

第三章 机械波

- 1 波的形成
- 2 波的描述
- 3 波的反射、折射和衍射.....
- 4 波的干涉
- 5 多普勒效应

1 波的形成

一、波的形成和传播

1. 组成介质的质点之间有相互作用，一个质点的振动会引起相邻质点的振动。机械振动在介质中传播，形成机械波。

2. 介质中有机械波传播时，介质本身并不随波一起传播，因此它传播的只是振动这种运动形式。

3. 介质中本来静止的质点，随着波的传来而发生振动，可见波是传递能量的一种方式。

4. 我们能用语言进行交流，说明波可以传递信息。

二、横波与纵波

1. 横波：质点的振动方向与波的传播方向相互垂直的波，叫作横波。在横波中，凸起的最高处叫作波峰，凹下的最低处叫作波谷。

2. 纵波：质点的振动方向与波的传播方向在同一直线上的波，叫作纵波。在纵波中，质点分布最密的位置叫作密部，质点分布最疏的位置叫作疏部。

3. 声波：发声体振动时在空气中产生的声波是纵波。声波不仅能在空气中传播，也能在液体、固体中传播。但不管在哪种介质中，声波都是纵波。

考点一 波的形成和传播

1. 波的概念

振动的传播称为波动，简称波。

2. 波源

引起波动的振动体叫波源。

3. 介质

能够传播机械振动的物质叫介质，它可以是固、液、气三态中任意一种，可以把介质看成由许多质点构成，各质点跟相邻质点互相联系。

4. 波的形成

在介质中，波源首先振动，带动邻近的质点依次振动，形成向远处传播的波动。

【实例精讲】 当手握绳端上下振动时，绳端带动相邻质点，使它也上下振动。这个质点又带动更远一些的质点……绳上的质点都很快振动起来，只是后面的质点总比前面的质点迟一些开始振动。如图所示。



5. 波的传播
 绳端这种上下振动的状态沿绳子传出去，因此说波传播的是振动这种运动形式。

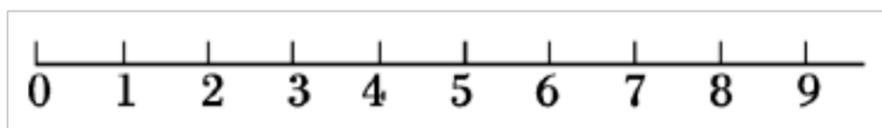
传播运动形式和能量，质点并不随波迁移。

它有以下特点：(1)振动由振源逐步向远处传播；(2)各质点相继发生振动，后一质点将重复前一质点的振动；(3)各质点的起振方向均相同；(4)各质点只在平衡位置附近做机械振动，而不随波迁移。

6. 波的形成条件

波源通过质点间的弹力作用带动周围质点振动，故波的传播必须有弹性介质存在，即有波源和介质。

【例 1】 (多选)如图所示，沿水平方向的介质中的部分质点，每相邻质点间的距离相等，其中 0 为波源，设波源的振动周期为 T 。自波源通过平衡位置向下振动时开始计时，经过 $\frac{T}{4}$ ，质点 1 开始振动，则下列说法中正确的是()



- A. 介质中所有的质点的起振方向都竖直向下，但图中质点 9 起振最晚
- B. 图中所画的质点的起振时间都是相同的，起振的位置和起振的方向是不同的
- C. 图中质点 8 的振动完全重复质点 7 的振动，只是质点 8 起振后，通过平衡位置或最大位移处的时间总是比质点 7 通过相同位置时落后 $\frac{T}{4}$
- D. 只要图中所有的质点都已振动了，质点 1 与质点 9 的振动步调就完全一致，但如果质点 1 发生的是第 100 次振动，则质点 9 发生的是第 98 次振动

【审题指导】

1. 波源起振后，假设介质之间没有相互作用，能形成波吗？
2. 波源起振后，后面的质点振动是由前面的质点带动引起的，因此各质点起

振方向有什么特点？

3. 形成波后，沿波传播方向各质点振动的周期有什么关系？

4. 在同一介质中，波源振动的每个周期，波传播的距离有什么关系？

【解析】 从图中可知，质点 9 是图中距波源最远的点，尽管与振源起振方向相同，但起振时刻最晚，故 A 正确，B 错误；质点 7 与质点 8 相比较，质点 7 是质点 8 的前一个质点，7、8 两质点的振动步调相差 $\frac{T}{4}$ ，故 C 正确；波由质点 1 传播到质点 9 正好是 2 个周期的时间，质点 9 比质点 1 晚 $2T$ 开始起振，一旦质点 9 起振后，质点 1、9 振动步调完全一致，故 D 正确。

【答案】 ACD

考点二 横波和纵波

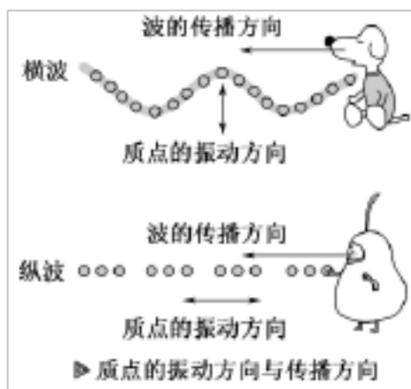
1. 横波

(1)概念：质点的振动方向跟波的传播方向相互垂直的波，叫作横波。

(2)波形特点：凹凸相间。

【说明】 形成横波各质点可在与波传播方向垂直的任意方向上振动。

(3)波峰和波谷：在横波中，凸起的最高处叫作波峰，凹下的最低处叫作波谷。



2. 纵波

(1)概念：质点的振动方向跟波的传播方向在同一直线上的波，叫作纵波。

(2)波形特点：疏(疏部)密(密部)相间。

(3)密部和疏部：在纵波中，质点分布最密的位置叫作密部，质点分布最疏的位置叫作疏部。

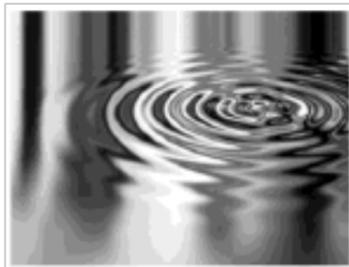
3. 横波和纵波的区别

	横波	纵波
概念	在波动中，质点振动方向和波的传播方向互相垂直，这种波叫横波	在波动中，质点的振动方向和波的传播方向在同一直线上，这种波叫纵波
介质	只能在固体介质中传播	在固体、液体和气体介质中均能传

		播
特征	在波动中交替、间隔出现波峰和波谷	在波动中交替、间隔出现密部和疏部

4. 实际生活中的纵波与横波

声波是纵波，地震波既有横波又有纵波。水波比较复杂，水的内部只能传播纵波，由于表面张力作用，水的表面可以传播横波和纵波，因此水波既不是横波，也不是纵波，称为水纹波(如图所示)。



地震波既有横波又有纵波，所以地震时房屋上下左右摆动。

【例 2】 关于横波和纵波，下列说法正确的是()

- A. 振源上、下振动形成的波是横波
- B. 振源水平振动形成的波是纵波
- C. 波沿水平方向传播，质点上下振动，这类波是横波
- D. 质点沿水平方向振动，波沿水平方向传播，这类波是纵波

【审题指导】

判断横波与纵波的方法是根据波的传播方向与质点振动方向的关系。

【解析】 根据纵波与横波的概念，质点振动方向与波传播方向垂直者为横波，同一直线者为纵波，并不是上、下振动与水平振动的问题。所以 A、B 两项错误，C 正确；对于 D，水平传播、水平振动还不足以说明是同一直线，则 D 项错误。

【答案】 C

考点三 机械波

1. 机械波

机械振动在介质中传播，形成机械波。

【说明】 生活中常见的波大部分是机械波，如声波、水波等，无线电波、光属于电磁波。

2. 介质与机械波的传播

介质中有机械波传播时，介质中的物质并不随波一起传播，传播的只是振动这种运动形式，同时传播波源的能量和包含的信息。

3. 机械波的特点

(1)各质点都做受迫振动，其振动的频率(或周期)都与波源的频率(或周期)相

同，各质点的起振方向都与波源相同，但不同步，离波源越远的质点振动越滞后。

(2)机械波传播的是波源的运动形式和波源提供的能量，介质中各质点并不随波迁移，而是在自己的平衡位置附近振动。在横波中，波动方向与振动方向垂直。均匀介质中，波动是匀速运动，振动是变速运动。

(3)介质中各质点靠弹力相互作用，前一质点带动后一质点振动，后一质点跟着前一质点振动，故可通过前一质点的位置而确定后一质点的运动方向。此外，若不计能量损失，在均匀介质中各质点振动的振幅应相同。

(4)机械波在传播时也传递了信息。

【例 3】 沿绳传播的一列机械波，当波源突然停止振动时()

- A. 绳上各质点同时停止振动，横波立即消失
- B. 绳上各质点同时停止振动，纵波立即消失
- C. 离波源较近的各质点先停止振动，较远的各质点稍后停止振动
- D. 离波源较远的各质点先停止振动，较近的各质点稍后停止振动

【审题指导】

1. 由于波源的振动依次引起后面质点的振动，从而形成机械波，试想有机机械波一定存在机械振动吗？

2. 机械波是由波源的振动引起的，那么有机机械振动一定形成机械波吗？

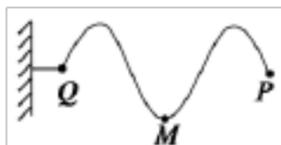
3. 如果波源停止振动，机械波能马上消失吗？为什么？

4. 机械波的形成是由前面的质点依次带动后面的质点形成的，那么波源停止振动后，是离波源近的质点先停止振动还是远的质点先停止振动？为什么？

【解析】 波形成后，如果波源停止振动，波不会立即消失，A、B 错；波源的能量不断向远处传播，故离波源较近的质点先停止振动，C 正确，D 错。

【答案】 C

【例 4】 如图所示是以质点 P 为振源的机械波沿着一条固定的轻绳传播到质点 Q 的波形图，则质点 P 刚开始振动时的方向为()



- A. 向上
- B. 向下
- C. 向左
- D. 向右

【审题指导】

1. 由题中条件可知波向哪个方向传播？

2. 传到 Q 点时，Q 点向哪个方向运动？

【解析】 由于是波源带动了后面的质点依次振动，且后面的质点总是重复前面质点的振动状态，所以介质中各质点开始振动时的方向都与波源开始振动时的方向相同。此时波刚传播至 Q 点，Q 点此时的振动状态即与波源 P 开始振动时的

的状态相同。由波的传播特点可知 Q 点此时是向上运动的，所以波源 P 点刚开始振动时的方向也向上。正确选项为 A。

理解波的形成过程可以解决质点振动方向、传播特点等问题。

【答案】 A

振动和波动的区别与联系

		振动	波动
区别	研究对象	单个质点在平衡位置附近的往复运动，研究的是单个质点的“个体行为”	振动在介质中的传播，研究的是大量质点将波源振动传播的“群体行为”
	力的来源	可以由作用在物体上的各种性质力提供	联系介质中各质点的弹力
	运动性质	质点做变加速运动	在均匀介质中是匀速直线运动

(续表)

		振动	波动
联系		(1)振动是波动的原因，波动是振动的结果；有波动必然有振动，但有振动不一定有波动 (2)波动的性质、频率和振幅都与振源相同	

【典例】 (多选)下列有关机械振动与机械波的说法中正确的是()

- A. 有机械振动就一定有机械波
- B. 机械波中各质点振幅一定相同
- C. 机械波中各质点均做受迫振动
- D. 机械波中各质点振动周期相同

【思路分析】 根据振动与波动的关系以及质点振动的特点分析问题。

【解析】 有机械振动不一定有机械波，故选项 A 错误；机械波传播中要消耗能量，所以振动幅度逐渐减小，各质点的振幅不一定相等，选项 B 错误；机械波传播中各质点都要受到它前面质点的作用，每个质点都在做受迫振动，各质点振动的周期相同，故选项 C、D 正确。

【答案】 CD

2 波的描述

一、波的图像

1. 波的图像的作法

(1)建立坐标系：用横坐标 x 表示在波的传播方向上各质点的平衡位置，纵坐标 y 表示某一时刻各质点偏离平衡位置的位移。

(2)选取正方向：选取质点振动的某一个方向为 y 轴正方向， x 轴一般向右为正。

(3)描点：把某一时刻所有质点的位移画在坐标系里。

(4)连线：用一条平滑的曲线把坐标系中的各点连接起来就是这一时刻的波形图。

2. 波的图像的特点

(1)波的图像也称波形图，简称波形，如果波形是正弦曲线，这样的波叫作正弦波，也叫简谐波。

(2)介质中有正弦波传播时，介质中的质点做简谐运动。

3. 波的图像与振动图像的比较

(1)波的图像表示介质中的“各个质点”在“某一时刻”的位移。

(2)振动图像表示介质中“某个质点”在“各个时刻”的位移。

二、波长(λ)

1. 定义：在波的传播方向上，振动相位总是相同的两个相邻质点间的距离。

2. 特征：在横波中，两个相邻波峰或两个相邻波谷之间的距离等于波长。在纵波中，两个相邻密部或两个相邻疏部之间的距离等于波长。

三、波的波速、周期和频率

1. 波速是指机械波在介质中的传播速度。

2. 波的周期等于波上各质点的振动周期。

3. 在波动中，各个质点的振动周期(或频率)是相同的，它们都等于波源的振动周期(或频率)。

4. 周期 T 和频率 f 互为倒数，即 $f=1/T$ 。

5. 在一个周期的时间内，振动在介质中传播的距离等于一个波长。

6. 公式： $v=\frac{\lambda}{T}$ ，它还等于波长和频率的乘积，公式为 $v=\lambda f$ ，这两个公式虽然是从机械波得到的，但也适用于我们以后将会学到的电磁波。

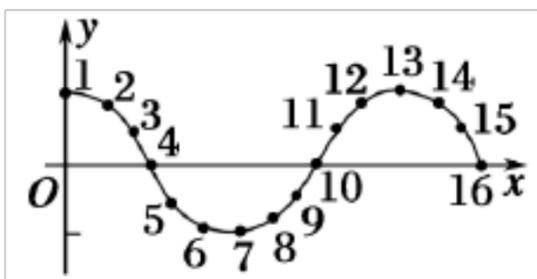
7. 波速的决定因素：机械波在介质中的传播速度由介质本身的性质决定，在不同的介质中，波速是不同的。另外，声速还与温度有关。

考点一 波的图像

1. 图像的建立

(1)波传播时各质点都在各自平衡位置附近振动，而且振动有先有后，某一时刻，各质点处于一定的位置，如果用各质点离开平衡位置的位移来表达它们所在的位置，就可以得到关于某时刻各质点位置情况的一条图线。

(2)用横坐标 x 表示波的传播方向上各介质的平衡位置，纵坐标 y 表示某一时刻各个质点偏离平衡位置的位移，在 xOy 平面上，画出多个质点的平衡位置 x 与多个质点偏离平衡位置的位移 y 的各点 (x, y) ，用平滑的曲线把各点连接起来就得到了波的图像，如图所示。



2. 简谐波

(1)定义：波源做简谐运动时，介质的各个质点随波源做简谐运动，所形成的波叫作简谐波。

(2)简谐波的图像：正弦或余弦曲线。

(3)简谐波是一种最基本、最简单的波，其他的波可以看做是由若干简谐波合成的。

3. 波的图像的特点

(1)波的图像并不是实际运动的波形图，但某时刻横波的图像形状与波在该时刻的实际波形很相似，波形中的波峰对应波的图像中的位移正向最大值，波谷对应图像中位移负向最大值。波形中的平衡位置也对应图像中的平衡位置。

(2)波的图像的周期性

在波的传播过程中，各质点都在各自的平衡位置附近振动，不同时刻，质点的位移不同，则不同时刻，波的图像不同。质点振动位移做周期性变化，则波的图像也做周期性变化，经过一个周期，波的图像复原一次。相隔时间为周期整数倍的两个时刻，波形相同。

(3)波的传播方向的双向性

如果只知道波沿 x 轴传播，那么波的传播方向有可能沿 x 轴正向，也有可能沿 x 轴负向。

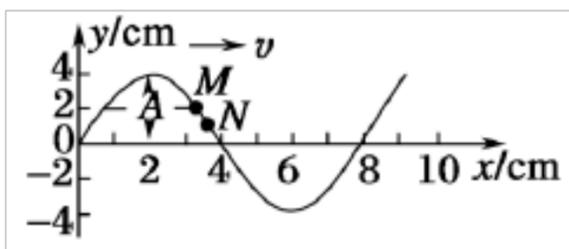
4. 物理意义

描述在波的传播方向上的介质中的各质点在某一时刻离开平衡位置的位移。

5. 对波的图像的理解

(1)直接获得的信息

①从图像上可直接读出振幅，如图所示，波的图线上，纵坐标的最大值的绝对值即为振幅 A ， $A=4\text{ cm}$ 。



②可确定任一质点在该时刻的位移，如图所示，图线上各点纵坐标表示各质点在该时刻的位移，例如图中 M 点的位移为 2 cm 。

(2)间接获得的信息

①因加速度方向和位移方向相反，可确定任一质点在该时刻的加速度方向。

②若已知波的传播方向，可确定各质点在该时刻的振动方向，并判断位移、加速度、速度、动能的变化。

如上图所示，如要确定图线上 N 点的振动方向，可以根据波的传播方向和波的形成过程，知道质点 N 开始振动的时刻比它左侧相邻质点 M 要滞后一些，所以质点 M 在此时刻的位移值是质点 N 在下一时刻的位移值，由此判断出质点 N 此刻的速度方向应沿 y 轴正方向，即向上振动。如果这列波的传播方向改为自右向左，则质点 M 开始振动的时刻比它右侧相邻质点 N 要滞后一些，所以质点 N 此刻的位移值将是质点 M 在晚些时刻的位移值，由此判断出质点 M 此刻的速度方向应沿 y 轴负方向，即向下振动。总之，利用波的传播方向确定质点的运动方向的方法是要抓住波动的成因，即先振动的质点(即相邻两点中离波源比较近的质点)总是要带动后面的质点(即相邻两点中离波源比较远的质点)运动。

6. 振动图像和波的图像的比较

振动图像和波的图像从形状上看都是正弦曲线，但图像的物理意义、坐标中描述的物理量、研究的内容等方面有着本质的不同，现用图表做如下比较。

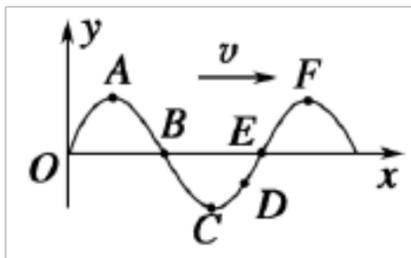
	振动图像	波的图像
研究对象	一个振动质点	沿波传播方向上若干质点
坐标	横轴表示时间，纵轴表示质点的位移	横轴表示波线上各质点平衡位置，纵轴表示各质点对各自平衡位置的位移

(续表)

	振动图像	波的图像
研究	一个质点的位移随时间的变化规律	某时刻所有质点的空间分布规律

	律	
图像		
图像意义	表示一个质点在各个时刻的位移	表示某时刻图线上各质点的位移
图像变化	随时间推移,原有图像形状不变,只是沿 t 轴延续(如图中虚线)	随时间推移,图像整体沿波的传播方向平移,不同时刻波形不同(如图中虚线)
运动情况	质点做简谐运动,属非匀变速运动	波在同一均匀介质中匀速传播,介质的质点做简谐运动
图像信息	(1)由纵坐标可知振幅,由横坐标可知周期; (2)由图像的切线斜率可知速度的大小及方向的变化情况; (3)由位移的变化情况可知加速度的大小及方向的变化情况	(1)由纵坐标可知振幅,由横坐标可知波长(下节学); (2)可根据波的传播方向确定各质点某时刻的运动方向;也可根据某质点的运动方向确定波的传播方向; (3)由位移情况可确定质点在某一时刻加速度的大小及方向情况

1】 如图所示为某一时刻简谐横波的图像,波的传播方向沿 x 轴正方向,下列说法正确的是()



- A. 此时刻 C 点振幅为负值
- B. 此时刻质点 B、E 的速度相同
- C. 此时刻质点 C、F 的加速度、速度都为零
- D. 此时刻 D 点正沿 y 轴负方向运动

【审题指导】

- 1
2. 从波的图像中可获取哪些信息?
3. 判断波传播方向与各质点的振动方向的关系有哪些方法?

【解析】

A 错;由同侧法可判

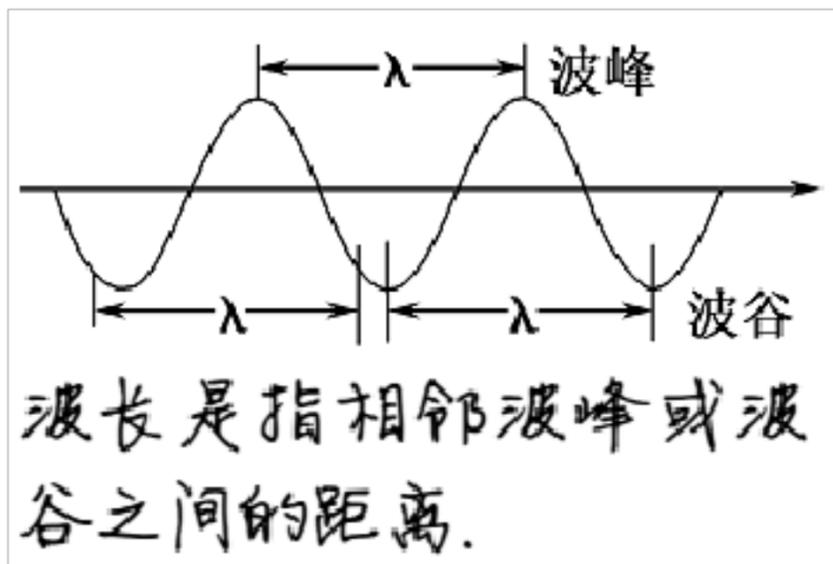
沿+y方向运动，E、D均沿-y方向运动，故 错，D正确；又C、F加速度均为最大值，故C错，只选D。

D

考点二 波长、频率和波速

1 波长

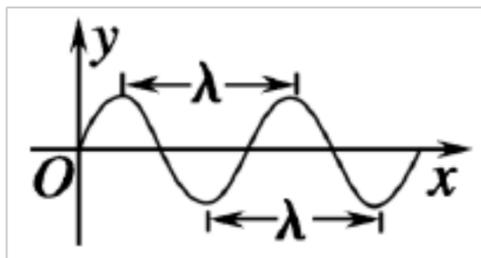
(1)定义：在波的传播方向上，振动相位总是相同的两个相邻质点间的距离叫作波长，用 λ 表示。



(2)对波长的认识

①在波的传播方向上相位相同(即状态相同)的质点有很多个，只有相邻的两质点间的距离才等于波长。

②对于横波，两个相邻波峰或相邻波谷之间的距离等于波长，相邻的波峰和波谷所对应的平衡位置相距半个波长(如图所示)；对于纵波，两个相邻密部或相邻疏部之间的距离等于波长，相邻的密部和疏部相距半个波长。



③因为相邻波长内对应点的状态相同，所以在波的传播方向上，质点的振动状态随位置变化而出现周期性变化，波长实质上反映了波的传播在空间上的周期性。

④相距 λ 整数倍的两质点振动步调总是相同的；相距 $\lambda/2$ 的奇数倍的两质点振动步调总是相反的。

2. 周期和频率

(1)定义：在波动中，各个质点的振动周期或频率是相同的，它们都等于波源的振动周期或频率，这个周期或频率也叫作波的周期或频率。周期用 T 表示，频率用 f 表示。

介质中往前传播一个波长。

(2)波的空间周期性和时间周期性：每隔一个波长的距离，波形就重复出现；每隔 n 个周期的时间，波形恢复原来的形状，这就是波的空间周期性和时间周期性。

3.

(1)定义：波传播的速度称为波速。

波速反映了振动在介质中传播的快慢程度，可以用公式 $v = \frac{x}{t}$ 来计算，其中 x 为波传播的距离， t 为传播这段距离所用的时间。

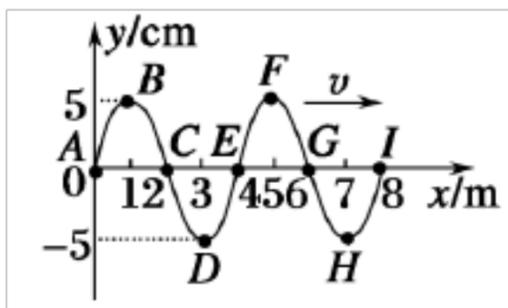
(2)波速与质点的振动速度不同

波速是振动形式传播的速度，始终沿着波的传播方向，在同一均匀介质中波速大小不变。质点的振动速度是质点在平衡位置附近振动的速度，大小和方向均随时间发生周期性变化。

(3)波速的大小的决定因素

波速由介质的性质决定，同一列波在不同介质中传播速度不同，但同一类机械波在同一均匀介质中传播速度相同。如声波，在空气中不管哪种频率的波传播速度相同。

【例 2】 (多选) 下图所示的是一列简谐波在某一时刻的波形图像，下列说法中正确的是()



- A. 质点 A、C、E、G、I 在振动过程中位移总是相同
- B. 质点 B、F 在振动过程中位移总是相等
- C. 质点 D、H 的平衡位置间的距离是一个波长
- D. 质点 A、I 在振动过程中位移总是相同，它们的平衡位置间的距离是一个波长

【解析】 A、C、E、G、I 在该时刻的位移都是零，由于波的传播方向是向右的，容易判断出质点 A、E、I 的速度方向是向下的，而质点 C、G 的速度方向是向上的，因而这五个点的位移不总是相同，A 项错误；质点 B、F 是同处在波峰的两个点，它们的振动步调完全相同，在振动过程中位移总

项正确；质点 G 、 H 是处在相邻的两个波谷的点，它们的平衡位置之间的距离等于一个波长， C 项正确；虽然质点 A 、 I 在振动过程中位移总是相同，振动步调也完全相同，但由于它们不是相邻的振动步调完全相同的两个点，它们的平衡位置之间的距离不是一个波长(应为两个波长)， D 项错误。

BC

考点三 波长、频率和波速之间的关系

1 波长、频率和波速之间的关系

在一个周期的时间内，振动在介质中传播的距离等于一个波长，因而可以得到波长 λ 、频率 f (或周期 T)和波速 v 三者的关系为： $v = \frac{\lambda}{T}$

根据 $T = \frac{1}{f}$ ，则有 $v = \lambda f$

【注意】 ①关系式 $v = \frac{\lambda}{T}$ 和 $v = \lambda f$ 不仅对机械波适用，对后面要学习的电磁波及光波也适用。

②波速的计算既可用 $v = \frac{x}{t}$ 求，也可以根据 $v = \frac{\lambda}{T}$ 或 $v = \lambda f$ 求，计算时注意波的周期性所造成的多解。

2. 波长、频率、波速之间的决定关系

(1)周期和频率，只取决于波源，而与 v 、 λ 无直接关系。

(2)速度 v 取决于介质的物理性质，它与 T 、 λ 无直接关系。只要介质不变， v 就不变；反之如果介质改变， v 也一定改变。

(3)波长 λ 取决于 v 和 $T(f)$ ，或者说取决于波源和介质。只要 v 和 $T(f)$ 其中一个发生变化，由于 $v = \frac{\lambda}{T}$ ($v = \lambda f$)，波长 λ 也一定发生变化。

【注意】 公式 $v = \frac{\lambda}{T}$ 和 $v = \lambda f$ 只是几个物理量之间的数量关系，而不是决定关系。

【例 3】 (多选)对机械波，关于公式 $v = \lambda f$ ，下列说法正确的是()

- A. $v = \lambda f$ 适用于一切波
- B. 由 $v = \lambda f$ 知， f 增大，则波速 v 也增大
- C. v 、 λ 、 f 三个量中，对同一列波来说，在不同介质中传播时保持不变的只有 f
- D. 由 $v = \lambda f$ 知，波长是 4 m 的声音为波长是 2 m 的声音传播速度的 2 倍

【审题指导】

$v = \lambda f$ 适用于一切波，公式中 v 、 f 都有其特定的决定因素，即介质决定

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/947000023141010012>