

# HW0907&0909

---

勘误

- (1) 题 2.32 会聚透镜焦距为 9m
- (2) 习题图 2.33 与习题 2.32 标反
- (3) 题 2.39 需补充条件, 水的折射率  $n_L = 4/3$

**2.16** 首先算出球面镜半径, 由焦距公式

$$f = x_0 = \frac{-r}{2}$$

$$r = -40cm$$

对逐次成像列出 Gauss 公式从空气进入水面

时

$$\frac{1}{s} + \frac{n_L}{s'} = 0$$

球面镜反射时

$$\frac{1}{-s'} + \frac{1}{s''} = \frac{2}{-r}$$

从水面出射时

$$\frac{n_L}{-s''} + \frac{1}{s} = 0$$

以上三式求和得 (二式两边同乘 $n_L$ )

$$s = \frac{r}{n_L} = 30cm$$

$$\text{即 } x = 30cm$$

## 2.19

列出逐次成像 Gauss 公式从空气进入水面

时

$$\frac{1}{s} + \frac{n_L}{s'} = 0$$

球面镜反射时

$$\frac{1}{-s'} + \frac{1}{s''} = \frac{2}{-r}$$

从水面出射时

$$\frac{n_L}{-s''} + \frac{1}{s'''} = 0$$

$$\text{取 } s = \infty \quad s''' = f$$

代回三式求和得 (二式两边同乘 $n_L$ )

$$f = \frac{-r}{2n_L} = 22.5\text{cm}$$

## 2.20

(1)

作图略

(2)

本题可以对每一个球面进行分析, 不过直接应用薄透镜成像公式更为简便

不妨假设透镜与镜面之间存在极小空气间隙, 光路不受影响, 此模型不影响最终成像结果从而正

透镜两侧折射率相同

薄透镜第一次成像

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

$$\text{令 } u = 2f$$

$$\text{得 } v = 2f$$

$$\gamma_1 = \frac{-v}{u} = -1$$

经过平面镜反射

$$\frac{1}{u'} + \frac{1}{v'} = 0$$

$$\text{其中 } u' = -v = -2f$$

$$\text{得 } v' = 2f$$

在透镜左侧成实像

$$\gamma_2 = \frac{-v'}{u'} = 1$$

此实像是透镜再次成像的虚物

$$\frac{1}{u''} + \frac{1}{v''} = \frac{1}{f}$$

$$\text{其中 } u'' = -v' = -2f$$

$$\text{得 } v'' = \frac{2}{3}f$$

$$\gamma_3 = \frac{-v''}{u''} = \frac{1}{3}$$

故最终成实像在透镜左侧  $\frac{2}{3}f$  处

$$\gamma = \gamma_1 \gamma_2 \gamma_3 = -\frac{1}{3}$$

倒立像高  $\frac{H}{3}$

**2.21** 考虑光路可逆性，由球面透镜成像公式

$$\frac{1}{s} + \frac{n}{s'} = \frac{n-1}{r}$$

取  $s = \infty$ ,  $s' = 2r$ , 可得  $n = 2$

**2.26** 因为成像在凹面镜前，所以成像为实像

$$s' > 0$$

根据凹面镜 Gauss 公式

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{-r}$$

要求放大，从而

$$|\gamma| = \left| \frac{-s'}{s} \right| = \frac{s'}{s} > 1$$

解得

$$\frac{-r}{2} < s < -r$$

**2.29** 平面镜成像

$$s = 2cm + 3cm = 5cm$$

作为凹面镜的实物由 Gauss 公

式

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{-r}$$

$$s' = 20cm$$

$$y' = \frac{-s'}{s} y = -0.4cm$$

因此在凹面镜右侧  $20cm$  处成实像，像高  $0.4cm$

**2.32**

记  $n_{\text{水}} = n_L$

光线从水进入空气成像

$$\frac{n_L}{u} + \frac{1}{v} = 0$$

$$v = -0.9m$$

此虚像是正透镜的实物

$$u' = 0.6 + 0.9 = 1.5m$$

$$\frac{1}{u'} + \frac{1}{v'} = \frac{1}{f}$$

$$v' = -1.8m$$

在透镜下方 1.8m 处成虚像即鱼的虚像与其原处

相同

## 2.35

增加凹透镜与平面镜后使得成像回到原物体处由光路可逆，光线返回路线与入射路线完全重

合

因此在凹透镜与平面镜之间光线平行传播，即 Q' 处于凹透镜物方焦点

$$f = -(s' - d) = d - s'$$

## 2.36

逐次成像

$$u_1 = 10cm$$

$$\frac{1}{u_1} + \frac{1}{v_1} = \frac{1}{f_1}$$

$$v_1 = -\frac{10}{3}cm$$

$$u_2 = \frac{20}{3}cm - v_1 = 10cm$$

$$\frac{1}{u_2} + \frac{1}{v_2} = \frac{1}{f_2}$$

$$v_2 = 10cm$$

$$u_3 = 5cm - v_2 = -5cm$$

$$u_3 = f_3$$

从而光线通过  $L_3$  后，平行出射

平行光经过  $L_4$  后成像在其像方焦点处，即  $L_4$  右侧 5cm 处

## 2.39

与题 2.32 类似地

水中进入空气成像

$$\frac{nL}{u} + \frac{1}{v} = 0$$

$$v = -3cm$$

经过空气中的透镜成像

$$\frac{1}{u'} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

$$\text{其中 } u' = (x + 3)cm \quad v' = -(x + 4)cm$$

$$\text{解得 } x = 2$$

即透镜在水面上方  $2cm$  处