

作业 4 机械波

姓名: _____ ()

班级: 高二电机电子()

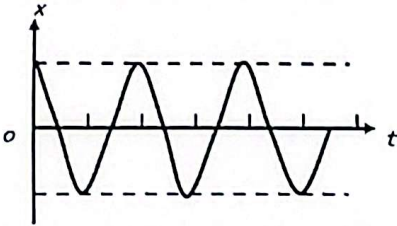
日期: _____

1. **横波**: 质点的振动方向与波的传播方向垂直的波。例绳波。

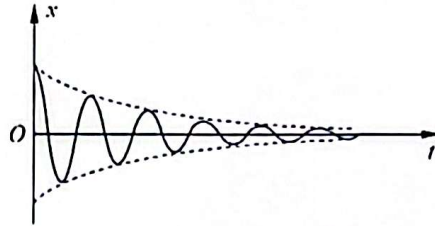
纵波: 质点的振动方向与波的传播方向平行的波。例声波。

某一物质在扰动或振动后, 在空间逐点传递时形成的运动, 称为**波/波动**。
振动的传递需要**介质**。

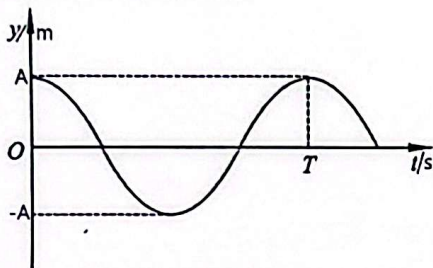
2. **自由振动图像**(无阻尼振动):



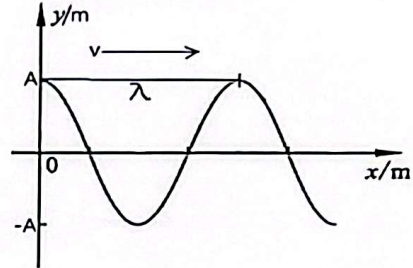
阻尼振动图像:



3. **简谐运动的振动图像**:



机械波的波动图像:



一质点做简谐运动时, 它的位置 x 随时间 t 变化的关系。

在某一时刻某一直线上各个质点的位置 y 所形成的图像(横波)。

$$T = \frac{1}{f} \quad y = A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t - \varphi\right)$$

$$v = f\lambda$$

当 $t = 0$ 时: $y = A$, 所以是 **cos**:

因为 $\frac{\varphi}{x} = \frac{2\pi}{\lambda}$, 则 **波动方程式** 为: $y(x, t) = A \cos\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right]$

φ = 初相位/初相角:

波向**正方向**传播时 = **负号**, 因为表示当 $t = 0$ 时, 相位“后移”了 φ 弧度, 相对于标准 cosine 波图像。

波向**负方向**传播时 = **正号**, 因为表示当 $t = 0$ 时, 相位“前移”了 φ 弧度, 相对于标准 cosine 波图像。

4. 常温下, 人只能对一个特定频率范围内的声波产生听觉, 这个范围为 $20 \sim 20000\text{Hz}$ 。频率越大, 我们感觉到这声音的音调就越高, 反之亦然。请算出我们能在常温下空气中, 听到的声音的波长 λ 范围。

$$\begin{aligned} v_1 &= f_1 \lambda_1 & v_2 &= f_2 \lambda_2 \\ 340 &= 20 \lambda_1 & 340 &= 20000 \lambda_2 \\ \therefore \lambda_1 &= 17\text{m} & \lambda_2 &= 0.017\text{m} \end{aligned}$$



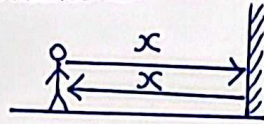
5. 声音的速度随空气温度的升高而变大。假设某一列声波从一个较冷的空气区域进入一个较热的空气区域。在这个过程中，声波的频率和波长发生了什么变化？

$$\because v = f\lambda \quad \therefore f \text{ 不变, } \lambda \text{ 增大。}$$

6. 若你击掌后 0.1s 听到了远处墙壁反射回来的回声，则你离墙壁有多远？

$$v = \frac{s}{t} \quad \therefore x = 17 \text{ m}$$

$$340 = \frac{2x}{0.1}$$



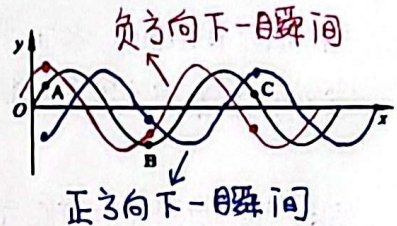
7. 图中是一列横波的图象：

(a) 如果波沿正 x 轴方向传播，A、B 和 C 三个质点中哪一个先回到平衡位置？

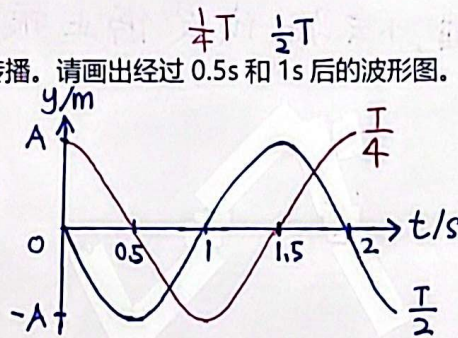
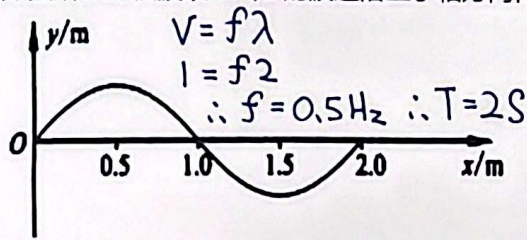
$\therefore A$

(b) 如果波沿负 x 轴方向传播，A、B 和 C 三个质点中哪一个先回到平衡位置？

$\therefore C$



7. 如图所示的横波以 1m/s 的波速沿正 x 轴方向传播。请画出经过 0.5s 和 1s 后的波形图。



8. 一列波的方程式为： $y(x,t) = 0.08\cos[8\pi(\frac{t}{2.0} - \frac{x}{1.0})]$ m (其中 x, y 的单位是米，t 的单位是秒)

求此波的振幅、波长、周期、频率、波速及传播方向。并画出 $x=0$ 处的质点的振动图象和 $t=0$ 时的波的图象。

$$y = A \cos[2\pi(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda})] \text{ m} \quad \therefore v = f\lambda$$

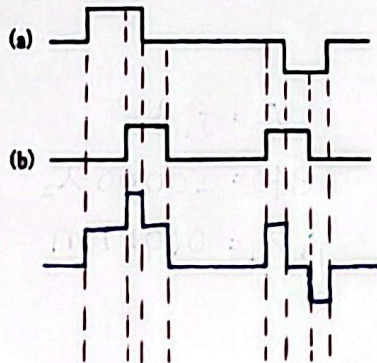
$$\therefore A = 0.08 \text{ m} \quad \therefore 2t = \frac{t}{T} \quad \therefore f = 2 \text{ Hz} \quad \therefore 4x = \frac{x}{\lambda} \quad = 2 \times 0.25$$

$$\therefore T = 0.5 \text{ s} \quad \therefore \lambda = 0.25 \text{ m} \quad = 0.5 \text{ m/s}$$

9. 当波从一种介质穿过界面进入另一种介质时，下列物理量中保持不变的有 ()。

- (A) 波的频率 B. 振幅 C. 波长 D. 波速
 波源决定。 能量决定。 介质和波源决定。 介质不同，v 不同。

10. 如图所示的两列波，试作出它们叠加后的图，即波的叠加：



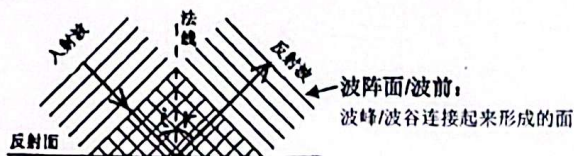
作业 4.2 机械波

姓名: _____ ()

班级: 高二电机电子()

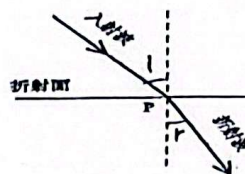
日期: _____

11. 波的反射:



当波遇到介质的界面或障碍物时, 会**反射**回原介质。

波的折射:



折射定律:

$$n = \frac{\sin i}{\sin r}$$

当波遇到两种介质的界面时, 部分或全部会**进入**另一种介质。
折射率 n 与速度 v 是**反比**的

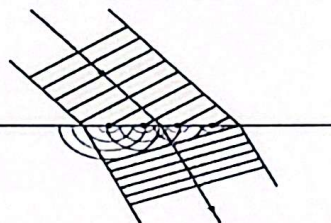
反射定律: 反射线与入射线和法线在同一平面内, 反射线和入射线分别位于法线两侧。

$$\text{反射角 } r = \text{入射角 } i$$

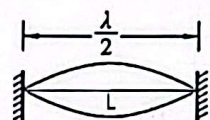
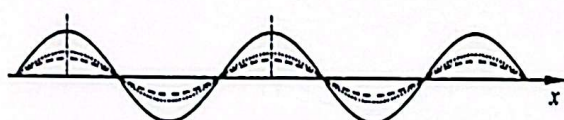
$$\text{相对折射率: } n_{21} = \frac{1}{n_{12}} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

折射率 n 越大, 折射光线越**偏向**法线。

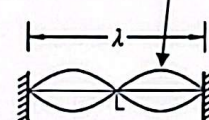
12. **惠更斯原理:** 介质中任一波阵面上的各点都可以看作是发射子波的波源, 在其后任一时刻, 这些子波的包迹就是新的波阵面。此原理解释了波的前进方向。



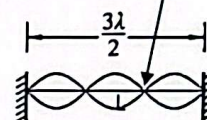
13. **驻波:** 没有振动状态的传播(即波形不向任何方向移动), 也没有能量的传播。即分段振动现象。例如两端固定的弦产生的振动。由两列相反方向传播的振幅 A 相同、频率 f 相同的波叠加形成。



$$n=1, f_1 = \frac{v}{2L}$$



$$n=2, f_2 = \frac{v}{L}$$



$$n=3, f_3 = \frac{3v}{2L}$$

(基音) (谐音)
 $f = n \frac{v}{2L}, n = 1, 2, 3, \dots$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

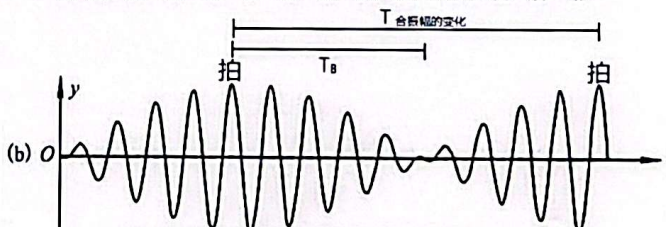
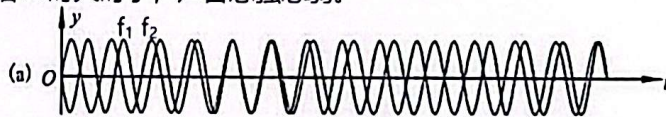
v =波速, T =张力, μ =单位长度的质量

14. **行波:** 相对驻波, 波形向前传播的波。例如空气中传播的声波。

15. **拍:** 两列频率有微小差别的声波叠加, 会使合振幅 A 时大时小, 声音忽强忽弱。

$$\text{拍频: } f_B = |f_1 - f_2|$$

$$\text{即每 1 秒的拍数: } f_B = \frac{\text{拍数}}{\text{时间}}$$



$$\text{叠加后的波动方程式: } y(x,t) = y_1(x,t) + y_2(x,t)$$

所以: $T_{\text{合振幅的变化}} = 2 T_B$

叠加后:

合振幅变化的频率:

$$f_{\text{合振幅的变化}} = \frac{f_1 - f_2}{2}$$

叠加后的振动频率:

合振动频率:

$$f_{\text{合}} = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

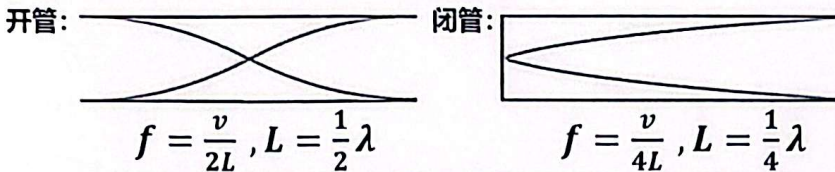


16. 两根琴弦 A 和 B 的长度相同, 均为 1m; 但它们的质量不同, 分别为 0.005kg 和 0.004kg。这两根琴弦拉得同样紧, 即琴弦上的张力一样大。(a) 已知弦 A 发出的基频是 218Hz, 求弦 B 的基频。(b) 若这两根弦同时发声, 则所产生的拍的频率是多大?

(a) $\because f_1 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ (b) $f_B = |f_1 - f_2| = 244 - 218 = 26 \text{ Hz}$

$\therefore \frac{f_A}{f_B} = \frac{\sqrt{\mu_B}}{\sqrt{\mu_A}} \Rightarrow \frac{218}{f_B} = \frac{\sqrt{0.004}}{\sqrt{0.005}} \Rightarrow f_B = 244 \text{ Hz}$

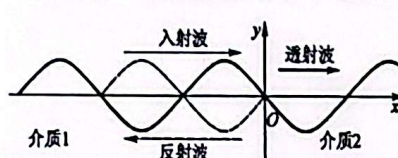
17. 管的发声原理: 利用管中空气柱的来回振动, 产生纵驻波而发声。




当气柱长度 L 相同时, 开管的基频=闭管的基频×2。所以开管的乐器的声音较嘹亮悦耳、音调较高。

半波损失: 从波从波疏介质射向波密介质时, 反射波在离开反射点时的振动方向相对于入射波到达入射点时的振动方向相反, 即反射波相对于入射波相位突变 π , 这种现象叫做半波损失。透射波则无。

$n_1 < n_2$ 有半波损失
 $n_1 > n_2$ 无半波损失



波的衍射: 波可以绕过障碍物继续传播。例水波。



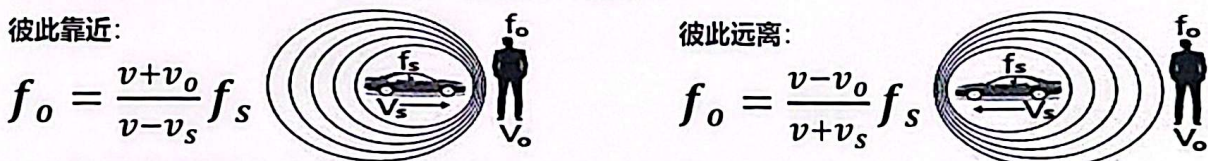
18. 有两根风琴管, 一根为闭管式, 另一根为开管式。若它们的基音频率均为 256Hz, 则它们的管长各为多少? (设声速为 340m/s)

开管: $f_1 = \frac{v}{2L}$ 闭管: $f_1 = \frac{v}{4L}$

$256 = \frac{340}{2L}$ $256 = \frac{340}{4L}$

$\therefore L = 0.66 \text{ m}$ $\therefore L = 0.33 \text{ m}$

19. 多普勒效应: 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。当波源向观察者移动, 则观察者收到的声波的波长 λ 变小, 所以声波的频率 f 变大。



20. 救护车发出频率为 800Hz 的警号声, 并以 30m/s 的速率行驶。(设当时的声速是 330m/s)

- (a) 当它趋近一站在路旁的观察者时, 观察者听到的警号声频率是多少?
 (b) 一辆迎面而来、以 20m/s 的速率行驶的汽车上的司机, 听到的警号声频率是多少?
 (c) 一辆以相同的速率紧跟在救护车后面的汽车上的司机, 听到的警号声频率是多少?

(a) $f_o = \frac{v+v_o}{v-v_s} f_s = \frac{330+0}{330-30} (800) = 880 \text{ Hz}$

(b) $f_o = \frac{v+v_o}{v-v_s} f_s = \frac{330+20}{330-20} (800) = 933 \text{ Hz}$

(c) $f_o = \frac{v-v_o}{v+v_s} f_s = \frac{330-(-30)}{330+30} (800) = 800 \text{ Hz}$

