**第5章波动 练习题含解答**

**5.4 练习题**

**一 、选择题**

1. 若一平面简谐波的表达式为 ，式中、、为正值常量，则

(A) 波速为． (B) 周期为．

(C) 波长为 ． (D) 角频率为． ［ ］

<答案>C

2. 在简谐波传播过程中，沿传播方向相距为（为波长）的两点的振动速度必定

(A) 大小相同，而方向相反． (B) 大小和方向均相同．

(C) 大小不同，方向相同． (D) 大小不同，而方向相反． ［ ］

<答案>A

3.如图，一平面简谐波以波速沿轴正方向传播，为坐标原点．已知点的振动方程为 ，则

选择题5.3图



(A) 点的振动方程为 ．

(B) 波的表达式为 ．

(C) 波的表达式为 ．

(D)点的振动方程为 ．

［ ］

<答案>C

4.图示一简谐波在时刻的波形图，波速，则图中点的振动加速度的表达式为

选择题5.4图



(A)  (SI)．

(B)  (SI)．

(C)  (SI)．

(D)  (SI) ［ ］

<答案>D

5. 一平面简谐波在弹性媒质中传播，在媒质质元从平衡位置运动到最大位移处的过程中：

(A) 它的动能转换成势能．

(B) 它的势能转换成动能．

(C) 它从相邻的一段质元获得能量其能量逐渐增大．

(D) 它把自己的能量传给相邻的一段质元，其能量逐渐减小． ［ ］

<答案>D

6. 当一平面简谐机械波在弹性媒质中传播时，下述各结论哪个是正确的？

(A) 媒质质元的振动动能增大时，其弹性势能减小，总机械能守恒．

(B) 媒质质元的振动动能和弹性势能都作周期性变化，但二者的相位不相同．

(C) 媒质质元的振动动能和弹性势能的相位在任一时刻都相同，但二者的数值不相等．

(D) 媒质质元在其平衡位置处弹性势能最大． ［ ］

<答案>D

7.如图所示，和为两相干波源，它们的振动方向均垂直于图面，发出波长为的简谐波，点是两列波相遇区域中的一点，已知 ，，两列波在点发生相消干涉．若的振动方程为 ，则的振动方程为

选择题5.7图



(A) ．

(B) ．

(C) ．

(D) ． ［ ］

<答案>D

8. 在驻波中，两个相邻波节间各质点的振动

(A) 振幅相同，相位相同． (B) 振幅不同，相位相同．

(C) 振幅相同，相位不同． (D) 振幅不同，相位不同． ［ ］

<答案>B

9. 在弦线上有一简谐波，其表达式为 (SI)

为了在此弦线上形成驻波，并且在处为一波腹，此弦线上还应有一简谐波，其表达式为：

(A)  (SI)．

(B)  (SI)．

(C)  (SI)．

(D)  (SI)． ［ ］

<答案>D

10. 沿着相反方向传播的两列相干波，其表达式为

 和 ．

在叠加后形成的驻波中，各处简谐振动的振幅是

(A) ． (B) ．

(C) ． (D) ． ［ ］

<答案>D

11.在x轴上有三列横波在传播：，，。三者合成的结果为( )

(A) (B) 

(C) (D) 

<答案>B

12.设声波在媒质中的传播速度为，声源的频率为。若声源S不动，而接收器R相对于媒质以速度沿着S、R连线向着声源S运动，则位于S、R连线中点的质点P的振动频率为( )

(A) (B) 

(C)  (D) 

<答案>A

**二、 填空题**

1．已知波源的振动周期为，波的传播速度为，波沿轴正方向传播，则位于和的两质点振动相位差为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_．

<答案> 

2. 一平面简谐波的表达式为 (SI)，其角频率=\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，波速=\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，波长= \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_．

<答案>125 rad/s； 338 m/s ；17.0 m

3．一平面简谐机械波在媒质中传播时，若一媒质质元在时刻的总机械能是，则在（为波的周期）时刻该媒质质元的振动动能是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_．

<答案> 5 J

4.一平面简谐波沿轴负方向传播．已知处质点的振动方程为 ，若波速为，则此波的表达式为 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_．

<答案>

5. 一平面余弦波沿轴正方向传播，波动表达式为 ，则处质点的振动方程是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_；若以处为新的坐标轴原点，且此坐标轴指向与波的传播方向相反，则对此新的坐标轴，该波的波动表达式是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_．

<答案> ； 

6. 在截面积为的圆管中，有一列平面简谐波在传播，其波的表达式为 ，管中波的平均能量密度是，则通过截面积的平均能流是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_．

<答案>

7.如图所示，波源和发出的波在点相遇，点距波源和的距离分别为和，为两列波在介质中的波长，若点的合振幅总是极大值，则两波在点的振动频率\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，波源的相位比的相位领先\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_．

<答案>相同；  ．

填空题5.7图



8. 在固定端处反射的反射波表达式是. 设反射波无能量损失，那么入射波的表达式是= \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_；形成的驻波的表达式是= \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_．

<答案> ；

9. 一驻波表达式为，则处质点的振动方程是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_；该质点的振动速度表达式是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_．

<答案>  或  ；

10.一端固定，另一端自由的棒中有余弦驻波存在，其中三个最低振动频率之比为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_．

<答案>1:3:5

11. 设空气中声速为，一列火车以的速度行驶，机车上汽笛的频率为。一静止的观察者在机车的正前方所听到的频率是 ；机车驶过其身后所听到的频率是 。

<答案> 652， 547。

**三 、计算题**

1. 如图所示，一简谐波向*x*轴正向传播，波速，, 点的振动方程为 (SI).

计算题5.1图



(1) 按图所示坐标系，写出相应的波的表达式；

(2) 在图上画出时刻的波形曲线．

解：(1) 

波的表达式

 

计算题5.1图解



 (SI)

(2) 时刻的波形曲线，见图解

 (SI)

2. 一列简谐横波沿某弦线自左向右传播，传播速度为.观察弦上某点的运动，发现该点在作振幅为，频率为的简谐振动.取该点为坐标原点，设置自左向右的坐标，已知时该点振动量，且振动速度沿轴正方向.试求:  
(1)此波的波长；(2)弦上该点振动的运动学方程；(3)弦波的运动学方程；  
(4)弦上处质点振动的初相位.  
解(1) .  
(2) 点振动的运动学方程为.  
(3)弦波的运动学方程为



(4)弦上处质点振动的初相位为

3. 已知一平面简谐波的表达式为  (SI)

(1) 分别求*x*1 = 10 m，*x*2 = 25 m两点处质点的振动方程；

(2) 求*x*1，*x*2两点间的振动相位差；

(3) 求*x*1点在*t* = 4 s时的振动位移．

解：(1) *x*1 = 10 m的振动方程为  (SI)

*x*2 = 25 m的振动方程为  (SI)

(2) *x*2与*x*1两点间相位差 

(3) *x*1点在*t* = 4 s时的振动位移 y = 0.25cos(125×4－3.7) m= 0.249 m

    4、一平面简谐波的波动方程为，

问：(1) 此波沿什么方向传播？

    (2) 在处的初位相是多少？

    (3) 与处位相相同的点的位置是多少？

    (4) 与处的振动速度大小相同但方向相反的点的位置是哪些？

    解　(1) ,

此为朝轴正方向传播的平面简谐波.

    (2) .

    (3) 处的位相是 .

设处的位相跟它相同，，

解得   

    (4) 处的振动速度为 ，

跟它振动速度大小相同、方向相反的点的位置应满足

   ①

及                  ②

由①式解得                  ，

但    时速度为0，

所以  ，

从②式解得.

综上所述  ，



5．钢轨中声速为。今有一声波沿钢轨传播，在某处振幅为，频率为。钢的密度为，钢轨的截面积按 计。  
(1)试求该声波在该处的强度；  
(2)试求该声波在该处通过钢轨输送的功率。  
解：（1）

（2）

6．相干波源和，相距，的相位比超前．这两个相干波在、连线和延长线上传播时可看成两等幅的平面余弦波，它们的频率都等于， 波速都等于．试求在、的连线上及延长线上，因干涉而静止不动的各点位置．

计算题5.6图



解：取、连线及延长线为轴，向右为正，以为坐标原点．令．

(1) 先考虑的各点干涉情况．取点如图．从、分别传播来的两波在点的相位差为 

 

∴ 各点干涉加强．

(2) 再考虑各点的干涉情况．取点如图．则从、分别传播的两波在点的相位差为 



∴ 各点为干涉静止点．

(3) 最后考虑范围内各点的干涉情况．取点如图．从、分别传播来的两波在点的相位差为





由干涉静止的条件可得



∴ 

即  为干涉静止点．

综上分析．干涉静止点的坐标是及各点．

7. 如图，一角频率为，振幅为的平面简谐波沿轴正方向传播，设在时该波在原点处引起的振动使媒质元由平衡位置向轴的负方向运动．是垂直于轴的波密媒质反射面．已知，（为该波波长）；设反射波不衰减，求：

(1) 入射波与反射波的表达式;；

(2) 点的振动方程．

解：设处振动方程为 

计算题5.7图



当时，  ，，∴ 

∴ 

故入射波表达式为 

在处入射波引起的振动方程为



由于是波密媒质反射面，所以处反射波振动有一个相位的突变．

∴ 

反射波表达式 



合成波为 



将点坐标  代入上述方程得点的振动方程



8. 一弦线的左端系于音叉的一臂的点上，右端固定在点，并用的水平拉力将弦线拉直，音叉在垂直于弦线长度的方向上作每秒50次的简谐振动（如图）．这样，在弦线上产生了入射波和反射波，并形成了驻波．弦的线密度， 弦线上的质点离开其平衡位置的最大位移为．在时，点处的质点经过其平衡位置向下运动，、之间的距离为．试求：

计算题5.8图



(1) 入射波和反射波的表达式；

(2) 驻波的表达式．

解：按题意，弦线上行波的频率，波速，波长.

取点为轴和轴的原点．轴向右，轴向上．令入射波在点的初相为，则其表达式为

 ①

点为固定点，则反射波的表达式为

 ②

弦线上驻波表式为 

 ③

据此，点振动方程为 

由有 

 ④

由③式可知弦线上质点的最大位移为，即 

再由题给条件可得④式中 ， 即 

由此可得：

(1) 入射波  (SI)

反射波  (SI)

驻波  (SI)

9．一声源的振动频率为，相对于空气以的速度向右运动，如图．在其运动方向的前方有一反射面，它相对于空气以的速度向左运动．假设声波在空气中的传播速度为，求：

计算题5.9图



(1) 在声源右方空气中发射的声波的波长；

(2) 每秒钟到达反射面的波的数目；

(3) 反射波的波长．

解：(1) 设一接收器静止于空气中，声源以速率接近接收器，则由多普勒效应公式可知，接收到的声波频率



则 

(2) 每秒钟到达反射面处波的数目在数值上等于反射面处接收到的波的频率．由多普勒效应公式有：



(3) 接收器接收到反射面的反射波的频率



反射波的波长 

   10、一平面简谐波沿绳向左传播，在自由端处被反射. 设频率为，绳中被速为. 选点为坐标原点，轴正向向右，且原点初位相为. 求：

    (1) 反射波的表达式；

    (2) 节点的位置. （设入射波与反射波振幅相同）

    解　根据题意有

向负方向传播的谐波表达式为

.

.

点的振动方程为.

该波在自由端点反射，无半波损失，反射波在点的位相比点的位相落后，所以反射波的表达式为

，

点为波腹，第一个波节在处，波节之间的距离为，所以节点的位置在

 ，其中

11、一列火车以的速度向前行驶，若车的司听到自己的汽笛声频率，另一列火车以的速度行驶. 求：

    (1) 当, 两车相向而行时，司机听到汽笛的频率为多少？

    (2) 若此时恰有的风速沿车向车吹来，车的司机听到汽笛的频率又为多少？

    (3) 若车和车运行方向相同，且车在车的前方，重求(1), (2)问. 已知空气中声速.

    解　(1) 声源和观察者同时相对媒质运动，因而车中司机所接受到的频率为

.

    (2) 当空气中有风时，相对于静止系统声速为（）



    (3) ①两车同方向运行，在前方，无风时，

 .

    ② 两车同方向运行，在前方，有风时，

.

12. 海面上波浪的波长为120 m，周期为10 s。一艘快艇以的速度迎浪开行。它撞击浪峰的频率是多大?多长时间撞击一次?如果它顺浪开行，它撞击浪峰的频率又是多大?多长时间撞击一次?

解：波浪的速度

快艇迎浪开行时，撞击浪峰的频率为

周期为

顺浪开行时，撞击浪峰的频率

周期为

**四 、研讨题**

1. 波传播时，介质的质元并不随波迁移。但水面上有波形成时，可以看到漂在水面上的树叶沿水波前进的方向移动。这是为什么？

参考解答：

研讨题5.1图



如图所示，当水面上有波形成时，表面上水的质元是在平行于波传播方向的竖直平面内做圆周运动（不是上下的简谐运动）。这是因为，水波传过时，波峰处的水面比原来高了，波谷处的水面比原来低了，波峰处增加的水量必定是由临近的波谷处移来的。  
 这样，水面上的质元就有了沿水波传播方向的纵向振动，纵向振动和横向振动的合成就使得水面质元做圆周运动。

正是由于水面质元的圆周运动（或说是由于质元有沿水波传播方向的纵向振动），使得水面上的树叶等漂浮物沿水波前进的方向移动。

2. 如果地震发生时，你站在地面上，先感到哪种摇晃？

参考解答：

地震波在地球内部的传播有纵波（波）和横波（波）两种形式，并且纵波（波）的传播速度比横波（波）的传播速度快（前者的速度在地壳内是 ，在地幔深处是，而后者的速度是）。当地震发生时，如果人站在震源正上方的地面上，会感觉到先上下颠（纵波引起的感觉）然后横向摇（横波引起的感觉），这中间的时间差在日本被称为“自救时间”.

3. 为什么在没有看见火车也没有听到火车鸣笛的声音的情况下，把耳朵贴靠在铁轨上可以判断远处是否有火车驶来？

参考解答：

从传播速度来看，声波在铁轨中的传播速度远远大于声波在空气中的传播速度。低碳钢棒中纵波的速度为，而空气中纵波的速度为. 从声音的强度来看，因为波的强度为



其中，铁轨的密度及都分别远远大于空气的及，在，分别相同的情况下，铁轨中传播的声波的强度也远比空气中声波的强度大。  
综合以上两个因素可知，把耳朵贴靠在铁轨上就容易判断出远处是否有火车驶来。

4. 沿波的传播方向，各质元的振动位相逐一落后，具体位相差的公式是：请分析相位干涉仪如何利用这一特征，测定来波方向.

参考解答：

研讨题5.4图



在军事上常常需要确定雷达信号的来波方向，称为无源测向。相位干涉测向仪是一种常用的测向系统，其基本结构与工作原理如图所示。两个天线单元和相隔一定距离，水平放置，当雷达电磁波平行传输过来，到达天线比到达天线多经过的路程为：



式中是来波方向与天线轴线的夹角,也就是方位角. 则两天线信号的相位差为：



式中*λ*是雷达信号的波长. 相位干涉仪一般采用超外差接收机，首先确定信号波长，然后根据测出的、天线信号的相位差，就可以利用上式计算出方位角，从而确定来波的方向。

5. 利用干涉原理制成干涉消声器可以降低内燃机、压缩机等排放高速气流时产生的低频噪声，请查阅资料说明干涉消声器控制噪声的工作原理。

参考解答：

利用干涉原理制成干涉消声器可以降低内燃机、压缩机等排放高速气流时产生的低频噪声，其原理如图所示。

研讨题5.5图



波长为的声波沿管道向右传播,在处分成两束相干波,它们分别通过和的路程后再在处相遇，若 恰好等于声波半波长的奇数倍，则干涉相消,从而达到控制噪声的目的。为了使这类消声器在低频范围内具有较宽的消声频率，一般将多个这样的消声单元串联起来，并且使每一个单元的不等,就可以对不同波长的噪声加以控制。