第3课时

机械波

目标要求 1.知道机械波的形成条件及特点。2.掌握波速、波长和频率的关系，会分析波的图像。3.知道波的干涉、衍射现象和多普勒效应，掌握发生干涉和明显衍射的条件。

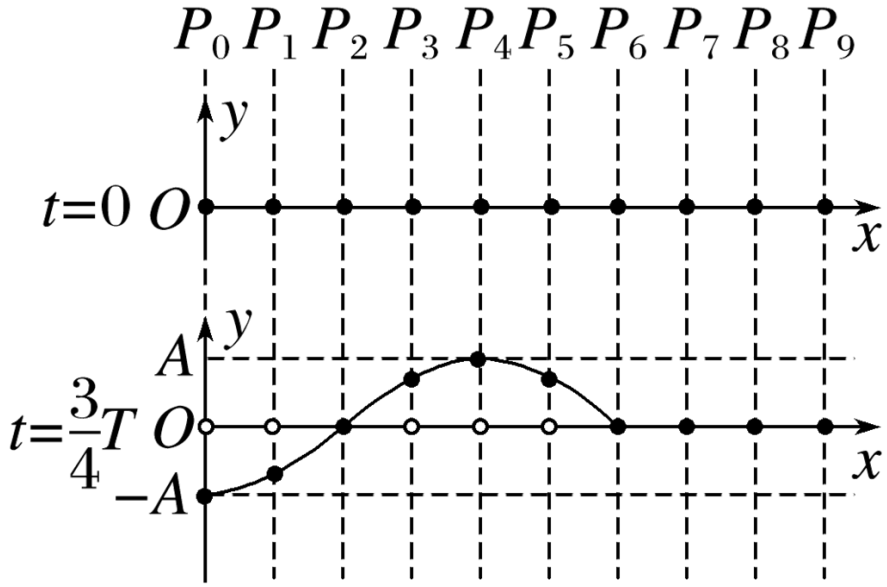
水波离开了它产生的地方，而那里的水并不离开，就像风在田野里掀起的麦浪。我们看到，麦浪滚滚地在田野里奔去，但是麦子却仍旧留在原来的地方。

——达·芬奇[①]

< 考点一 >

机械波的形成　波的图像

例1 (2022·北京卷 6)在如图所示的xOy坐标系中，一条弹性绳沿x轴放置，图中小黑点代表绳上的质点，相邻质点的间距为a。$t=0$时，$x=0$处的质点P_0开始沿y轴做周期为T、振幅为A的简谐运动。$t=\frac{3}{4}T$时的波形如图所示。下列说法正确的是



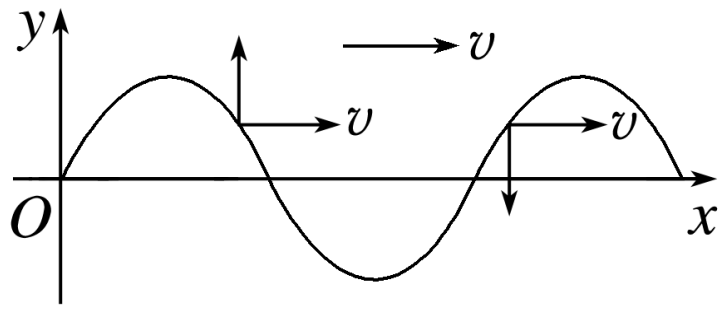
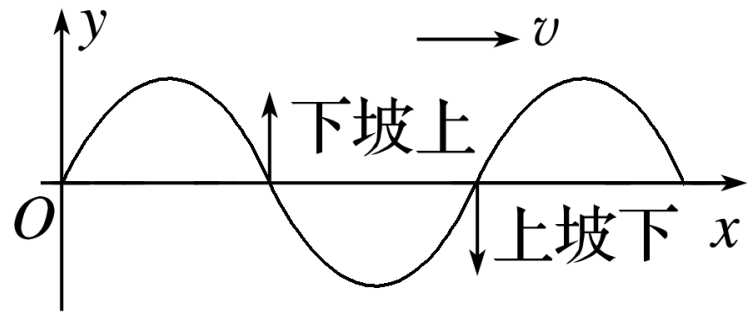
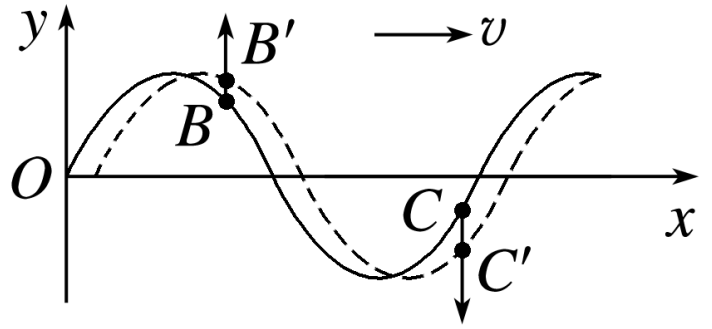
A.$t=0$时，质点P_0沿y轴负方向运动

B.$t=\frac{3}{4}T$时，质点P_4的速度最大

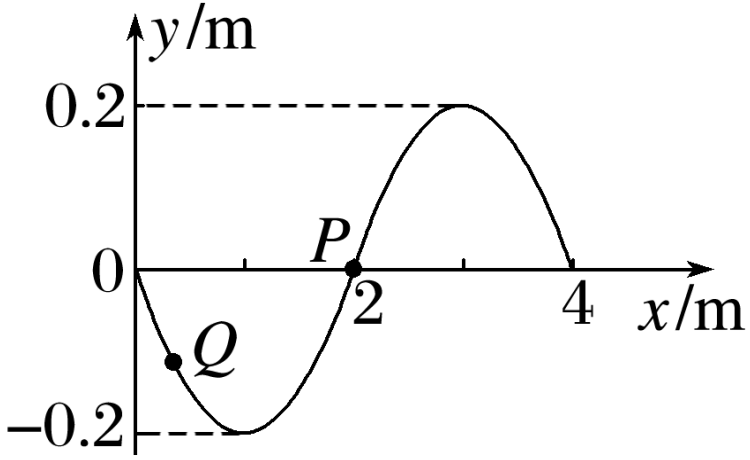
C.$t=\frac{3}{4}T$时，质点P_3和P_5相位相同

D.该列绳波的波速为$\frac{8a}{T}$ √

波的传播方向与质点振动方向的互判

“同侧”法	波形图上某点表示传播方向和振动方向的箭头在图线同侧	
“上下坡”法	沿波的传播方向，“上坡”时质点向下振动，“下坡”时质点向上振动	
“微平移”法	将波形沿传播方向进行微小的平移，再由对应同一x坐标的两波形曲线上的点来判断质点振动方向	

例2　(2023 江苏盐城市三模)战绳训练需要训练者上下交替摆动两根粗重的绳子，训练者把两根相同绳子的一端固定在一点，用双手分别握住绳子的另一端，上下抖动绳子使绳子振动起来，若以手的平衡位置为坐标原点，训练者右手在抖动绳子过程中某时刻的波形如图所示，若右手抖动的频率是2 Hz，下列说法正确的是



A.该时刻Q点的振动方向沿y轴负方向

B.该绳波传播速度为2 m/s

C.再经过0.25 s，Q点到达x轴上方对称位置 √

D.从该时刻开始计时，质点P的振动方程为$y = 20\sin(\pi t + \pi)$ cm

1.机械波

(1)机械波的形成条件

①有发生机械振动的波源。

②有传播介质，如空气、水等。

(2)传播特点

①机械波传播的只是振动的形式和能量，质点只在各自的平衡位置附近做简谐运动，并不随波迁移。

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介质中每个质点都做受迫振动，因此，任一质点的振动频率和周期都和波源的振动频率和周期相同。

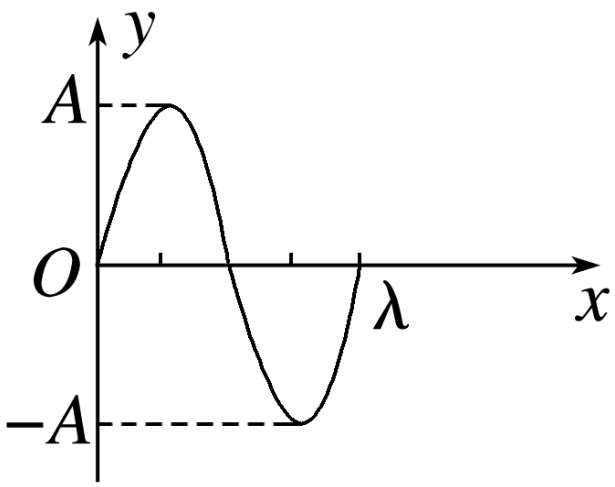
④波源经过一个周期T完成一次全振动，波恰好向前传播一个波长的距离。

2.波的图像

(1)坐标轴：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。

(2)意义：表示在波的传播方向上，某时刻各质点离开 平衡位置 的位移。

(3)图像(如图)



3.波长、波速、频率及其关系

(1)波长λ：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)频率f：等于波源的__振动频率__，由波源决定。

(3)波速v：波在介质中的传播速度，由__介质__本身的性质决定，与波长和频率__无关__。

(4)波长、波速和频率(周期)的关系：$v=\frac{\lambda}{T}=$__λf__。

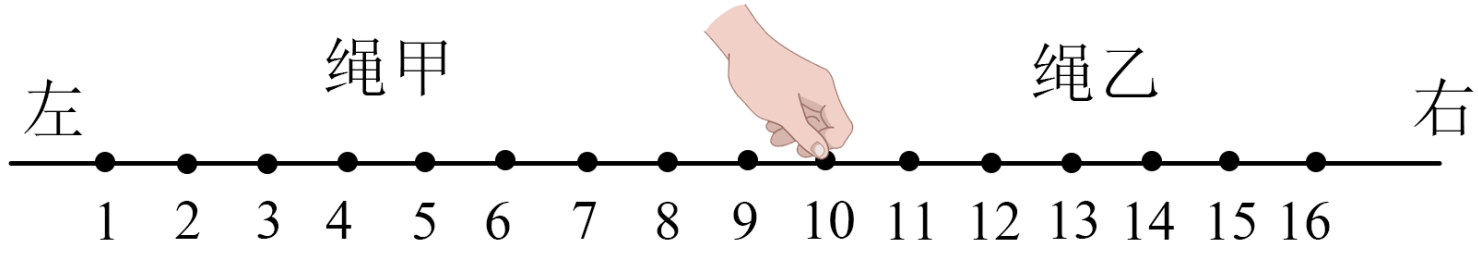
1、如图所示，将两根粗细相同、材料不同的长软绳甲、乙的一端连接在一起，1、2、3、4…为绳上的一系列间距均为0.1m的质点，其中质点10为两绳的结点，绳处于水平方向。手持质点10在竖直方向做简谐运动，形成向左和向右传播的两列简谐波I、II，其中波I的波速为0.2m/s。某时刻质点10处在波谷位置，5s后此波谷传到质点15，此时质点10正好通过平衡位置向上运动，质点10与质点15之间还有一个波谷，下列说法正确的是（　　）D

A．质点10的振动周期为2s

B．波Ⅰ的波长为$\frac{2}{5}$m

C．波Ⅱ的波长为$\frac{2}{7}$m

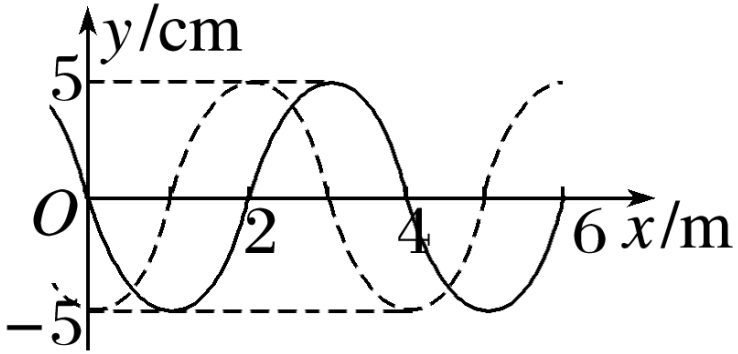
D．当质点15处于波峰时，质点6处于平衡位置



< 考点二 >

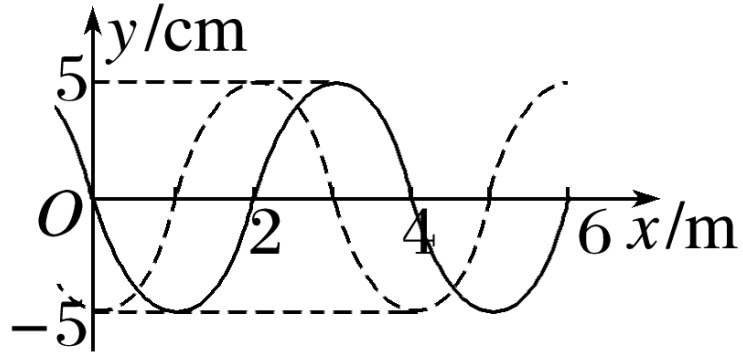
波传播的周期性与多解性问题

例3　(2023 江苏常州市第一中学检测)一列简谐横波沿x轴传播，如图所示，实线为$t_1 = 2$ s时的波形图，虚线为$t_2 = 5$ s时的波形图，已知波源的振动周期大于3 s。求：



(1)波的传播速度；

(2)若这列波沿x轴正方向传播，求平衡位置在O处质点的振动方程。

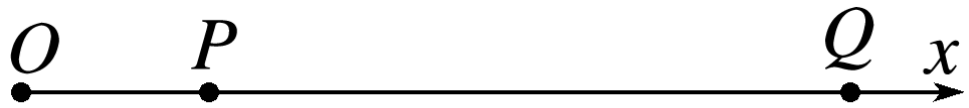


解决波的多解问题的思路

1.机械波在一个周期内不同时刻图像的形状是不同的，但在相隔时间为周期整数倍的不同时刻图像的形状则是相同的。机械波的这种周期性必然导致波的传播距离、时间和速度等物理量有多个值与之对应，即这三个物理量可分别表示为$x = n\lambda + \Delta x$，$t = kT + \Delta t$，$v = \frac{x}{t} = \frac{n\lambda + \Delta x}{kT + \Delta t}$（其中$n = 0, 1, 2$，…且$k = 0, 1, 2$，…）。

2.在解决波的多解问题时，一般先判断波的传播方向是否确定，若不确定，可采用假设法依次分析不同传播方向中的周期性问题。

例4　如图所示是一列沿x轴正方向传播的简谐横波，波速为v，P、Q是沿波传播方向上相距为a的两质点，某时刻P、Q两质点都处于平衡位置，且P、Q间仅有一个波峰，经过时间t，Q质点第一次运动到波峰，则t不可能等于



A.$\frac{a}{2v}$　　B.$\frac{2v}{3a}$　　C.$\frac{a}{4v}$　　D.$\frac{3a}{4v}$

1. 波的周期性

(1)质点振动$nT(n=1,2,3\cdots)$时，波形不变。

(2)在波的传播方向上，当两质点平衡位置间的距离为$n\lambda(n=1,2,3\cdots)$时，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。

2.造成波传播问题多解的主要因素

(1)周期性

①时间周期性：时间间隔Δt与周期T的关系不明确。

②空间周期性：波传播距离Δx与波长λ的关系不明确。

(2)双向性

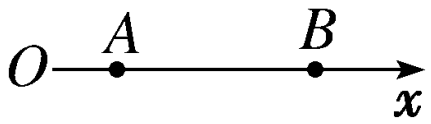
①传播方向双向性：波的传播方向不确定。

②振动方向双向性：质点振动方向不确定。

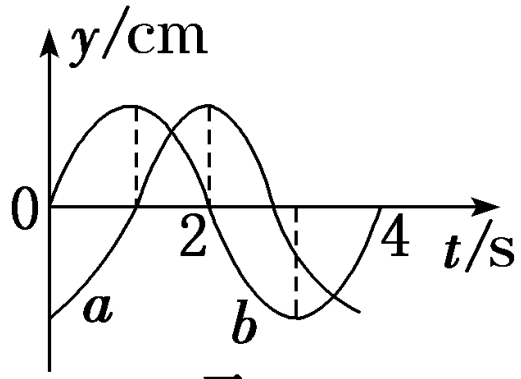
2.如图甲所示，一列简谐横波沿x轴正方向传播，A、B两点的平衡位置间的距离 $x = 6m$，A、B两点的振动情况分别如图乙中的图线a、b所示。该波的最大波长为(A)

A.8m　　B.6m

C.4m　　D.2m



甲

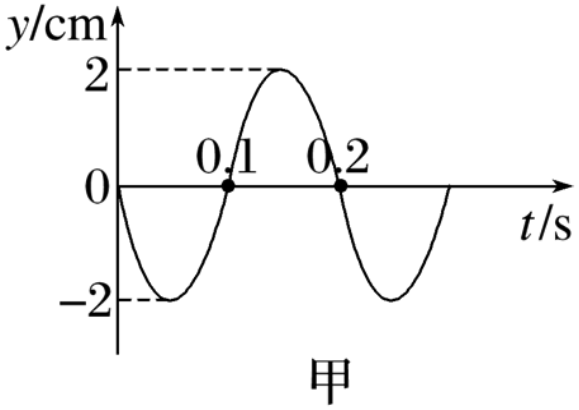


乙

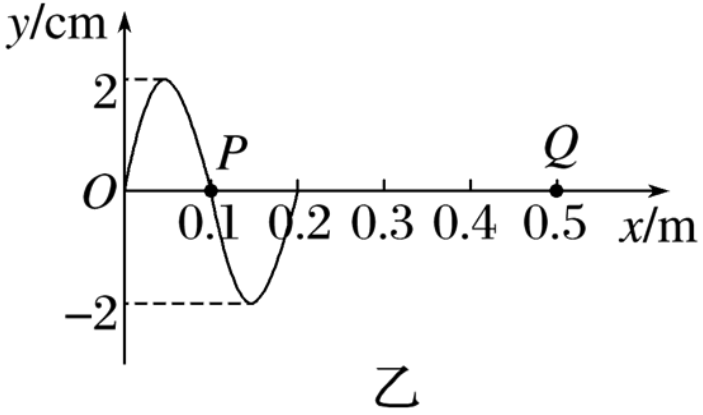
< 考点三 >

振动图像和波的图像的综合应用

例5 (2023·江苏淮安市三模)如图所示，甲图为波源的振动图像，乙图为该波源在某介质中产生的横波t_0时刻的波形图像，O点是波源，则下列说法正确的是



甲



乙

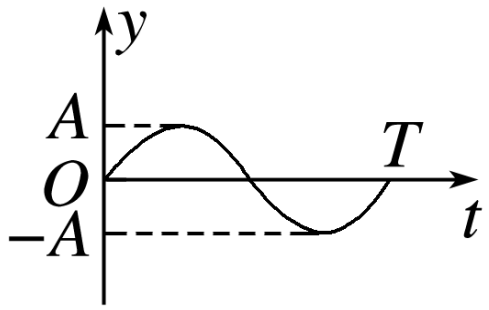
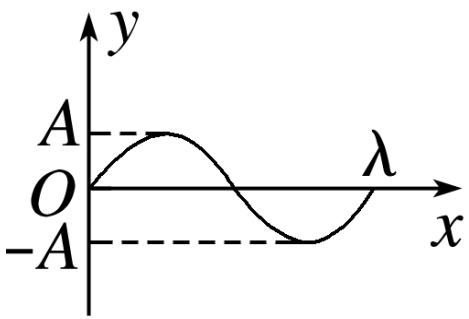
A.该波的传播速度为1 m/s √

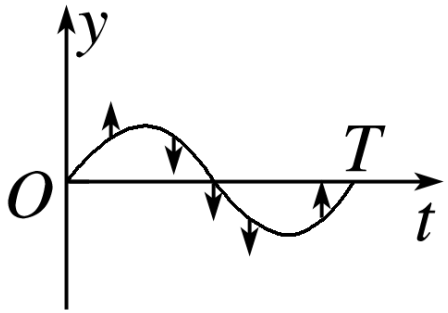
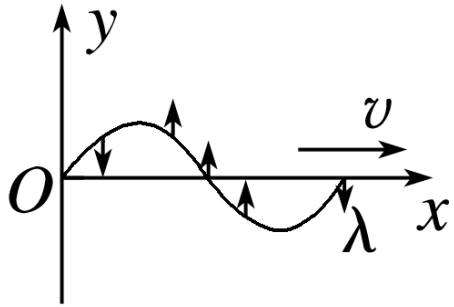
B.再经过0.3 s，乙图中质点Q刚好开始振动，Q的起振方向沿y轴正方向

C.当乙图中质点Q第一次到达波峰时，质点P正处于平衡位置向下振动

D.从该时刻到质点Q开始振动，质点P运动的路程为0.3 m

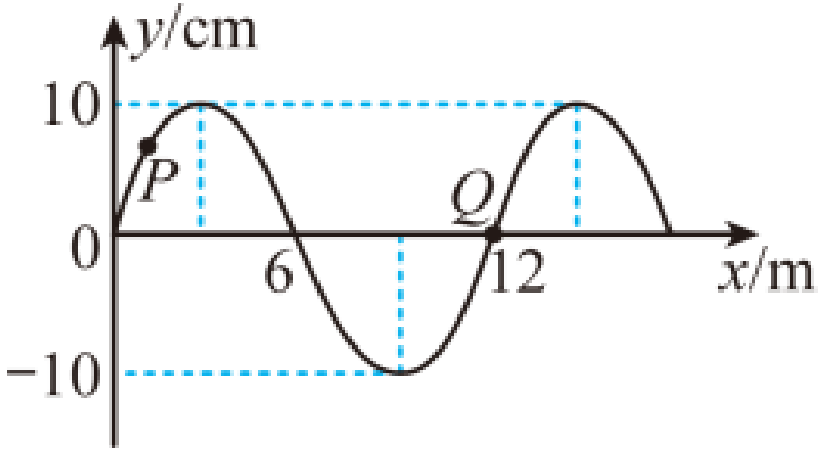
振动图像和波的图像的比较

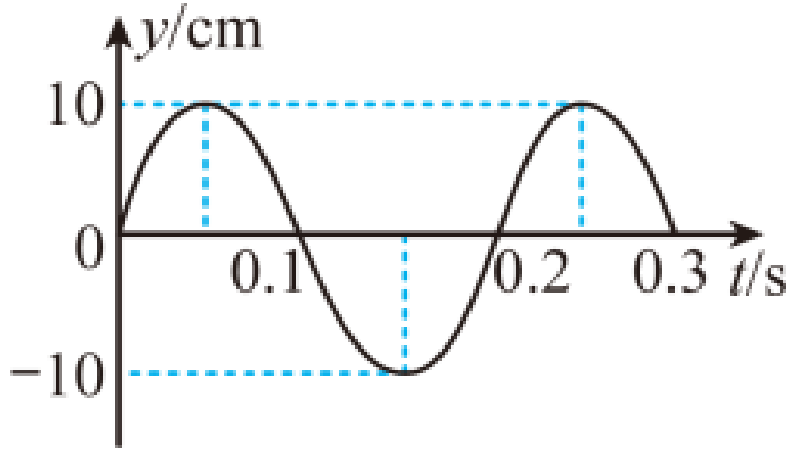
比较项目	振动图像	波的图像
研究对象	一个质点	波传播方向上的所有质点
研究内容	某质点位移随时间的变化规律	某时刻所有质点在空间分布的规律
图像		

比较项目	振动图像	波的图像
横坐标	表示时间	表示各质点的平衡位置
物理意义	某质点在各时刻的位移	某时刻各质点的位移
振动方向的判断	 (看下一时刻的位移)	 (上下坡法)

比较项目	振动图像	波的图像
Δt后的图形	随时间推移，图像延伸，但已有形状不变	随时间推移，图像沿波的传播方向平移，原有波形做周期性变化
联系	(1)纵坐标均表示质点的位移 (2)纵坐标的最大值均表示振幅 (3)波在传播过程中，各质点都在各自的平衡位置附近振动	

3．如图左所示是一列简谐横波在$t=0.1\text{s}$时刻的波形图，P是平衡位置在$x=1.5\text{m}$处的质点，Q是平衡位置在$x=12\text{m}$处的质点；图右为质点Q的振动图像，下列说法正确的是（D　）





A．这列波沿x轴负方向传播

B．在$t=0.35\text{s}$时，质点Q的位置坐标为$(12\text{m},10\text{cm})$

C．从$t=0.1\text{s}$到$t=0.35\text{s}$的过程中，质点P的路程为50cm

D．从$t=0.1\text{s}$时刻开始计时，质点P再过$\Delta t=(0.075+0.2n)\text{s}$时（$n=0,1,2\cdots$）到达波谷