



1+1

大课堂

Da Ketang

高中物理

二年级

赵斌主编

全一册



东北师范大学出版社



1+1

大课堂

Da Ketang

高中物理

二年级 赵 斌 主编

全一册



东北师范大学出版社
长春

☐主 编:赵 斌
☐副 主 编:徐 晶 王国晨 程 琪
☐编 者:王国晨 张淑清 李秀钟 程 琪 徐 晶
赵双菊 曹淑英 王书容 孙绍琴 李吉强
王 辉 徐海庭 韩 瑞 仇莉波 邢彦清
朗志荣 郝建平 周佳丽 茅淑艳 陈佳辉

图书在版编目(CIP)数据

1+1 大课堂·高中物理·二年级/赵斌主编. —长春:
东北师范大学出版社, 2002. 6
ISBN 7 - 5602 - 3069 - 5

I. 1. 1... II. 赵... III. 物理课—高中—教学参考资料
IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 019494 号

☐出 版 人:贾国祥 ☐总策划:第三编辑室
☐责任编辑:王 慧 ☐封 面 设 计:魏国强
☐责任校对:汪大伟 ☐责 任 印 制:张文霞

东北师范大学出版社出版发行
长春市人民大街 138 号(130024)

电话:0431—5695744 5688470

传真:0431—5695744 5695734

网址:<http://www.nnup.com>

电子函件:sdcbs@mail.jl.cn

东北师范大学出版社激光照排中心制版

长春第二新华印刷有限责任公司印刷

2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月第 1 次印刷

开本:787 mm×1092 mm 1/16 印张:15 字数:454 千

印数:00 001—12 000 册

定价:16.00 元

出版说明

培养中小学生的创新精神、创造性思维方式，提高创造性地运用知识解决实际问题的能力，是国家九五重点研究的课题，是中小学教师在教学过程中不断追求的目标，更是我们编写《1+1大课堂》的主旨。今天，我们将这套书作为一份厚礼，奉献给广大同学。

走进大课堂，新理念、新思维、新方法、新视觉使你目不暇接，流连忘返。

走进大课堂，巩固课内，拓展课外，定使你收获匪浅。

走进大课堂，创新题型、应用题型、竞赛题型，会培养你的创造性思维方式、多角度的探索精神、综合运用知识的能力。

让我们一起走进大课堂：

《1+1大课堂》吸收“九五”国家重点课题“面向21世纪中国基础教育课程教材改革实验”的最新研究成果，重视中小学课程一体化理论的应用，无论是内容和方法都具有超前性和实用性。

《1+1大课堂》按最新课程标准设计内容，依托人民教育出版社最新版本教材，又不局限于教材，具有很强的灵活性和指导性。

《1+1大课堂》既注意课内知识的学习，又兼顾课外能力的培养，包括竞赛能力及综合素质的训练。作为少有的一套与教材同步的竞赛辅导书，既是对中小学课程教材的丰富，又是中小學生双休日、寒暑假课外活动的极好辅助读物。

《1+1大课堂》与人民教育出版社教材相配套，即一本教材配一本辅导书（上、下册配上、下册，全一册配全一册），分小学语文、数学，中学语文、外语、数学、物理、化学，共69册，其中秋季版41册。每册由知识链接、学法扫描、例题引路、分层体验、实际应用、答案放映六部分

组成。

知识链接：在阐述本章与前后内容联系的同时，对知识点进行归纳总结，帮助学生从整体知识角度，理清知识脉络，构建科学的知识结构。

学法扫描：对本章知识点进行学习方法指导，针对学生学习所遇到的问题和困难，介绍学习策略，分析规律技巧，拓展发散思维空间。

例题引路：除对接近教材中典型习题加以分析外，还根据中小学教材内容增加竞赛内容，精选近年中、高考试题和作者多年教学积累的典型题目。通过例题分析，引导学生形成解题思路，掌握科学思维方法。

分层体验：精编基本题和提高题。基本题围绕重点、难点选题，旨在学好课本，巩固知识；提高题则以近年中、高考题和学科内综合题、跨学科综合题为主，意在培养学生综合运用所学知识分析和解决实际问题，提高创新能力。

实际应用：侧重理论联系实际，扩展学生知识视野，把生活中的具体问题知识化，从而提升学生的科学观念和素质。

答案放映：每章练习题均有答案，并配有提示与解题思维指导，使学生知其然也知其所以然，同时便于学生复习使用。

《1+1 大课堂》由全国重点中小学特级和高级教师编写，大部分教师是参加教育部“面向 21 世纪教育振兴行动计划——跨世纪园丁工程”的骨干教师，具有很高的权威性。

《1+1 大课堂》充分体现了求实、求新、求活的教育理念，它必将成为教辅书海中的又一颗璀璨明珠！望天下学子，走进我们的大课堂，跨知识海洋，攀科学高峰！

东北师大出版社第三编辑室

2002 年 5 月

目 录

第十章 机械波 1

知识链接 1

学法扫描 2

例题引路 6

分层体验 11

基本题 11

提高题 19

实际应用 24

答案放映 26

第十一章 分子热运动

能量守恒 28

知识链接 28

学法扫描 29

例题引路 32

分层体验 37

基本题 37

提高题 42

实际应用 43

答案放映 44

第十二章 固体和液体 46

知识链接 46

学法扫描 46

例题引路 47

分层体验 47

答案放映 49

第十三章 气 体 50

知识链接 50

学法扫描 51

例题引路 55

分层体验 67

基本题 67

提高题 74

实际应用 77

答案放映 79

第十四章 电 场 80

知识链接 80

学法扫描 81

例题引路 90

分层体验 100

基本题 100

提高题 108

实际应用 113

答案放映 116

第十五章 恒定电流 118

知识链接 118

学法扫描 119

例题引路 123

分层体验 137

基本题 137

提高题 142

实际应用 145

答案放映 149

第十六章 磁 场 151

知识链接 151

学法扫描 152

例题引路 154

分层体验 170

基本题 170

提高题 176

实际应用 180

答案放映 182

第十七章 电磁感应 183

知识链接 183

学法扫描 184

例题引路	189
分层体验	193
基本题	193
提高题	200
实际应用	204
答案放映	205
第十八章 交变电流	206
知识链接	206
学法扫描	207
例题引路	211
分层体验	215
基本题	215

提高题	220
实际应用	224
答案放映	225
第十九章 电磁场和电磁波	227
知识链接	227
学法扫描	228
例题引路	229
分层体验	231
基本题	231
提高题	233
答案放映	234

第十章 机械波

★知识链接

波动是自然界广泛存在的一种运动形式,它是机械运动中多个质点同时又不同步的简谐运动.

机械波是以传播机械振动的介质整体作为研究对象,研究振动如何在介质中通过质点间的相互作用,将振源的振动形式和振源的能量由近向远的传播规律.

由于振动是振动质点的加速度大小和方向都在随时间而改变的变速运动,波动又是多个质点的振动,因此机械波比机械振动要复杂一些.学好本章的知识将有助于对以后学习电磁波和光波知识的理解.

1. 机械波

机械振动在介质中的传播(借以传播波的物质叫介质).

2. 横波和纵波

质点的振动方向跟波的传播方向垂直的波,叫横波(如水波、电磁波);质点的振动方向跟波的传播方向在同一条直线上的波,叫纵波(如声波).

3. 简谐波

波源做简谐运动时,介质的各个质点随着做简谐运动,所形成的波就是简谐波.简谐波是一种最基本、最简单的波,其他的波可以看做由若干简谐波合成的.

4. 波的图像

波的图像有时也称波形图或波形曲线.简谐波的波形曲线是正弦曲线或余弦曲线.用横坐标 x 表示在波的传播方向上各个质点的平衡位置,纵坐标 y 表示某一时刻各个质点偏离平衡位置的位移,并规定在横波中位移的方向向上时为正值,位移的方向向下时为负值.画出各质点的 x 与其偏离平衡位置的位移 y 的各个点 (x, y) ,并将其连成曲线.图 10-1 所示为一横波的图像(在高中阶段不要求纵波的图像).

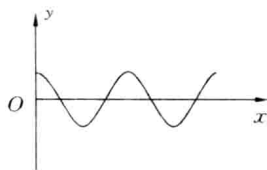


图 10-1

5. 波长、频率和波速

波长(λ):在波动中,对平衡位置的位移总相等的两个相邻质点间的距离.用字母 λ 表示,国际单位为米(m).

在波动中,各质点的振动周期或频率是相同的,它们都等于波源的周期或频率,这个周期或频率也叫做波的周期或频率.经过一个周期 T ,振动在介质中传播一个波长 λ ,则波速 v 与 T 、 f 的关系为: $v = \frac{\lambda}{T}$ 或 $v = \lambda f$.

6. 波的反射和折射

波的反射:波遇到障碍物会反过来继续传播的现象(如“回声”).反射波的波长、频率都跟入射波相同.

波的折射:波从一种介质射到另一种介质中时,传播的方向会发生改变的现象.折射波的频率不变,波长和波速都将改变.

7. 波的衍射和波的干涉

波的衍射和干涉是波特有的现象.

衍射:波可以绕过障碍物继续传播的现象(如我们能够听到障碍物另一侧的声音).

干涉:频率相同的两列波叠加,使某些区域的振动加强,某些区域的振动减弱,而且振动加强和振动减弱的区域相互隔开的现象(例如,光是一种波,肥皂泡或水面上的油膜在光照下映射出的彩色条纹就是波的干涉现象).

8. 驻波

如果反射波和原来向前传播的波相互叠加,波形虽然随时间而改变,但不向任何方向移动的现象叫驻波.两列沿相反方向传播的振幅相同、频率相同的波叠加时,形成驻波.

9. 多普勒效应

由于波源和观察者之间有相对运动,使观察者感到频率发生变化的现象叫多普勒效应(如:火车向你驶来时,音调变高;火车驶离你远去时,音调变低)。

10. 次声波和超声波

次声波:频率低于 20 Hz 的声波。

超声波:频率高于 20000 Hz 的声波。

无论是次声波还是超声波,都不能引起人类听觉器官的感觉,但它们对人类仍具有很大的实际意义。

★学法扫描

本章的重点知识是机械波的特征和波的图像,要掌握利用波动图像,熟练地根据波速、频率(或周期)、波长之间的关系以及波动过程中质点往复运动的规律去求解波动的问题。为达到这一学习目标,需要真正理解波的图像的含义,形成正确的物理情景,从中提高抽象思维能力,通过波的图像运动,加深对机械波规律的理解。

1. 怎样理解机械波以及它的产生和传播

机械波的本质是物体在介质中发生机械振动时,由于介质中各质点之间存在弹性联系互相带动而发生依次振动,这样机械振动就在介质中向空间传播开来,形成了机械波。

要理解机械波的概念,应注意以下几点:

(1) 有振源和传播介质,是机械波形成的条件。

(2) 波从振动方向与传播方向的关系上,可分为横波和纵波,振动方向与传播方向相垂直的是横波,振动方向跟传播方向在一条直线上的是纵波。高中阶段以研究横波的运动规律为重点。

(3) 无论横波还是纵波,波动传播的只是振动的形式,而质点本身只在平衡位置附近振动,并不随着波的传播而发生迁移。随着波的传播使介质中原来静止的质点发生振动,所以在波传播振动形式的同时,也将波源的能量传递出去,也就是说波也是传递能量的一种方式。

2. 怎样灵活地运用波长、频率和波速的关系

波沿着传播的方向传播一个波长所用的时间是一个周期,因此波长、频率和波速的关系是: $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$ 。

在理解这个重要的关系时,应注意的是:

(1) 波源以某一周期(或频率)振动时,在波的传播过程中,介质中的各质点均以这个周期(或频率)振动,波源振动了一个周期,波沿传播方向传播了一个波长的距离。因此波源的振动周期(即介质中质点的振动周期)就是波的周期。

(2) 质点的振动速度跟波传播的速度是两个完全不同的概念。波中质点的振动是在平衡位置附近的变加速运动(即简谐运动),其最大速度取决于振源的性质。而波速是指质点振动状态的传播速度,它是匀速的,其大小取决于介质的性质,与振源的性质无关。

(3) 在 $v = \lambda f$ 的关系式中,波速 v 取决于介质的性质,频率 f 取决于振源,而波长 λ 则是由 v 与 f 来决定。当一列波由一种介质进入另一种介质中传播时,它的频率是不变的,而往往波速要发生改变,所以波长往往要随之改变。

例如:如图 10-2 所示, O 点是波源, 1, 2, 3, ... 各质点间的距离是 1 m, 当 $t = 0$ 时 O 开始向上振动, 经过 0.1 s 第一次达到最大位移, 此时波传到第 2 点, 试求:

(1) 波速 v ; (2) 波的周期 T 和频率 f ; (3) 波长 λ ; (4) 当波传到第 9 点时共经历多少时间? 此时第 7 点的位移多大?

[分析] 解答此题必须了解波形成的特征, 要注意波上质点的振动跟振源一致, 质点的振动是变加速运动, 而波向外传播则是匀速运动, 波速的大小取决于介质的性质, 与质点的振动情况无关。根据题意可以建立如图 10-3 所示的 $t = 0.1$ s 时的机械波的模型图, 并由图可知: 振动由 O 点传到 2 点的过程中由 $v = \frac{s}{t}$ 便可求出波速, 又知道 O 点振动 $\frac{1}{4}$ 周期, 即 $t = \frac{T}{4}$, 由公式 $f = \frac{1}{T}$ 可以求出 T 和 f 的值, 由 $s = \frac{\lambda}{4}$ 可求出波长 λ 。

由上分析题中所求各量均可求出。再根据机械波的特性可知, 沿波传播的方向后面的各质点将追随带动它振

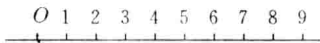


图 10-2



图 10-3

动的前一质点,再经过 0.2 s 即 $t'=0.3\text{ s}$ 时刻此波模型为如图 10-4 所示.依此类推当波传到第 9 点时可画出波形如图 10-5 所示.

解 波速 $v = \frac{s}{t} = \frac{2}{0.1} = 20\text{ m/s}$; 当 O 第一次达最大位移时 $t = \frac{T}{4}$, 则周期 $T = 4t = 4 \times 0.1 = 0.4\text{ s}$; $\overline{O2} = \frac{\lambda}{4}$, 则波长 $\lambda = 4 \times \overline{O2} = 4 \times 2\text{ m} = 8\text{ m}$; 频率 $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.4} = 2.5\text{ Hz}$; 由分析和图 10-5 可知波传到第 9 点时, 用时间为 $\frac{9}{2} \times 0.1\text{ s} = 0.45\text{ s}$, 则在 0.45 s 时刻质点 7 到达正最大位移处.

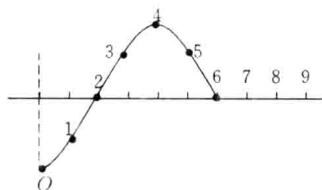


图 10-4

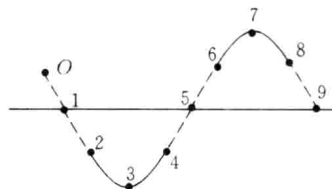


图 10-5

3. 怎样理解波动图像

由于高中阶段不要求波动方程, 所以波动图像就是惟一定量描述波动过程、研究波动规律的基本方法. 但是利用波的图像求解波动问题时应注意以下几个问题.

(1) 振动图像与波动图像的区别和联系

初学者往往容易将振动图像和波的图像相混淆, 因此必须首先明确它们的物理意义.

振动图像 ($s-t$ 图像) 是描述单个质点或物体在振动过程中每个时刻所对应的位移, 而波的图像是表示介质中在波的传播方向上的各个质点在同一时刻偏离平衡位置的位移的大小和方向. 振动图像只能描绘出某一个质点或物体的振动规律, 而波的图像仅表示某一个时刻排列在波的传播方向上的各个质点对平衡位置的位移. 简谐运动的图像是一条正弦或余弦曲线, 波源的振动如果是简谐运动则传出的波就是正弦波, 波的图像也是正弦曲线. 如果波源不是做简谐运动, 波的图像和振动的图像一般比较复杂. 高中物理主要研究简谐运动形成的简谐波. 有机械波必有机械振动, 但有机械振动不一定有机械波.

为了使同学们对振动图像和波动图像有一个清晰的认识, 我们作以下的对比:

	振 动	波 动
图 像		
描述对象	振动物体(质点).	波传播方向上介质的各质点.
意 义	① 表示介质中某个质点在各个时刻的位置情况. ② 曲线上相邻两个最大值之间的间隔等于周期 T , 显示出时间的周期性.	① 表示介质中各个质点在某一时刻的位置情况. ② 曲线上相邻两个最大值间的间隔等于波长 λ , 显示出空间的周期性.
由图可知	周期 (T)、振幅 (A) 各时刻的位置 (y) 各时刻振子的运动方向.	波长 (λ)、振幅 (A) 某时刻各质点的位置 $y_1, y_2, \dots$ 与波速配合可判断各质点的运动方向.
图形变化规律	随时间的延长, 曲线向外延伸, 但原部分不变.	随时间的延长, 曲线不仅向外延伸, 同时原波形也周期性变化.
质点运动方向判断规律		

(2) 关于波动中某质点运动方向的判断方法

判断波动中某质点的运动方向,是高中物理中经常遇见的问题,因此我们要掌握判断的方法.

所谓波的传播规律,也就是沿着波的传播方向后面的质点的步调总滞后于前面的质点,或者说后面的质点将追随带动它的前面的质点的运动.根据这一规律判断质点运动的方法可归纳出两种:一是相邻质点位移比较法;二是整体波形平移法.

相邻质点位移比较法:

如图 10-6 是一个波动图像.已知这列波沿 x 轴正方向传播,现确定波中 A 点的运动方向.

首先在 A 点的附近找到一点 A' ,并且 A' 比 A 离波源 O 点较近,由于波沿 x 的正方向传播,因此 A' 点先振动,也可以说 A 点的振动是由于 A' 的带动, A' 此时位置将是 A 下一时刻要达到的位移.由图可见 A' 此时在 A 左偏上,所以 A 将向上运动.这就是相邻质点位移比较法.

整体波形平移法:

整体波形平移法以整列波作为研究对象.方法是将整体波形沿波的传播方向平移一小段距离 Δx ($\Delta x < \frac{\lambda}{4}$),从而获得再经 Δt 时间后的波形(如图 10-7 所示),由新波形所对应的质点位置即可判断出原波形中质点的运动方向.图 10-7 中实线是 t 时刻的波形(原波形),虚线是将整列波平移 Δx 后的波形(新波形),新波形中的 A' 就是原波形中 A 点下一时刻将要达到的位置,所以此时 A 点的运动方向向上.

(3) 关于已知 t 时刻的波形图线,画出 $t \pm \Delta t$ 时刻的波形图线的方法:

首先由 $\Delta x = v \cdot \Delta t$ 的关系求出 Δx 的值;然后用 Δx 除以波长 λ ,将 Δx 换成 λ 的倍数关系,去掉其整数倍,保留分数倍;将原波形沿波的传播方向平移分数倍的波长距离,即可得到再经 Δt 时的波形.

例如:一列简谐波在 x 轴上传播,波速为 50 m/s ,已知在 $t=0$ 时刻的波形图像如图 10-8 所示.图中 M 处的质点此时正经过平衡位置沿 y 轴正方向运动.试将经 0.5 s 时的波形图像画出(至少要画一个波长)

[分析] 由题意知 M 点正经过平衡位置沿 y 轴正方向运动,可以判断此波沿 x 轴的负向传播.在 $t=0.5 \text{ s}$ 内波向左传播的距离 $\Delta x = vt = 50 \times 0.5 \text{ m} = 25 \text{ m}$.

由图知波长 $\lambda = 20 \text{ m}$,故 $\Delta x = \frac{25}{20} = 1\frac{1}{4}\lambda$,所以只要把波形向左偏移 $\frac{1}{4}$ 波长的距离(10 m),即可得到新的波形如图 10-9 所示即为所求.

(4) 要注意由于波在传播过程中的周期性特点和双向性特点,从而带来波动问题具有多个解的可能,多解的可能大体上有以下三种情况:

① 由于题目中波传播方向的不明确引起的波动问题的多解.

例如:一列横波波长为 λ ,在图 10-10 中 t 时刻波形为实线,又经 Δt 时间后波形变为图中的虚线所示,求这列波的波速为多少?

[分析] 题目中没有给出波传播的方向(或振源所在的位置),因此有向右,即 x 正向(振源在左)和向左,即 x 负向(振源在右)传播的两种可能.

若波向右传播,波形由实线变为虚线波形,则 Δt 时间内可能向右传播了 $\frac{\lambda}{4}$, $\lambda + \frac{\lambda}{4}$, $2\lambda + \frac{\lambda}{4}$... 的距离.

也就是 $\Delta x = \left(n + \frac{1}{4}\right)\lambda$, 其中 $n=0,1,2,\dots$ 所以可能的波速为: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \left(n + \frac{1}{4}\right) \cdot \frac{\lambda}{\Delta t}$, $n=0,1,2,\dots$

同理,若波向左传播, $\Delta x = \left(n + \frac{3}{4}\right)\lambda$, 所以可能的波速为: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \left(n + \frac{3}{4}\right) \cdot \frac{\lambda}{\Delta t}$, $n=0,1,2,\dots$

此题造成多解的原因是:题目中没有明确给出波传播的方向,因此我们在解题中应考虑在图像问题中波传播方向的两个可能:沿 x 轴正向和 x 轴负向.

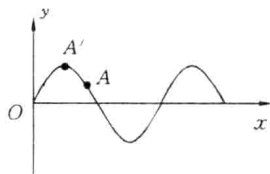


图 10-6

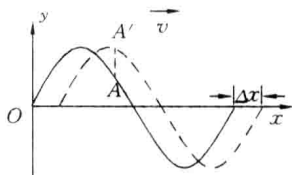


图 10-7

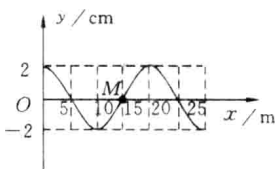


图 10-8

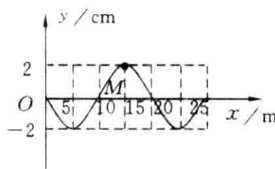


图 10-9

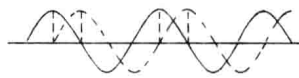


图 10-10

② 题设条件的模糊与不明确引起的波动问题的多解.

例如:沿 x 轴传播的一列波,波速为 3 m/s ,如果在 0.1 s 内有 4 个波峰通过某一点 P ,那么这列波的波长范围是多大?

[分析] 题目中给出的是在 0.1 s 内有 4 个波峰通过了某一点 P ,并不明确,因此存在可能在 0.1 s 前瞬间有一个波峰刚好过 P 点,又可能在 0.1 s 结束后的瞬间恰有一波峰正要到达 P 点,则在 0.1 s 传播的距离中有六个波峰(5 个波长),则此种情况下波长为最短波长(如图 10-11 所示);如果在 0.1 s 这段时间内开始与结束的瞬间都刚好有波峰通过 P 点,则在 0.1 s 内传播的距离中有 4 个波峰通过 P 点(三个波长),此时波长为最长波长(如图 10-12 所示). 由此可得:波在 0.1 s 内传播的距离 $L=vt=3 \times 0.1 \text{ m}=0.3 \text{ m}$,从图 10-11 可知,这列波的最短波长为 $\lambda_1 = \frac{L}{5} = 6 \times 10^{-2} \text{ m}$;从图 10-12 可知,这列波的最长波长为 $\lambda_2 = \frac{L}{3} = 0.1 \text{ m}$.

所以,满足题设条件的波长范围为: $6 \times 10^{-2} \text{ m} < \lambda \leq 0.1 \text{ m}$.

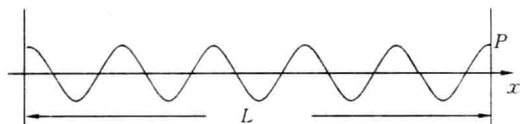


图 10-11

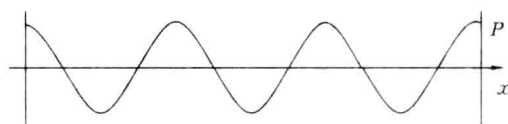


图 10-12

③ 由于题目中的时间间隔与周期(或频率)的关系没有明确给出而引起的波动问题的多解.

例如:在波传播的直线上有相距 60 cm 的两个质点 A, B ,当 A 在平衡位置向上振动时, B 正处在波谷位置,若波速为 24 m/s ,则波的频率不可能是下列哪一组().

A. 30 Hz

B. 410 Hz

C. 400 Hz

D. 490 Hz

[分析] 题目中没有给出波的传播方向,也没有给出波长和周期,因此无论波长和周期都存在着多个可能性.

若波由 A 传向 B ,则 AB 间距离 $\overline{AB}=s=(n+\frac{1}{4})\lambda$,即 $\lambda=\frac{4s}{(4n+1)}$,对应波的频率为

$$f=\frac{v}{\lambda}=\frac{4n+1}{4s} \times 24=(40n+10)\text{Hz}, \text{ 其中 } n=0,1,2 \quad ①$$

若波由 B 传向 A ,则 AB 间距离 $\overline{AB}=s=(n+\frac{3}{4})\lambda$,即 $\lambda=\frac{4s}{(4n+3)}$,对应波的频率为

$$f=\frac{v}{\lambda}=\frac{4n+3}{4s} \times 24=(40n+30)\text{Hz}, \text{ 其中 } n=0,1,2, \quad ②$$

从题给的 4 个选项中的频率值 A 项满足②式, B, D 满足①式. 而 C 为不可能的频率取值.

再例如:沿 x 轴正向传播的一列横波在 $t=0$ 时刻波形如图 10-13 中实线所示,在 $t=0.1 \text{ s}$ 时刻波形如图中虚线所示. 已知此波的周期大于 0.1 s , O 点不是振源,求:

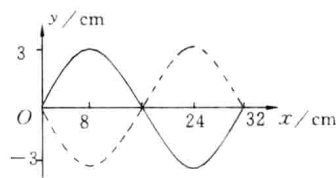


图 10-13

(1) 此波的波速;

(2) 在 x 轴上坐标 $x=16 \text{ cm}$ 的质点在波谷的时刻;

(3) 距坐标 $x=12 \text{ cm}$ 的点最近的与它位移始终相同的点的 x 坐标.

[分析] 题中虽然没有给出周期,并没有直接给出传播方向,但从图形的变化和“ O 点不是振源”可知波向左传,因而可以得出: $\Delta t=(n+\frac{1}{2})T$,又由于题中已知周期 $T>\Delta t$,故 n 只能取 0

才能满足条件,即 $T=2\Delta t=0.2 \text{ s}$,则由 $v=\frac{\lambda}{T}$ 得出 $v=\frac{0.32}{0.2}=1.6 \text{ m/s}$.

当 $t=0$ 时, $x=16 \text{ cm}$ 质点振动方向向上,则在波谷时刻 $t=(n+\frac{3}{4})T=(n+\frac{3}{4}) \times 0.2=0.2n+0.15 \text{ s}$, $n=0, 1, 2, \dots$

位移总相同的质点间的距离为波长的整数倍,因此离 $x=12 \text{ cm}$ 的点最近的与它位移相同的点与它相距一个波长,其 x 坐标应有两个: $x_1=(12+32) \text{ cm}=44 \text{ cm}$, $x_2=(12-32) \text{ cm}=-20 \text{ cm}$.

4. 怎样理解波的特有现象

对于课本上第四节至第七节的内容,第五节波的衍射,第六节波的干涉,对高中阶段的学生来说属于了解的内

容(A级);第四节波的反射和折射和第七节驻波属于选学内容,学习基础较好的学生可以开拓思路,一般学生不必深究。

在学习这些知识的时候要把了解波的特有现象从中掌握波的共同特征,明确波的衍射、干涉作为重点,要从观察到的物理现象总结规律,不要从理论上进行太多的讨论和分析,不要深究诸如:“为什么会发生衍射”等问题。

在研究波的干涉现象中应注意对“振动加强”和“振动减弱”的理解。振动加强是指该处的质点的振幅增大,或者说相干的两列波在该处分别引起的位移(或速度)总是相同的,故总位移为两个分位移相加,从而振动加强。“振动减弱”是指该处分别引起的位移(或速度)总是相反的,故质点的总位移等于两个分位移之差,从而振动减弱。

5. 怎样理解多普勒效应

多普勒效应也是波动过程共有的特征,不仅机械波,以后要讲到的电磁波和光波也会发生多普勒效应。其中心内容是由于波源与观察者之间有相对运动,使观察者感到频率发生变化的现象。

高中只要求对多普勒效应做定性的分析说明,只要求初步的了解。学习中应注意:什么是波源的频率?(单位时间内波源发生的完全波的个数);什么是观察者接收到的频率?(观察者接收到的频率等于观察者在单位时间内接收到的完全波的个数)它们之间是有区别的,即一个是波源发生的,一个是观察者接收到的,若两者之间距离不发生变化(即都静止不动),观察者接收到的频率等于波源的频率。当波源或观察者相对于介质运动时,观察者就会发现波的频率发生变化,如果两者相互接近,观察者接收到的频率增大;如果两者远离,观察者接收到的频率减小。

在日常生活中,由于常见的物体(如汽车)运动速度较小,多普勒效应不明显,只有当物体的速度和声音的速度相比不可忽略时才能被观察到。

★例题引路

例1 图10-14是一列简谐波在某一时刻 t 的波形曲线。已知波速为 0.5 m/s ,波沿着 x 轴的正方向传播。

- (1) 试画出经过 1 s 后和经过 4 s 后的波形曲线;
- (2) 说明在 t 时刻,质点 A 和 B 的速度方向。

[分析] 由图知此波的波长为 $\lambda=2\text{ m}$,则其周期 $T=\frac{\lambda}{v}=\frac{2}{0.5}\text{ s}=4\text{ s}$ 。经过 $\Delta t_1=1\text{ s}$,即 $\Delta t_1=\frac{T}{4}$, $\Delta t_2=4\text{ s}=T$,可以分别画出 $\Delta t_1=1\text{ s}$ 时的波形如图10-15中虚线所示, $\Delta t_2=4\text{ s}$ 的波形如图10-15中的实线所示。

A 点与 B 点在时刻 t 的速度方向,可根据下一时刻,(如 Δt_1 时刻的新波形判断 A 向下运动, B 向上运动)

解 (1) $\Delta t_1=1\text{ s}$ 时波形与 $\Delta t_2=4\text{ s}$ 的波形分别如图10-15中的虚线和实线所示。(2)在 t 时刻质点 A 速度方向向下,质点 B 速度方向向上。

例2 每秒钟做100次全振动的波源产生的波,如果波速是 10 m/s ,波长是多大?

解 根据题意可知,频率 $f=100\text{ Hz}$,波速 $v=10\text{ m/s}$ 。

由 $v=\lambda f$,有波长 $\lambda=\frac{v}{f}=\frac{10\text{ m/s}}{100\text{ Hz}}=0.1\text{ m}$ 。

例3 一艘渔船停泊在岸边,如果海浪的两个相邻波峰的距离是 6 m ,海浪的速度是 15 m/s ,渔船随波摇晃的周期多大?

解 根据题意可知, $\lambda=6\text{ m}$, $v=15\text{ m/s}$ 。由 $v=\frac{\lambda}{T}$,有 $T=\frac{\lambda}{v}=\frac{6\text{ m}}{15\text{ m/s}}=0.4\text{ s}$ 。

例4 如图10-16所示为振源的振动图像,该振动在介质中传播的波长为 4 m ,则这列波的波长和频率分别是()。

- A. 20 Hz , 40 m/s
C. 20 Hz , 80 m/s

- B. 10 Hz , 40 m/s
D. 10 Hz , 20 m/s

[分析] 波源的振动周期即是波的周期。由波源的振动图像可知: $T=0.1\text{ s}$ 。

题中给出了波的波长为 $\lambda=4\text{ m}$,故波的频率 $f=\frac{1}{T}=10\text{ Hz}$,由波速 $v=\lambda f$,得出波速 $v=4\times 10\text{ m/s}=40\text{ m/s}$ 。

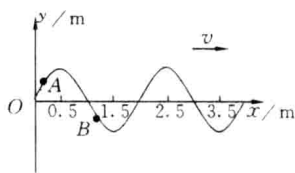


图 10-14

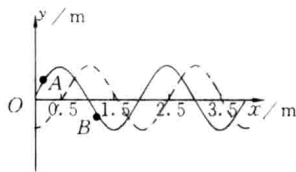


图 10-15

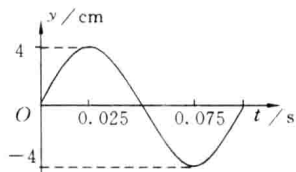


图 10-16

答案 B

$$T=1 \quad f=1$$

例 5 如图 10-17 所示为一列沿 x 轴负向传播的横波在某时刻的图像,若波速为 20 cm/s ,那么经过 $\frac{3}{4} \text{ s}$,横坐标 $x=10 \text{ cm}$ 的质点的位移 y 为()。

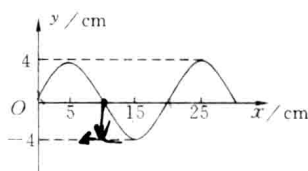
A. $0 > y > -4 \text{ cm}$ B. 4 cm C. $0 < y < 4 \text{ cm}$ D. -4 cm 

图 10-17

[分析] 由图可知,在某时刻 t 时, $y=10 \text{ cm}$ 的质点刚好在平衡位置。由于波向左传,所以带动该质点运动位置在其右侧下方,故该质点向下运动。由题知波速 $v=20 \text{ cm/s}$,且由图知 $\lambda=20 \text{ cm}$,根据 $v=\frac{\lambda}{T}$ 得 $T=\frac{\lambda}{v}=1 \text{ s}$,各质点的振动周期也是 1 s ,经过 $\frac{3}{4} \text{ s}$ 即经过了 $\frac{3T}{4}$,该质点应运动到最大位移处。

答案 B

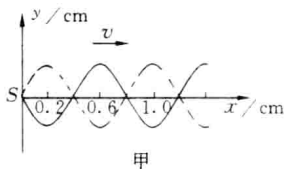
例 6 如图 10-18 所示, S 点是振源,振动频率 $f=100 \text{ Hz}$,产生的简谐波向右传播,波速 $v=80 \text{ m/s}$,波在传播过程中经过 P, Q 两点,已知距离 $SP=4.2 \text{ m}$,距离 $SQ=5.4 \text{ m}$ 。试分析:



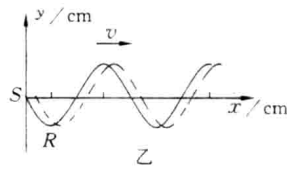
图 10-18

(1)在某一时刻 t ,当 S 点通过平衡位置向上运动时, P 点和 Q 点是处于波峰还是处于波谷,或者处于其他位置?

(2)取时刻 t 为时间的起点,分别做出 S, P, Q 三点的振动图像。



甲



乙

图 10-19

[分析] (1)在时刻 t , S 点通过平衡位置时的波可能有两种,如图 10-19 中实线和虚线所示,而其中哪条曲线能正确地表示出 S 点此时正通过平衡位置向上运动,还要结合波的传播方向才能做出判断。先分析实线表示的波,已知波向右传播,经过 Δt 的下一时刻波向右移动一段距离 $\Delta s=v\Delta t$,如图 10-19 甲虚线所示, S 经过 Δt 后移至平衡位置上方,即在 t 时刻 S 点正通过平衡位置向上运动,由此可见图中实线表示的波符合题目要求。

根据 $v=\lambda f$ 及题中所给数据,得此波的波长 $\lambda=\frac{v}{f}=0.8 \text{ m}$, $SP=4.2 \text{ m}=5\lambda+0.2 \text{ m}$ 。现在研究在 S 点的右方、距 S 点为 0.2 m 的一点 R ,在时刻 t ,这一点在波谷,见图 10-19 乙;由于波的空间周期性,在时刻 t 时 R 点的振动情况与 P 点的振动情况相同,所以 P 点在波谷,同理可以判断出 Q 点在波峰。

说明:上面的判断还可以用:准确地把波形画到至 P 点和 Q 点。但是显得麻烦,因为波长实际上代表了空间的周期性,运用这个知识和方法就可以做出判断了。

(2)取时刻 t 为起点 ($t=0$), S, P, Q 三点的振动图像分别如图 10-20 中的甲、乙、丙所示。

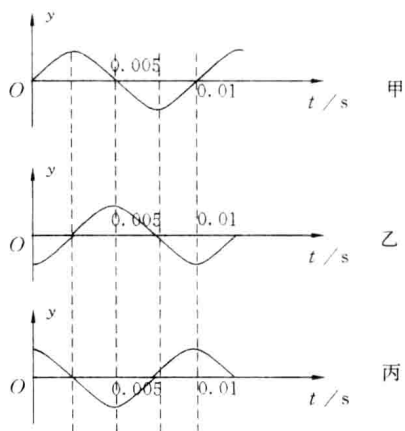


图 10-20

例 7 一列横波沿直线传播, S, P 是该直线上相距 1.2 m 的两个质点,从波刚好到达其中某一点时开始计时,已知 4 s 内 S 点完成 8 次全振动, P 点完成 10 次全振动,则该波的传播方向及波速 v 分别为()。

A. 方向 $S \rightarrow P$, 0.3 m/s B. 方向 $P \rightarrow S$, 0.3 m/s C. 方向 $P \rightarrow S$, 1.5 m/s D. 方向 $S \rightarrow P$, 1.5 m/s

[分析] 根据题意分析得知该波先到达 P 点,当 P 完成 2 次全振动后才能传到 S 点,随后二质点一起再完成 8 次全振动,于是我们知道此波从 P 向 S 方向传播。其波长 $\lambda=\frac{1.2}{2} \text{ m}=0.6 \text{ m}$, $T=\frac{4}{10} \text{ s}=0.4 \text{ s}$,则 $v=\frac{\lambda}{T}=1.5 \text{ m/s}$ 。

答案 C

例 8 一横波某时刻 t 的波形如图 10-21 所示,已知此时刻质点 Q 向下运动,经过时间 Δt ($\Delta t < T$) 后波形曲线如图中虚线所示,则质点 P 在 Δt 时间内通过的路程为()。

A. 0.09 m

B. 1 m

C. 0.03 m

D. 3 m

[分析] 由图中 t 时刻 Q 点向下运动可判断出此波向右传播(x 轴正方向), 则波由实线变为虚线经过时间 $\Delta t = \frac{3T}{4}$ (由题意有 $\Delta t < T$, 如果没有这个条件约束, 则 $\Delta t = (n + \frac{3}{4})T$), P 在 Δt 时间内通过的路程为振幅的 3 倍, 即为 $3 \times 0.03 \text{ m} = 0.09 \text{ m}$.

答案 A

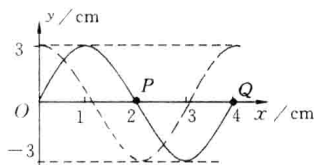


图 10-21

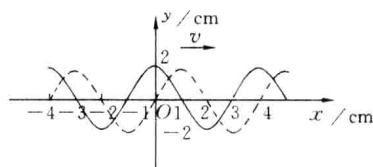


图 10-22

例 9 一列横波在 $t=0$ 时刻的波形如图 10-22 中实线所示, 在 $t=1 \text{ s}$ 时刻的波形如图中虚线所示. 由此可以判定此波的().

A. 波长一定是 4 cm

B. 周期一定是 4 s

C. 振幅一定是 2 cm

D. 传播速度一定是 1 cm/s

[分析] 从图中可以直接确定波长为 4 cm, 振幅为 2 cm, 故 A, C 正确.

由于题中没有给出波传播的方向, 所以周期与波速无法确定, 故 B, D 不能选.

答案 AC

例 10 如图 10-23 所示, 沿波的传播方向上有间距均为 1 m 的六个质点 a, b, c, d, e, f , 均静止在各自的平衡位置. 一列横波以 1 m/s 的速度水平向右传播, $t=0$ 时到达质点 a , 质点 a 开始由平衡位置向上运动. $t=1 \text{ s}$ 时, 质点 a 第一次到达最高点, 则在 $4 \text{ s} < t < 5 \text{ s}$ 这段时间内().

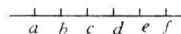


图 10-23

A. 质点 c 的加速度逐渐增大B. 质点 a 的速度逐渐增大C. 质点 d 向下运动D. 质点 f 保持静止

[分析] $t=0$ 时波刚传到 a 点, 经 $t=1 \text{ s}$, a 达到最高点, 即经 1 s 波刚传到 b 点, 也就是波从 a 点传到 c 点需 2 s, 当 $t=4 \text{ s}$ 时 c 点已振动 2 s, 经平衡位置向下振动, 加速度逐渐增大, 所以 A 正确.

从 4 s 到 5 s 期间, a 点已振动了一个周期, 从平衡位置向上振动速度逐渐减小, 所以 B 错.

4 s 时质点 d 已振动 1 s, 从最高点向下运动, 所以 C 正确.

4 s 到 5 s 期间波还没传到 f 点, 所以 D 正确.

答案 ACD

例 11 图 10-24 中实线表示横波甲和横波乙在 t 时刻的波形图线, 经过 1 s 后, 甲的波峰 A 移到 A' 点, 乙的波峰 B 移到 B' 点(如两图中虚线所示), 下列说法正确的是().

① 波甲的波长大于波乙的波长

② 波甲的速度小于波乙的速度

③ 波甲的周期等于波乙的周期

④ 波甲的频率小于波乙的频率

A. ①②

B. ②④

C. ①④

D. ①③

[分析] 从两图可知波甲的波长为 2 m, 波乙的波长为 1 m, 即 $\lambda_{\text{甲}} > \lambda_{\text{乙}}$; 根据题目中所给的条件得知经过 $\Delta t = 1 \text{ s}$ 时间甲、乙两波均传播了 $\frac{\lambda}{2}$, 故它们的周期相等都是 2 s, 因此②错、④也错, ①③正确.

答案 D

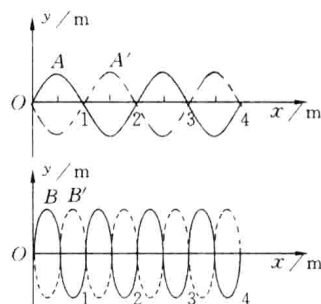


图 10-24

例 12 图 10-25 所示为一列简谐波在 $t=20 \text{ s}$ 时的波形图, 图 10-26 是这列波中 P 点的振动图线, 那么该波的传播速度和传播方向是().

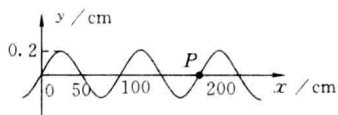


图 10-25

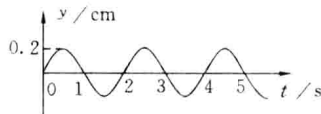


图 10-26

A. $v=25$ cm/s, 向左传播B. $v=50$ cm/s, 向左传播C. $v=25$ cm/s, 向右传播D. $v=50$ cm/s, 向右传播

[分析] 根据题中的波动图像可知该波波长 $\lambda=100$ cm, 根据 P 点振动图像可知该波的速度为 $v=\frac{\lambda}{T}=50$ cm/s; 由振动图像知在 $t=20$ s 时, 波上的 P 点正向上运动, 由此可以判断出该波向左传播。

答案 B

例 13 如图 10-27 所示, MN 为一列简谐横波上的质点的平衡位置, 质点 a, b 间的距离为 1 m, a, c 间的距离为 3 m (此波的波长 $\lambda>3$ m), 当 a 点在正最大位移 (规定向上为正) 时, b 和 c 都在平衡位置, 经过 0.05 s 时发现 a 在平衡位置而 b 达到负向最大位移, c 达到正向最大位移。试回答下列各问:

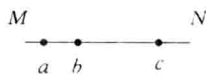


图 10-27

(1) 画出这两个时刻的波形图像;

(2) 波的频率的可能值有哪些?

(3) 波速的可能值有哪些?

[分析] (1) 由题给的条件可知 b, c 两质点振动反向, 两者之间的距离可为波长的 $(n+\frac{1}{2})$ 倍, 但由于 $\lambda>3$ m, 故 n 只能取 0, 即 b, c 间距离为 $\frac{\lambda}{2}$, 所以波长 $\lambda=4$ m, 由此可以画出 t 时刻波形如图 10-28 实线所示, $t+0.05$ s 时刻的波形如图中虚线所示。

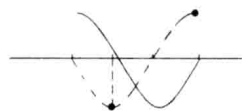


图 10-28

(2) 若波向左传时, $\Delta t = (n+\frac{1}{4})T = 0.05$ s, 所以频率 $f = \frac{1}{T} = (20n+5)$ Hz ($n=0, 1, 2, \dots$).

若波向右传时, $\Delta t = (n+\frac{3}{4})T = 0.05$ s, 所以频率 $f = \frac{1}{T} = (20n+15)$ Hz ($n=0, 1, 2, \dots$).

(3) 由 $v=\lambda f$, 其中 $\lambda=4$ m.当波向左传时 $v=\lambda f=4 \times (20n+5) = (80n+20)$ m/s, $n=0, 1, 2, \dots$ 当波向右传时 $v=\lambda f=4 \times (20n+15) = (80n+60)$ m/s, $n=0, 1, 2, \dots$

例 14 如图 10-29 为一简谐横波在 $t_1=0$ 时的波的图像, 波的传播速度 $v=2$ m/s, 质点 M 在平衡位置上。求从 $t_1=0$ 到 $t_2=2.45$ s 这段时间内, 质点 M 通过的位移和路程各多大?

[分析] 从图像中可以看出波长, 如果给出波速则可求出周期, 因此解此题的关键是要找出时间间隔 Δt 与周期 T 的倍数关系, 由这个关系和振幅可求出路程。

又由于位移是矢量, 因此必须知道波的传播方向, 但题目中没有给出, 要把两个方向都考虑到。

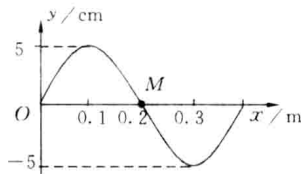


图 10-29

当波沿 x 正方向传播时: $T = \frac{\lambda}{v} = \frac{0.4}{2}$ s = 0.2 s, $t_2 = 2.45$ s = $\frac{2.45T}{0.2} = 12\frac{T}{4}$, 所以在 $t=0$ 时刻 M 点运动方向向上, 在 t_2 时刻 M 到达最高点, 即位移 $x_1=5$ cm, 路程 $s=12.25 \times 0.2$ m = 2.45 m.

当波沿 x 负方向传播时: M 通过的路程仍是 2.45 m, 但位移 $x_2=-5$ cm.

例 15 图 10-30 所示的是一列横波沿 x 轴传播时 $t_1=0, t_2=0.005$ s 时刻的波的图像, 分别由图中的实线和虚线表示。试求:

(1) 此波的振幅和波长;

(2) 设波的周期大于 (t_2-t_1) , 如果波向右传播, 波速多大? 如果波向左传播, 波速又多大?(3) 设周期小于 (t_2-t_1) , 并知波速 $v=6000$ m/s, 求波的传播方向。

[分析] 解答此题的关键是由波和题目中的限制条件, 找出时间间隔 Δt 与周期 T 的倍数关系。

解 (1) 从图中可以得出, 振幅 $A=0.2\text{ m}$ 、波长 $\lambda=8\text{ m}$.

(2) 如果波向右传, 且周期 $T>(t_2-t_1)=0.005\text{ s}$, 从图中可以看出 $t_2-t_1=\frac{T_1}{4}$, 所以 $T_1=0.02\text{ s}$, 根据 $v_1=\frac{\lambda}{T_1}$, 有 $v_1=\frac{8}{0.02}\text{ m/s}=400\text{ m/s}$.

如果波向左传, 从图中可以看出 $t_2-t_1=\frac{3}{4}T_2$, 所以 $T_2=\frac{4}{3}\times 0.005\text{ s}=\frac{0.02}{2}\text{ s}$, 根据 $v_2=\frac{\lambda}{T_2}$, 有 $v_2=8\times\frac{3}{0.02}\text{ m/s}=1200\text{ m/s}$.

(3) 已知 $v=6000\text{ m/s}$, $\lambda=8\text{ m}$, 根据 $v=\frac{\lambda}{T}$, 有 $T=\frac{\lambda}{v}=\frac{8}{6000}\text{ s}=\frac{1}{750}\text{ s}$.

t_2-t_1 相当的周期数为: $\frac{(t_2-t_1)}{T}=\frac{0.005}{\frac{1}{750}}=0.005\times 750=3.75$, 即相当于 3.75 个周期, 也就是说, 由实线到虚线经过了 $\frac{3}{4}$ 个周期, 从图中可以判断出波的传播方向是从右向左.

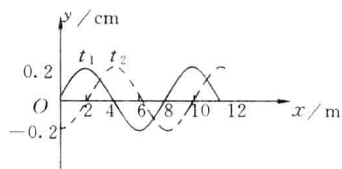


图 10-30

例 16 两列横波在 x 轴上互相沿相反方向传播, 如图 10-31 所示, 传播的速度都是 $v=6\text{ m/s}$, 两列波的频率都是 $f=30\text{ Hz}$. 在 $t=0$ 时, 这两列波分别从左和右刚刚传到 S_1 和 S_2 处, 使 S_1 和 S_2 都开始向上运动做简谐振动, S_1 的振幅为 2 cm , S_2 的振幅为 1 cm , 已知质点 A 与 S_1, S_2 的距离分别是 $\overline{S_1A}=2.95\text{ m}$, $\overline{S_2A}=4.25\text{ m}$. 求: 当这两列波都到达 A 时, A 点的振幅有多大?

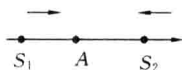


图 10-31

[分析] 这是一道波的叠加原理的习题. 题中已给出在 $t=0$ 时刻, S_1 与 S_2 都开始向上运动, 由此可以画出此时波的图像如图 10-32 所示.

S_1 的振动传到 A 的时间: $t_1=\frac{\overline{S_1A}}{v}=\frac{2.95}{6}\text{ s}$, 相应的周期数为 $t_1=\frac{2.95\times 30}{6}T=14.75T$.

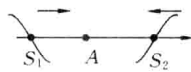


图 10-32

S_2 的振动传到 A 的时间: $t_2=\frac{\overline{S_2A}}{v}=\frac{4.25}{6}\text{ s}$, 相应的周期数为 $t_2=\frac{4.25\times 30}{6}T=21.25T$.

二者时间之差 $\Delta t=6.5T$.

如果只是 S_1 的波传到 A 时, 经过 14.75 个周期, A 应在下方最大位移处; 当 S_2 的波传到 A 处时, 由于 S_1 的振动使 A 点又振动了 $6.5T$, 应在上方最大位移处, 如果只是 S_2 的波传到 A 时, 经过 $21.25T$, A 也应在上方最大位移处. 因此根据波的叠加原理, A 在上方最大位移处, 振幅是 3 cm .

例 17 如图 10-33 所示是两列波叠加的示意图, 已知这二列波的振动方向、振幅、频率等完全相同, M, N, Q 为叠加区域的三个点, Q 为两个波谷相遇, M 为两个波峰相遇, 则下列说法正确的是().

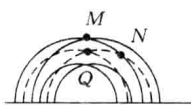


图 10-33

A. Q 点为振动加强点

B. N 点始终静止不动

C. 经 $\frac{1}{2}$ 周期, 质点 Q 传到 N 点

D. M 点为振动加强点, 过 $\frac{T}{2}$, 此点振动减弱

[分析] 在波峰跟波峰、波谷跟波谷相遇的地方, 振动加强; 波峰跟波谷相遇的地方振动减弱.

M, Q 两点是振动加强点, N 为振动减弱点. 振动加强点的振幅等于两列波的振幅之和, 振动减弱点的振幅等于两列波的振幅之差. 由于两列波的振幅相同, 故 N 点振幅为零, 则 N 点静止不动, 故题中选项 AB 正确. 在波的传播过程中, 质点不随波迁移, 故 C 错. M 点的振动始终加强, 故 D 也错.

答案 A B

例 18 关于声波下列说法正确的是().

A. 声波是横波

B. 声波能在气体、固体和液体中传播, 不能在真空中传播

C. 声波与其他波一样可以发生干涉和衍射

D. 隔着墙壁能听到另一侧的声音, 是因为发生了声音的共鸣

[分析] 声波是纵波, A 错.

声波属于在介质中传播的机械波, 它是由声源振动引起的, 而机械波的传播必须有介质, 不能在真空中传播, B 对.