] 折射率  $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$ ,  $\sin \theta_1$  与  $\sin \theta_2$  可利用图中的方格进行粗略的计算,或是利用直尺测量计算。

3.考查光路分析[对应第(3)题]

由题图可知,光线  $P_1P_2$  入射到玻璃砖上时,相当于光线射到了一个三棱镜上,因此射出光线将向底边偏折,所以出射光线过  $P_3$  和 A。

#### [题组突破]

1.如图实-14-3 所示,用插针法测定玻璃的折射率的实验中,以下各说法中正确的是( )



EC 部分刻好了折射率的值，这样只要根据  $P_3$  所插的位置，就可以直接读出液体折射率的值。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-106.TIF"}

图实-14-5

(1)若  $\angle AOF=30^\circ$ ， $OP_3$  与  $OC$  之间的夹角为  $30^\circ$ ，则  $P_3$  处刻的折射率的值为\_\_\_\_\_。

(2)图中  $P_3$ 、 $P_4$  两处，对应折射率大的是\_\_\_\_\_。

(3)做  $AO$  的延长线交圆周于  $K$ ， $K$  处对应的折射率为\_\_\_\_\_。

解析：(1)根据折射定律  $n=\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$ ，题中  $\theta_1=60^\circ$ ， $\theta_2=\angle AOF=30^\circ$ ，所以  $n=\frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ}\approx 1.73$ 。

(2)在折射角相同的情况下，图中  $P_4$  对应的入射角大于  $P_3$  所对应的入射角，所以  $P_4$  对应的折射率大。

(3)因  $A$ 、 $O$ 、 $K$  在一条直线上，入射角等于折射角，所以  $K$  处对应的折射率应为 1。

答案：(1)1.73 (2) $P_4$  (3)1

## 考点二 数据处理与误差分析

[典例 2] 某同学利用“插针法”测定玻璃的折射率，所用的玻璃砖两面平行。正确操作后，作出的光路图及测出的相关角度如图实-14-6 所示。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-107.TIF"}

图实-14-6

(1)此玻璃的折射率计算式为  $n=$ \_\_\_\_\_ (用图中的  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  表示)；

(2)如果有几块宽度大小不同的平行玻璃砖可供选择，为了减小误差，应选用宽度\_\_\_\_\_ (填“大”或“小”)的玻璃砖来测量。

[答案] (1) $\frac{\cos \theta_1}{\cos \theta_2}$  (2)大

## [由题引知·要点谨记]

### 1. 考查数据处理的方法[对应题第(1)题]

折射率  $n=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{\sin (90^\circ-\theta_1)}{\sin (90^\circ-\theta_2)}=\frac{\cos \theta_1}{\cos \theta_2}$

### 2. 考查误差分析问题[对应第(2)题]

玻璃砖越宽，光线在玻璃砖内的传播方向越容易确定，测量结果越准确。故应选用宽度大的玻璃砖来测量。

## [题组突破]

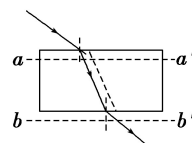
4.在用两面平行的玻璃砖测定玻璃的折射率的实验中，已画好玻璃砖界面  $aa'$  和  $bb'$ ，若不慎将玻璃砖向上平移了一些，放在图实-14-7 所示的位置上，而实验中其他操作均正确，则测得的折射率将( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-108.TIF"}

图实-14-7

- A. 偏大  
B. 偏小  
C. 不变  
D. 无法确定

**解析：**选 C 经过玻璃砖的光路如图中实线所示，由于所作的玻璃砖分界线不是实际的分界线，而是如图中虚线所示，由几何知识可知，测出的折射角与真实的折射角相同。



5. 如图实-14-8 所示为光学实验用的长方体玻璃砖，它的\_\_\_\_\_面不能用手直接接触。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-109.TIF"}

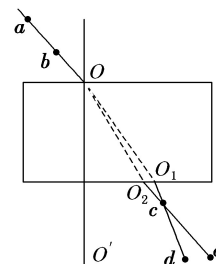
图实-14-8

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-110.TIF"}

图实-14-9

在用插针法测定玻璃砖折射率的实验中，两位同学绘出的玻璃砖和三个针孔  $a$ 、 $b$ 、 $c$  的位置相同，且插在  $c$  位置的针正好挡住插在  $a$ 、 $b$  位置的针的像，但最后一个针孔的位置不同，分别为  $d$ 、 $e$  两点，如图实-14-9 所示。计算折射率时，用\_\_\_\_\_ (填“ $d$ ”或“ $e$ ”)点得到的值较小，用\_\_\_\_\_ (填“ $d$ ”或“ $e$ ”)点得到的值误差较小。

**解析：**实验用的光学玻璃砖的光学面不能用手接触，以防止损坏其光学面。如图所示，连接  $cd$ 、 $ce$  并延长分别交玻璃砖于  $O_1$ 、 $O_2$  点，连接  $OO_1$ 、 $OO_2$ ，入射角  $i$  相同，折射角  $\angle O'OO_2 < \angle O'OO_1$ ，由  $n = \frac{\sin i}{\sin r}$  得，折射角越大的，求得的折射率越小。由图可得，用  $d$  点得到的值较小，而  $ce$  与  $ab$  近似平行，故用  $e$  点得到的值误差较小。



**答案：**光学  $d$   $e$

## 实 验 十五

### 用双缝干涉测光的波长

{INCLUDEPICTURE"三维虚拟实验室+.TIF"}

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-112.TIF"}

#### 一、实验目的

1. 了解光波产生稳定的干涉现象的条件。
2. 观察白光和单色光的双缝干涉图样。
3. 测定单色光的波长。

#### 二、实验器材

双缝干涉仪(由光具座、光源、滤光片、单缝、双缝、遮光筒、毛玻璃屏、测量头组成)，另外还有学生电源、导线、刻度尺。

#### 考点一 实验原理与操作

**[典例 1]** (2015·太原模拟)(1)如图实-15-1 所示,在“用双缝干涉测光的波长”实验中,光具座上放置的光学元件依次为①光源、②\_\_\_\_\_、③\_\_\_\_\_、④\_\_\_\_\_、⑤遮光筒、⑥光屏。对于某种单色光,为增加相邻亮纹(暗纹)间的距离,可采取\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_的方法。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-113.TIF"}

图实-15-1

(2)如果将灯泡换成激光光源,该实验照样可以完成,这时可以去掉的部件是\_\_\_\_\_(填数字代号)。

(3)转动测量头的手轮,使分划板中心刻线对准第 1 条亮条纹,读下手轮的读数如图实-15-2 甲所示。继续转动手轮,使分划板中心刻线对准第 10 条亮条纹,读下手轮的读数如图乙所示。则相邻两亮条纹的间距是\_\_\_\_\_mm。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-114.TIF"}

图实-15-2

(4)如果已经量得双缝的间距是 0.30 mm、双缝和光屏之间的距离是 900 mm,则待测光的波长是\_\_\_\_\_m。(取三位有效数字)

**[答案]** (1)滤光片 单缝 双缝

增加双缝到光屏间的距离(或选用较长的遮光筒)

减小双缝之间的距离

(2)②③ (3)1.610 (4) $5.37 \times 10^{-7}$

**[由题引知·要点谨记]**

1.考查实验原理及器材[对应第(1)题第一、二、三空] 由实验原理可知②③④分别是滤光片、单缝、双缝。

2.考查实验原理及操作[对应第(1)题第四、五空]

由  $\Delta x = \frac{\lambda L}{d}$  可知,要增加相邻亮纹(暗纹)间的距离,可采取的办法有:

①增大双缝到光屏间的距离(或选用较长的遮光筒);

②减小双缝之间的距离。

3.考查实验原理的分析[对应第(2)题] ,由于激光是相干光源。故可以去掉的部件是②③。}}

4.考查实验操作读数及数据处理[对应第(3)题] 甲图读数是 0.045 mm,乙图读数是 14.535 mm,它们的差值是 14.490 mm,中间跨越了  $10 - 1 = 9$  个条纹间距,所以相邻两亮条纹间距是  $\Delta x = \frac{14.490}{9} \text{ mm} = 1.610 \text{ mm}$ 。}}

5.考查实验原理及数据处理[对应第(4)题] ,光的波长  $\lambda = \frac{\Delta x \cdot d}{L} =$

$5.37 \times 10^{-7} \text{m}$ 。 )}

[题组突破]

1. 利用图实-15-3 所示装置研究双缝干涉现象时, 下列说法中正确的是( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-115.TIF"}

图实-15-3

- A. 将屏移近双缝, 干涉条纹间距变窄
- B. 将滤光片由蓝色的换成红色的, 干涉条纹间距变宽
- C. 将单缝向双缝移动一小段距离后, 干涉条纹间距变宽
- D. 换一个两缝之间距离较大的双缝, 干涉条纹间距变窄

解析: 选 ABD 由条纹间距公式  $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$ ,  $d$  指双缝间距离,  $l$  指双缝到屏的距离, 可知: A 项中  $l$  减小,  $\Delta x$  变小; B 项中  $\lambda$  变大,  $\Delta x$  变大; D 项中  $d$  变大,  $\Delta x$  变小。故 A、B、D 正确。

2. (2012·福建高考)在“用双缝干涉测光的波长”实验中(实验装置如图实-15-4):

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-116.TIF"}

图实-15-4

- (1)下列说法哪一个是错误的\_\_\_\_\_。(填选项前的字母)

- A. 调节光源高度使光束沿遮光筒轴线照在屏中心时, 应放上单缝和双缝
- B. 测量某条干涉亮纹位置时, 应使测微目镜分划板中心刻线与该亮纹的中心对齐
- C. 为了减少测量误差, 可用测微目镜测出  $n$  条亮纹间的距离  $a$ , 求出相邻两条亮纹间距

$\Delta x = \frac{a}{n-1}$



(2)测量某亮纹位置时，手轮上的示数如图实-15-5，其示数为\_\_\_\_\_mm。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-117.TIF"}

图实-15-5

解析：(1)调节光源高度使光束沿遮光筒轴线照在屏中心时，无需放上单缝和双缝，选项A 错误。

(2)主尺的示数为 1.5 mm，可动尺的示数为  $47.0 \times 0.01 \text{ mm} = 0.470 \text{ mm}$ ，总的示数为  $(1.5 + 0.470) \text{ mm} = 1.970 \text{ mm}$

答案：(1)A (2)1.970

## 考点二 数据处理与误差分析

[典例 2] (2015·湖北八校联考)在“用双缝干涉测光的波长”的实验中，请按照题目要求回答下列问题。

(1)图实-15-6 中甲、乙两图都是光的条纹形状示意图，其中干涉图样是\_\_\_\_\_。

(2)将下表中的光学元件放在图实-15-6 丙所示的光具座上组装成用双缝干涉测光的波长的实验装置，并用此装置测量红光的波长。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-118.TIF"}

图实-15-6

元件代号	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>
元件名称	光屏	双缝	白光光源	单缝	透红光的滤光片

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-119.TIF"}

图实-15-7

将白光光源 *C* 放在光具座最左端，依次放置其他光学元件，由左至右，表示各光学元件的排列顺序应为\_\_\_\_\_。(填写元件代号)

(3)已知该装置中双缝间距  $d = 0.50 \text{ mm}$ ，双缝到光屏的距离  $L = 0.50 \text{ m}$ ，在光屏上得到的干涉图样如图实-15-7 甲所示，分划板在图中 *A* 位置时游标卡尺如图实-15-7 乙所示，则其示数为\_\_\_\_\_mm；在 *B* 位置时游标卡尺如图实-15-7 丙所示。由以上所测数据可以得出形成此干涉图样的单色光的波长为\_\_\_\_\_m。

[答案] (1)甲 (2)CEDBA

(3)111.10  $6.5 \times 10^{-7}$

[由题引知·要点谨记]

1. 考查双缝干涉图样的分析[对应第(1)题]

(1)干涉图样应为条纹间距和宽度相同。

(2)衍射图样为条纹宽度不等,中央最宽。

2. 考查实验原理及器材的选择[对应第(2)题]

光源发出的白光,各种频率的光都有,加上  $E$  后通过的只有红光了,变成单色光,加上  $D$  和  $B$ ,就得到两列频率相同、步调一致的相干光,最后放置光屏,干涉条纹呈现在光屏上,所以顺序为  $CEDBA$ 。

3. 考查读数及数据处理的方法[对应第(3)题]

$A$  位置的示数为  $111.10\text{ mm}$ ,  $B$  位置的示数为  $115.65\text{ mm}$ ,图甲中  $AB$  之间的距离为  $(115.65 - 111.10)\text{ mm} = 4.55\text{ mm}$ ,则相邻条纹的间距为  $\Delta x = \frac{4.55}{7}\text{ mm}$ ,再根据公式  $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$ ,代入数据得波长为  $6.5 \times 10^{-7}\text{ m}$ 。

[题组突破]

3. (2015·厦门联考)在“用双缝干涉测光的波长”的实验中,实验装置如图实-15-8 所示。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-120.TIF"}

图实-15-8

(1)某同学以线状白炽灯为光源,对实验装置进行调节并观察了实验现象后,总结出以下几点:

- A. 灯丝与单缝和双缝必须平行放置
- B. 干涉条纹与双缝垂直
- C. 干涉条纹的疏密程度与单缝宽度有关
- D. 干涉条纹的间距与光的波长有关

以上几点中,你认为正确的是\_\_\_\_\_。

(2)当测量头中的分划板中心刻线对齐某条纹的中心时,手轮上的示数如图实-15-9 甲所示,该读数为\_\_\_\_\_mm。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-121.TIF"}

图实-15-9

(3)如果测量头中的分划板中心刻线与干涉条纹不在同一方向上,如图乙所示。则在这种情况下测量干涉条纹的间距  $\Delta x$  时,测量值\_\_\_\_\_实际值。(填“大于”“小于”或“等于”)

**解析:** (1)为了获得清晰的干涉条纹,  $A$  正确。由干涉现象可知干涉条纹与双缝平行,  $B$  错误。干涉条纹的疏密  $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$  与单缝宽度无关,  $C$  错误,  $D$  正确。

(2)手轮的读数为  $(0.5\text{ mm} + 20.0 \times 0.01\text{ mm}) = 0.700\text{ mm}$ 。

(3)条纹与分划板不平行时, 实际值  $\Delta x_{\text{实}} = \Delta x_{\text{测}} \cos \theta$ ,  $\theta$  为条纹与分划板间的夹角, 故  $\Delta x_{\text{实}} < \Delta x_{\text{测}}$ 。

答案: (1)AD (2)0.700 (3)大于

4. 现有毛玻璃屏  $A$ 、双缝  $B$ 、白光光源  $C$ 、单缝  $D$  和透红光的滤光片  $E$  等光学元件, 要把它们放在如图实-15-10 所示的光具座上组装成双缝干涉装置, 用以测量红光的波长。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-122.TIF"}

图实-15-10

(1)本实验的实验步骤有:

- ①取下遮光筒左侧的元件, 调节光源高度, 使光束能直接沿遮光筒轴线把屏照亮;
- ②按合理顺序在光具座上放置各光学元件, 并使各元件的中心位于遮光筒的轴线上;
- ③用米尺测量双缝到屏的距离;
- ④用测量头(其读数方法同螺旋测微器)测量数条亮纹间的距离。

在操作步骤②时还应注意\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

(2)将测量头的分划板中心刻线与某亮纹中心对齐, 将该亮纹定为第 1 条亮纹, 此时手轮上的示数如图实-15-11 甲所示, 然后同方向转动测量头, 使分划板中心刻线与第 6 条亮纹中心对齐, 记下此时如图乙所示的手轮上的示数\_\_\_\_\_mm, 求得相邻亮纹的间距  $\Delta x$  为\_\_\_\_\_mm。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-123.TIF"}

图实-15-11

(3)已知双缝间距  $d$  为  $2.0 \times 10^{-4}$  m, 测得双缝到屏的距离  $l$  为 0.700 m, 由计算式  $\lambda =$  \_\_\_\_\_, 求得所测红光波长为\_\_\_\_\_nm。

解析: (1)单缝与双缝的间距为 5~10 cm, 使单缝与双缝相互平行。

(2)图甲的读数为 2.320 mm, 图乙的读数为 13.870 mm,

$$\Delta x = \frac{13.870 - 2.320}{6 - 1} \text{ mm} = 2.310 \text{ mm}。$$

(3)由  $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$  可得:  $\lambda = \frac{d}{l} \Delta x$

$$\begin{aligned} \text{可求出 } \lambda &= \frac{2.0 \times 10^{-4}}{0.700} \times 2.310 \times 10^6 \text{ nm} \\ &= 6.6 \times 10^2 \text{ nm}。 \end{aligned}$$

答案: (1)单缝与双缝的间距为 5~10 cm 使单缝与双缝相互平行

(2)13.870 2.310 (3) $\frac{d}{l} \Delta x$   $6.6 \times 10^2$

[第十二章高频考点真题验收全通关]把握本章在高考中考什么、怎么考, 练通此卷、平步高考!

### 高频考点一: 机械振动

1. (2011·上海高考)两个相同的单摆静止于平衡位置, 使摆球分别以水平初速  $v_1$ 、 $v_2$  ( $v_1$

$>v_2$ )在竖直平面内做小角度摆动, 它们的频率与振幅分别为 $f_1$ 、 $f_2$ 和 $A_1$ 、 $A_2$ , 则( )

- A.  $f_1 > f_2$ ,  $A_1 = A_2$                       B.  $f_1 < f_2$ ,  $A_1 = A_2$   
C.  $f_1 = f_2$ ,  $A_1 > A_2$                       D.  $f_1 = f_2$ ,  $A_1 < A_2$

解析: 选 C 单摆的频率由摆长决定, 摆长相等, 频率相等, 所以 A、B 错误。由机械能守恒, 小球在平衡位置的速度越大, 其振幅越大, 所以 C 正确。

2. (2012·重庆高考)装有砂粒的试管竖直静浮于水面, 如图 1 所示。将试管竖直提起少许, 然后由静止释放并开始计时, 在一定时间内试管在竖直方向近似做简谐运动。若取竖直向上为正方向, 则以下描述试管振动的图像中可能正确的是( )

{INCLUDEPICTURE"LZJ-44.TIF"}

图 1

{INCLUDEPICTURE"LZJ-45.TIF"}

图 2

解析: 选 D 装有砂粒的试管受到重力和浮力作用, 竖直提起少许时, 浮力小于重力, 合力向下。试管释放时, 试管处于最高点(正方向最大位移处), 将在合力作用下向下(负方向)做加速运动, 之后试管将做简谐运动, 故试管的振动图像中 0 时刻位移为正方向最大值, 只有选项 D 正确。

3. (2014·安徽高考)在科学研究中, 科学家常将未知现象同已知现象进行比较, 找出其共同点, 进一步推测未知现象的特性和规律。法国物理学家库仑在研究异种电荷的吸引力问题时, 曾将扭秤的振动周期与电荷间距离的关系类比单摆的振动周期与摆球到地心距离的关系。已知单摆摆长为 $l$ , 引力常量为 $G$ , 地球质量为 $M$ , 摆球到地心的距离为 $r$ , 则单摆振动周期 $T$ 与距离 $r$ 的关系式为( )

- A.  $T=2\pi r \sqrt{\frac{1}{GM}}$                       B.  $T=2\pi r \sqrt{\frac{1}{lGM}}$   
C.  $T=\sqrt{\frac{2\pi}{r}} \sqrt{\frac{1}{GM}}$                       D.  $T=2\pi l \sqrt{\frac{1}{rGM}}$

解析: 选 B 单摆摆动时的周期为 $T=2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ , 摆球在地球表面受到的万有引力等于重力, 即 $G\frac{Mm}{r^2}=mg$ , 得 $g=\frac{GM}{r^2}$ , 因此 $T=2\pi r \sqrt{\frac{1}{lGM}}$ , B 项正确, A、C、D 项错误。

4. (多选)(2014·山东高考)一列简谐横波沿直线传播, 以波源 $O$ 由平衡位置开始振动为计时零点, 质点 $A$ 的振动图像如图 3 所示, 已知 $O$ 、 $A$ 的平衡位置相距 0.9 m。以下判断正确的是( )

{INCLUDEPICTURE"14GS-34.TIF"}

图 3

- A. 波长为 1.2 m  
B. 波源起振方向沿 $y$ 轴正方向

C. 波速大小为 0.4 m/s

D. 质点 A 的动能在  $t=4$  s 时最大

解析：选 AB 由于以波源开始振动为计时起点，因此波传到 A 点需要的时间由题图可以看出为 3 s，已知 O、A 两点平衡位置的距离为 0.9 m，根据  $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$  可求得波的传播速度为 0.3 m/s，再根据波长公式  $\lambda=vT$  可求得波长为 1.2 m，因此选项 A 正确，选项 C 错误；由于 A 点开始振动的方向沿着 y 轴正方向，因此波源的起振方向也是沿着 y 轴正方向，故选项 B 正确；质点 A 在  $t=4$  s 时处在最大位移处，因此动能最小，所以选项 D 错误。

### 高频考点二：机械波

5(2013·福建高考)如图 4， $t=0$  时刻，波源在坐标原点从平衡位置沿 y 轴正向开始振动，振动周期为 0.4 s，在同一均匀介质中形成沿 x 轴正、负两方向传播的简谐横波。下图中能够正确表示  $t=0.6$  s 时波形的图是( )

{INCLUDEPICTURE"lze-191.tif"}

图 4

解析：选 C 本题考查简谐波，意在考查考生对简谐振动和简谐波的理解和认识。由题意可知， $t=1\frac{1}{2}T$ ，此时波源刚好经过平衡位置向下振动，再由传播方向可知形成的波形应为 C。

6(2014·福建高考)在均匀介质中，一列沿 x 轴正向传播的横波，其波源 O 在第一个周期内的振动图像如图 5 所示，则该波在第一个周期末的波形图是( )

{INCLUDEPICTURE"14LZPJ5.TIF"}

图 5

{INCLUDEPICTURE"14LZPJ6.TIF"}

图 6

解析：选 D 根据题图， $t=0$  时刻，波源经平衡位置向下运动，而波形图中，质点的起振方向均与波源开始振动时的方向相同，根据波的传播过程中，“上坡下、下坡上”规律可知，波形图中刚刚开始振动的质点处于“上坡”位置，A、C 项错；由振动图像知，前半周期振幅较小，故波形图中距波源较远的质点的振幅较小，B 项错，D 项对。

7.(多选)(2011·海南高考)一列简谐横波在  $t=0$  时的波形图如图 7 所示。介质中  $x=2$  m 处的质点 P 沿 y 轴方向做简谐运动的表达式为  $y=10\sin(5\pi t)$  cm。关于这列简谐波，下列说法正确的是( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-4-125.TIF"}

图 7

A. 周期为 4.0 s

B. 振幅为 20 cm

C. 传播方向沿 x 轴正向

D. 传播速度为 10 m/s

解析：选 CD 由题图知，波的振幅为 10 cm，B 错误。根据质点 P 的振动方程知，下个

时刻质点  $P$  的位移为正值, 此时刻质点  $P$  向上振动, 则波沿  $x$  轴正方向传播,  $C$  正确。由  $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} = 5\pi \text{ rad/s}$  知, 质点的振动周期为  $0.4 \text{ s}$ , 则波速为  $v = \frac{\lambda}{T} = 10 \text{ m/s}$ ,  $A$  错误,  $D$  正确。

8. (多选)(2012·天津高考)沿  $x$  轴正方向传播的一列简谐横波在  $t=0$  时刻的波形如图 8 所示,  $M$  为介质中的一个质点, 该波的传播速度为  $40 \text{ m/s}$ , 则  $t = \frac{1}{40} \text{ s}$  时( )

{INCLUDEPICTURE"LZJ-191.TIF"}

图 8

- A. 质点  $M$  对平衡位置的位移一定为负值
- B. 质点  $M$  的速度方向与对平衡位置的位移方向相同
- C. 质点  $M$  的加速度方向与速度方向一定相同
- D. 质点  $M$  的加速度方向与对平衡位置的位移方向相反

解析: 选  $CD$  由波形图可知, 波长为  $\lambda = 4 \text{ m}$ , 波动周期为  $T = \lambda/v = 0.1 \text{ s}$ 。根据题图,  $t=0$  时刻, 质点  $M$  向上运动, 在  $t = \frac{1}{40} \text{ s} = T/4$  时, 质点  $M$  对平衡位置的位移为正值, 其速度方向沿  $y$  轴负方向, 与位移方向相反, 选项  $A$ 、 $B$  错误; 质点  $M$  的加速度方向向下, 沿  $y$  轴负方向, 与速度方向相同, 选项  $C$  正确; 质点  $M$  的加速度方向与对平衡位置的位移方向相反, 选项  $D$  正确。

9. (2012·福建高考)一列简谐横波沿  $x$  轴传播,  $t=0$  时刻的波形如图 9 甲所示, 此时质点  $P$  正沿  $y$  轴负方向运动, 其振动图像如图乙所示, 则该波的传播方向和波速分别是( )

{INCLUDEPICTURE"ljz-307.TIF"}

图 9

- A. 沿  $x$  轴负方向,  $60 \text{ m/s}$
- B. 沿  $x$  轴正方向,  $60 \text{ m/s}$
- C. 沿  $x$  轴负方向,  $30 \text{ m/s}$
- D. 沿  $x$  轴正方向,  $30 \text{ m/s}$

解析: 选  $A$  由题意和波的图像可知, 波沿  $x$  轴负方向传播, 波长  $\lambda = 24 \text{ m}$ , 由图乙可知周期  $T = 0.4 \text{ s}$ , 所以波速为  $v = \frac{\lambda}{T} = 60 \text{ m/s}$ , 故选项  $A$  正确。

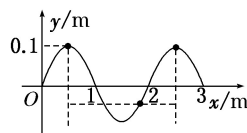
10. (多选)(2012·全国卷)一列简谐横波沿  $x$  轴正方向传播, 图 10(a)是  $t=0$  时刻的波形图, 图(b)和图(c)分别是  $x$  轴上某两处质点的振动图像。由此可知, 这两质点平衡位置之间的距离可能是( )

{INCLUDEPICTURE"LZJ-96.TIF"}

图 10

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

解析: 选  $BD$  由题图(b)所示, 质点在  $t=0$  时在正向最大位移处,

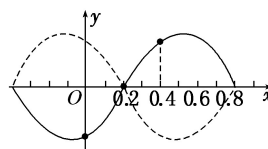


由题图(c)所示,质点在  $t=0$  时在  $y=-0.05\text{ m}$  处,运动方向沿  $y$  轴负方向,结合波形图找到对应的点,如图所示,若题图(b)所示质点为图中左侧波峰上的点,则两点距离为  $\frac{4}{3}\text{ m}$ ,选项 D 正确;若题图(b)所示质点为图中右侧波峰上的点,则两点距离为  $\frac{2}{3}\text{ m}$ ,选项 B 正确。

11. (2011·全国卷) 一列简谐横波沿  $x$  轴传播,波长为  $1.2\text{ m}$ ,振幅为  $A$ 。当坐标为  $x=0$  处质元的位移为  $-\frac{\sqrt{3}}{2}A$  且向  $y$  轴负方向运动时,坐标为  $x=0.4\text{ m}$  处质元的位移为  $\frac{\sqrt{3}}{2}A$ 。当坐标为  $x=0.2\text{ m}$  处的质元位于平衡位置且向  $y$  轴正方向运动时, $x=0.4\text{ m}$  处质元的位移和运动方向分别为( )

- A.  $-\frac{1}{2}A$ 、沿  $y$  轴正方向
- B.  $-\frac{1}{2}A$ 、沿  $y$  轴负方向
- C.  $-\frac{\sqrt{3}}{2}A$ 、沿  $y$  轴正方向
- D.  $-\frac{\sqrt{3}}{2}A$ 、沿  $y$  轴负方向

解析: 选 C 依题意可画出如图中实线所示的波形图,设波向右传播, $x=0$  处的质元正处于  $y=-\frac{\sqrt{3}}{2}A$  处, $x=0.4\text{ m}$  处的质元的位移为  $y=\frac{\sqrt{3}}{2}A$  处,满足题意。当  $x=0.2\text{ m}$  处的质元处在平衡位置向  $y$  轴正方向运动时,波形图如图中虚线所示,显然  $x=0.4\text{ m}$  处的质元正处于  $y=-\frac{\sqrt{3}}{2}A$  处,且沿  $y$  轴正方向运动, C 对。



12. (2012·四川高考) 在  $xOy$  平面内有一列沿  $x$  轴正方向传播的简谐横波,波速为  $2\text{ m/s}$ ,振幅为  $A$ 。 $M$ 、 $N$  是平衡位置相距  $2\text{ m}$  的两个质点,如图 11 所示。在  $t=0$  时, $M$  通过其平衡位置沿  $y$  轴正方向运动, $N$  位于其平衡位置上方最大位移处。已知该波的周期大于  $1\text{ s}$ 。则( )

{INCLUDEPICTURE"LZJ-173.TIF"}

图 11

- A. 该波的周期为  $\frac{5}{3}\text{ s}$
- B. 在  $t=\frac{1}{3}\text{ s}$  时, $N$  的速度一定为  $2\text{ m/s}$
- C. 从  $t=0$  到  $t=1\text{ s}$ , $M$  向右移动了  $2\text{ m}$
- D. 从  $t=\frac{1}{3}\text{ s}$  到  $t=\frac{2}{3}\text{ s}$ , $M$  的动能逐渐增大

解析: 选 D 根据  $v=\frac{\lambda}{T}$  和  $T>1\text{ s}$  可得  $\lambda>2\text{ m}$ , 又根据  $M$ 、 $N$  两质点的距离和振动情况可知, $M$ 、 $N$  两质点的距离等于波长的四分之三,即  $2\text{ m}=\frac{3}{4}\lambda$ ,可得  $\lambda=\frac{8}{3}\text{ m}$ , 又根据  $v=\frac{\lambda}{T}$  可得  $T=\frac{4}{3}\text{ s}$ , 故 A 选项错误; $t=\frac{1}{3}\text{ s}$

时,  $N$  位于它做简谐运动的平衡位置, 速度为最大, 但不一定为  $2\text{ m/s}$  (与波的传播速度无关), 故 B 选项错误; 质点只在其平衡位置附近做简谐运动, 不会随波移动, 故 C 选项错误; 从  $t = \frac{1}{3}T$  s 至  $t = \frac{2}{3}T$  s 过程中,  $M$  从其平衡位置上方最大位移处向其平衡位置处运动,  $M$  的速度逐渐增大, 则其动能也逐渐增大, 故 D 选项正确。

### 高频考点三: 光的折射 全反射

13. (2013·四川高考) 光射到两种不同介质的分界面, 分析其后的传播情形可知( )

- A. 折射现象的出现说明光是纵波
- B. 光总会分为反射光和折射光
- C. 折射光与入射光的传播方向总是不同的
- D. 发生折射是因为光在不同介质中的传播速度不同

**解析:** 选 D 本题考查光的折射现象的相关知识, 意在考查考生对光的折射现象的识记、理解等能力。光属于电磁波, 是一种横波, 另外光的折射现象的出现不能说明光是纵波, 故 A 选项错误; 当光从光密介质射向光疏介质, 且入射角足够大时, 会在分界面处发生全反射现象, 此时只有反射光线而反射光线消失, 故 B 选项错误; 当光垂直射到两种不同介质的分界面时, 折射光线与入射光线的传播方向是相同的, 故 C 选项错误; 当光射到两种不同介质的分界面时会发生折射现象, 这是因为不同介质对光的(绝对)折射率  $n = \frac{c}{v}$  不同, 即光在不同介质中的传播速度不同, 故 D 选项正确。

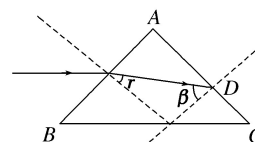
14. (2010·全国卷) 如图 12 所示, 一个三棱镜的截面为等腰直角  $\triangle ABC$ ,  $\angle A$  为直角。此截面所在平面内的光线沿平行于  $BC$  边的方向射到  $AB$  边, 进入棱镜后直接射到  $AC$  边上, 并刚好能发生全反射。该棱镜材料的折射率为( )

{INCLUDEPICTURE"LZ-55.TIF"}

图 12

- A.  $\frac{\sqrt{6}}{2}$
- B.  $\sqrt{2}$
- C.  $\frac{\sqrt{3}}{2}$
- D.  $\sqrt{3}$

**解析:** 选 A 作出几何光路图, 如图所示。由折射规律可得  $\frac{\sin 45^\circ}{\sin r} = n$ , 若光线在  $AC$  边上的  $D$  点发生全反射, 则  $\sin \beta = \frac{1}{n}$ , 由几何关系又有  $r = 90^\circ - \beta$ , 结合以上三式可得  $n^2 = \frac{3}{2}$ , 即  $n = \frac{\sqrt{6}}{2}$ , 正确答案为 A。



15. (2011·福建高考) 如图 13 所示, 半圆形玻璃砖置于光屏  $PQ$  的左下方。一束白光沿半径方向从  $A$  点射入玻璃砖, 在  $O$  点发生反射和折射, 折射光在光屏上呈现七色光带。若入射点由  $A$  向  $B$  缓慢移动, 并保持白光沿半径方向入射到  $O$  点, 观察到各色光在光屏上陆续消失。在光带未完全消失之前, 反射光的强度变化以及光屏上最先消失的光分别是( )



{INCLUDEPICTURE"LZ111.tif"}

图 13

- A. 减弱, 紫光                      B. 减弱, 红光  
C. 增强, 紫光                      D. 增强, 红光

解析: 选 C 入射点由  $A$  向  $B$  缓慢移动的过程中, 同一介质对各色光的折射率不同, 各色光对应的全反射的临界角也不同。七色光中紫光的折射率最大, 由  $\sin C = \frac{1}{n}$  可知紫光的临界角最小, 所以最先发生全反射的是紫光, 折射光减弱, 则反射光增强, 故 C 正确。

16.(多选)(2013·天津高考)固定的半圆形玻璃砖的横截面如图 14,  $O$  点为圆心,  $OO'$  为直径  $MN$  的垂线。足够大的光屏  $PQ$  紧靠玻璃砖右侧且垂直于  $MN$ 。由  $A$ 、 $B$  两种单色光组成的一束光沿半径方向射向  $O$  点, 入射光线与  $OO'$  夹角  $\theta$  较小时, 光屏  $NQ$  区域出现两个光斑, 逐渐增大  $\theta$  角, 当  $\theta = \alpha$  时, 光屏  $NQ$  区域  $A$  光的光斑消失, 继续增大  $\theta$  角, 当  $\theta = \beta$  时, 光屏  $NQ$  区域  $B$  光的光斑消失, 则( )

{INCLUDEPICTURE"LZE-181.TIF"}

图 14

- A. 玻璃砖对  $A$  光的折射率比对  $B$  光的大  
B.  $A$  光在玻璃砖中传播速度比  $B$  光的大  
C.  $\alpha < \theta < \beta$  时, 光屏上只有 1 个光斑  
D.  $\beta < \theta < \frac{\pi}{2}$  时, 光屏上只有 1 个光斑

解析: 选 AD 本题考查光的反射、折射、全反射规律的应用, 意在考查考生对光的传播规律的灵活应用。当  $\theta$  较小时, 屏上  $NQ$  区域有两个光斑, 这是两种单色光折射后折射程度不同的结果, 当  $\theta = \alpha$  时  $NQ$  区域  $A$  光消失, 说明  $A$  光发生了全反射,  $A$  光发生全反射的临界角为  $\alpha$ , 同理,  $B$  光发生全反射的临界角为  $\beta$ , 由于  $\beta > \alpha$ , 由  $n = \frac{1}{\sin C}$  可知,  $B$  光的折射率小, A 项正确; 由  $v = \frac{c}{n}$  可知,  $B$  光在半圆形玻璃砖中传播速度较大, B 项错误;  $\alpha < \theta < \beta$  时,  $NQ$  区域只有一个光斑, 而由于光的反射, 在  $NP$  区域还有一个光斑,  $\beta < \theta < \frac{\pi}{2}$  时, 两种单色光全部发生全反射, 在  $NQ$  区域没有光斑, 在  $NP$  区域有一个由全反射形成的光斑, C 项错误, D 项正确。

17.(2010·重庆高考)如图 15 所示, 空气中有一折射率为  $\sqrt{2}$  的玻璃柱体, 其横截面是圆心角为  $90^\circ$ 、半径为  $R$  的扇形  $OAB$ , 一束平行光平行于横截面, 以  $45^\circ$  入射角照射到  $OA$  上,  $OB$  不透光, 若只考虑首次入射到圆弧  $\overset{\frown}{AB}$  上的光, 则  $\overset{\frown}{AB}$  上有光透出部分的弧长为( )

{INCLUDEPICTURE"LZ-85.TIF"}

图 15

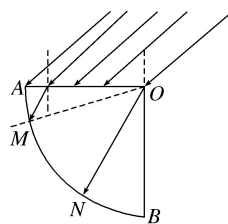
A.  $\frac{1}{6}\pi R$

B.  $\frac{1}{4}\pi R$

C.  $\frac{1}{3}\pi R$

D.  $\frac{5}{12}\pi R$

解析：选 B 本题考查光的折射与全反射，意在考查考生综合应用数学知识，正确作出几何光路图解决几何光学问题的能力。作出如图所示的几何光路图，其中  $N$  点为从  $O$  点入射的折射光线，故圆弧  $NB$  段没有光线从  $AB$  圆弧射出，由折射定律  $\frac{\sin i}{\sin r} = n$  可知  $\frac{\sin 45^\circ}{\sin \angle BON} = \sqrt{2}$ ，即  $\angle BON = 30^\circ$ 。若在圆弧  $AB$  上的  $M$  点，折射光线发生了全反射，由  $\sin C = \frac{1}{n}$  可得  $C = 45^\circ$ ，由几何关系则有  $\angle AOM = 90^\circ - 45^\circ - 30^\circ = 15^\circ$ ，所以圆弧  $AB$  上有光透出的长度为  $s = \frac{1}{360} \times (15^\circ + 30^\circ) \times 2\pi R = \frac{1}{4}\pi R$ ，正确选项为 B。



18. (2013·山东高考)如图 16 所示， $ABCD$  是一直角梯形棱镜的横截面，位于截面所在平面内的一束光线由  $O$  点垂直  $AD$  边射入。已知棱镜的折射率  $n = \sqrt{2}$ ， $AB = BC = 8$  cm， $OA = 2$  cm， $\angle OAB = 60^\circ$ 。

{INCLUDEPICTURE"LZE-31.TIF"}

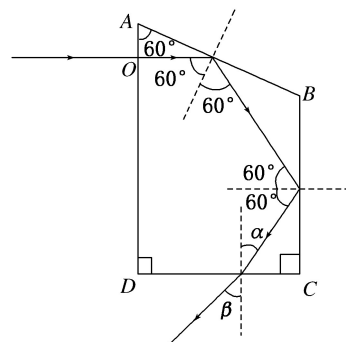
图 16

(1)求光线第一次射出棱镜时，出射光线的方向。

(2)第一次的出射点距  $C$  \_\_\_\_\_ cm。

解析：本题主要考查光的折射和全反射、折射率，意在考查考生应用折射和全反射解决光路问题的能力。

(1)设发生全反射的临界角为  $C$ ，由折射定律得  $\sin C = \frac{1}{n}$  代入数据得  $C = 45^\circ$  光路图如图所示，由几何关系可知光线在  $AB$  边和  $BC$  边的入射角均为  $60^\circ$ ，均发生全反射。设光线在  $CD$  边的入射角为  $\alpha$ ，折射角为  $\beta$ ，由几何关系得  $\alpha = 30^\circ$ ，小于临界角，光线第一次射出棱镜是在  $CD$  边，由折射定律得  $n = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$  代入数据得  $\beta = 45^\circ$ 。



(2)由于  $AO = 2$  cm， $AB = BC = 8$  cm，由几何关系得  $AE = BE = BF = CF = 4$  cm，所以  $GC = CF \tan 30^\circ = \frac{4\sqrt{3}}{3}$  cm

答案：(1)见解析 (2)  $\frac{4\sqrt{3}}{3}$

19. (2013·重庆高考)利用半圆柱形玻璃，可减小激光光束的发散程度。在如图 17 所示的光路中， $A$  为激光的出射点， $O$  为半圆柱形玻璃横截面的圆心， $AO$  过半圆顶点。若某条从  $A$  点发出的与  $AO$  成  $\alpha$  角的光线，以入射角  $i$  入射到半圆弧上，出射光线平行于  $AO$ ，求此玻璃

的折射率。

{INCLUDEPICTURE"LZE-247.TIF"}

图 17

解析：本题主要考查光的折射、折射率的计算，意在考查考生对光路分析和几何知识的运用能力。设折射角为  $r$ ，根据光路图，寻找几何关系有  $i=r+\alpha$ ，又由折射率公式  $n=\frac{\sin i}{\sin r}$ ，解得玻璃的折射率  $n=\frac{\sin i}{\sin(i-\alpha)}$ 。

答案： $\frac{\sin i}{\sin(i-\alpha)}$

20.(2013·全国卷 I)如图 18 所示为一光导纤维(可简化为一长玻璃丝)的示意图，玻璃丝长为  $L$ ，折射率为  $n$ ， $AB$  代表端面。已知光在真空中的传播速度为  $c$ 。

{INCLUDEPICTURE"LZE-296.TIF"}

图 18

(1)为使光线能从玻璃丝的  $AB$  端面传播到另一端面，求光线在端面  $AB$  上的入射角应满足的条件；

(2)求光线从玻璃丝的  $AB$  端面传播到另一端面所需的最长时间。

解析：本题考查光的折射和全反射现象，意在考查考生解决实际问题的能力。

(1)设光线在端面  $AB$  上  $C$  点(如图)的入射角为  $i$ ，折射角为  $r$ ，由折射定律有

$$\sin i = n \sin r \quad ①$$

设该光线射向玻璃丝内壁  $D$  点的入射角为  $\alpha$ ，为了使该光线可在此光导纤维中传播，应有

$$\alpha \geq \theta \quad ②$$

式中， $\theta$  是光线在玻璃丝内发生全反射时的临界角，它满足

$$n \sin \theta = 1 \quad ③$$

由几何关系得

$$\alpha + r = 90^\circ \quad ④$$

由①②③④式得

$$\sin i \leq \frac{1}{n} \quad ⑤$$

(2)光在玻璃丝中传播速度的大小为

$$v = \frac{c}{n} \quad ⑥$$

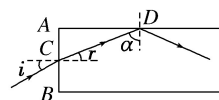
光速在玻璃丝轴线方向的分量为

$$v_x = v \sin \alpha \quad ⑦$$

光线从玻璃丝端面  $AB$  传播到其另一端面所需时间为

$$t = \frac{L}{v_x} \quad ⑧$$

光线在玻璃丝中传播，在刚好发生全反射时，光线从端面  $AB$  传播到其另一端面所需的



时间最长，由②③⑥⑦⑧式得

$$t_{\max} = \{eq \sqrt{f(Ln^2, c)}\} \quad ⑨$$

答案：(1)  $\sin i \leq \sqrt{n^2 - 1}$  (2)  $\{eq \sqrt{f(Ln^2, c)}\}$

#### 高频考点四：光的波动性 电磁波

21. (2013·上海高考)白光通过双缝后产生的干涉条纹是彩色的，其原因是不同色光的

( )

- A. 传播速度不同
- B. 强度不同
- C. 振动方向不同
- D. 频率不同

解析：选 D 白光是由各种不同颜色的单色光组成的复色光，而光的颜色由频率决定，不同色光频率不同，D 正确。

22. (2012·北京高考)一束单色光经由空气射入玻璃，这束光的( )

- A. 速度变慢，波长变短
- B. 速度不变，波长变短
- C. 频率增高，波长变长
- D. 频率不变，波长变长

解析：选 A 光从空气射入玻璃中，其频率  $f$  不变；又由  $n = c/v$ ，推出速度  $v$  变小；再由  $v = \lambda f$ ，推出  $\lambda$  变小。故选项 A 正确。

23. (2013·全国卷)下列现象中，属于光的衍射的是( )

- A. 雨后天空出现彩虹
- B. 通过一个狭缝观察日光灯可看到彩色条纹
- C. 海市蜃楼现象
- D. 日光照射在肥皂膜上出现彩色条纹

解析：选 B 本题考查光的衍射现象，意在考查考生对衍射现象的基本理解。雨后的彩虹是光的色散，则 A 错误；通过一个狭缝观察到的彩色条纹属于光的衍射，则 B 正确；海市蜃楼是全反射和折射，则 C 错误；日光下的肥皂膜出现的彩色条纹是薄膜干涉现象，则 D 错误。

24. (2013·浙江高考)与通常观察到的月全食不同，小虎同学在 2012 年 12 月 10 日晚观看月全食时，看到整个月亮是暗红的。小虎画了月全食的示意图，并提出了如下猜想，其中最合理的是( )

{INCLUDEPICTURE"LZE-152.TIF"}

图 19

- A. 地球上有人用红色激光照射月球
- B. 太阳照射到地球的红光反射到月球
- C. 太阳光中的红光经地球大气层折射到月球

D. 太阳光中的红光在月球表面形成干涉条纹

**解析：**选 C 本题考查月全食现象，意在考查考生运用光学知识解释月全食现象的能力。小虎同学观看月全食时看到的整个月亮是暗红色的，这是由于太阳光中的红光经地球的大气层折射到月球而形成的，则 C 项正确，其他选项错误。

25.(2011·北京高考)如图 20 所示的双缝干涉实验，用绿光照射单缝 S 时，在光屏 P 上观察到干涉条纹。要得到相邻条纹间距更大的干涉图样，可以( )

{INCLUDEPICTURE"LZ41.TIF"}

图 20

- A. 增大  $S_1$  与  $S_2$  的间距
- B. 减小双缝屏到光屏的距离
- C. 将绿光换为红光
- D. 将绿光换为紫光

**解析：**选 C 由双缝干涉条纹间距公式  $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$  可知，要增大条纹间距，可以增大双缝到屏的距离，减小双缝间距，选用波长更长的单色光，因此 C 项正确。

26. (2013·浙江高考)关于生活中遇到的各种波，下列说法正确的是( )

- A. 电磁波可以传递信息，声波不能传递信息
- B. 手机在通话时涉及的波既有电磁波又有声波
- C. 太阳光中的可见光和医院“B 超”中的超声波传播速度相同
- D. 遥控器发出的红外线波长和医院“CT”中的 X 射线波长相同

**解析：**选 B 本题考查波的知识，意在考查考生对波的理解和应用能力。无论是电磁波还是声波，都可以传递能量和信息，则 A 项错误；易知 B 项正确；太阳光中的可见光和医院“B 超”中的超声波的传播速度不相同，则 C 项错误；遥控器发出的红外线频率和医院“CT”中的 X 射线频率不同，故它们的波长也不相同，则 D 项错误。

27. (2010·天津高考)下列关于电磁波的说法正确的是( )

- A. 均匀变化的磁场能够在空间产生电场
- B. 电磁波在真空和介质中传播速度相同
- C. 只要有电场和磁场，就能产生电磁波
- D. 电磁波在同种介质中只能沿直线传播

**解析：**选 A 如果电场(或磁场)是均匀变化的，产生的磁场(或电场)是恒定的，不能产生新的电场(磁场)，因而不能产生电磁波，A 正确，C 错误；电磁波的传播速度跟介质有关，频率由波源决定，同一频率的电磁波在不同介质里波长不等，由  $v = \lambda f$  知不同介质中波的传播速度不同，B 错误；波发生衍射现象时，不再沿直线传播，波发生明显衍射现象的条件是：障碍物或孔的尺寸大小跟光的波长差不多或比波长还要小，D 错误。