南昌大学

大　学　物　理

练习册解答

（下册）

整理日期：2019 年 1 月 3 日

10 气体动理论

一．选择题：

1.C　2. C　3. A　4. D

5. B　6. D　7. A　8. A

二．填空题：

1. $1.2\times10^{-24}\,kg\cdot m/s$ ， $\frac{1}{3}\times10^{28}\,m^2/s$ ， $4\times10^3\,\mathrm{Pa}$

2. $12.465\ \mathrm{J}$ ， $20.775\ \mathrm{J}$ ， $24.93\ \mathrm{J}$　**3.** 0 ， $\frac{kT}{m}$

4. $\frac{3}{2}p_0V_0$ ， $\frac{5}{2}p_0V_0$ ， $\frac{8p_0V_0}{13R}$

5. $\sqrt{\frac{\mu_2}{\mu_1}}$

6. 速率区间$0\sim v_p$的分子数占总分子数的百分率；

$$\frac{\int_{v_p}^{\infty} vf(v)\mathrm{d}v}{\int_{v_p}^{\infty} f(v)\mathrm{d}v}$$

7. **氧、氮**　　　**8.** $\frac{3kT}{2}$，$\frac{5kT}{2}$，$\frac{M}{\mu}\frac{5RT}{2}$

9. $3739.5\ J$，　$2493\ J$　　**10.** 2

三．计算题：

1．（1） $n=\frac{p}{kT}=\frac{1.01\times10^{5}}{1.38\times10^{-23}\times300}=2.44\times10^{25}(m^{-3})$

（2） $\rho=nm=n\frac{\mu}{N_A}=2.44\times10^{25}\times\frac{32\times10^{-3}}{6.02\times10^{23}}=1.3(kg\cdot m^{-3})$

（3） $\overline{d}=(n)^{\frac{1}{3}}=(\frac{1}{2.44\times10^{25}})^{\frac{1}{3}}=3.45\times10^{-9}(m)$

2．设使用前质量为M，则使用后为$\frac{M}{2}$

则　$p_1V=\frac{M}{\mu}RT_1$　　　$p_2V=\frac{M}{2\mu}RT_2$

所以　$T_2=\frac{2p_2T_1}{p_1}$

由于 $\overline{v}=\sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$　所以　$\overline{v}_1/\overline{v}_2=\sqrt{T_1/T_2}=\sqrt{\frac{p_1}{2p_2}}$

3．（1） 因为$\overline{w}=\frac{3kT}{2}$ 氧气和氢气的温度相同

所以氧气分子的平均平动动能:

$$\overline{w}_{O_2}=\overline{w}_{H_2}=6.21\times10^{-21}\ \text{J}$$

$$\sqrt{\overline{v_{O_2}^2}}=\sqrt{\frac{2\overline{w}}{m_{O_2}}}=\sqrt{\frac{2\times6.21\times10^{-21}}{\frac{0.032}{6.02\times10^{23}}}}=483\ (m/s)$$

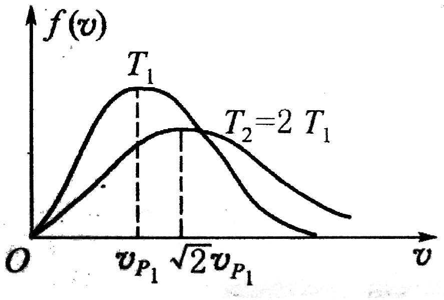
（2） $T=\dfrac{2\overline{w}}{3k}=\dfrac{2\times6.21\times10^{-21}}{3\times1.38\times10^{-23}}=300\ (K)$

4． 由于 $pV=\dfrac{M}{\mu}RT_1$　　$2pV=\dfrac{M}{\mu}RT_2$

所以 $T_2=2T_1$

因为 $v_p=\sqrt{\dfrac{2kT}{m}}\propto\sqrt{T}$　　所以 $v_{p_2}=\sqrt{2}v_{p_1}$

I，II 两状态下气体分子热运动的速率分布曲线如下图：



5． 氮气的内能增量 $\Delta E=\dfrac{M}{2}v^2=\dfrac{1}{2}\times0.1\times100^2=500\ \text{J}$

因为 $\Delta E=\dfrac{M}{\mu}\dfrac{5R\Delta T}{2}$

所以 $\Delta T=\frac{2\Delta E\mu}{5MR}=\frac{2\times500\times0.028}{5\times0.1\times8.31}=6.7\ K$

因为 $p=\frac{M}{\mu}\frac{RT}{V}$

所以 $\Delta p=\frac{M}{\mu}\frac{R\Delta T}{V}=\frac{0.1\times8.31\times6.7}{0.028\times0.01}=2\times10^4\ \text{Pa}$

6．以上两个比值的结果是错误的，

改正如下：对于不同温度的同种理想气体，有

$$\overline{v_A}:\overline{v_B}:\overline{v_C}=(\overline{v^2{}_A})^{1/2}:(\overline{v^2{}_B})^{1/2}:(\overline{v^2{}_C})^{1/2}=1:2:3$$

根据理想气体压强公式 $p=\frac{1}{3}nm\overline{v^2}$ **，可得**

$$p_A:p_B:p_C=n_A\overline{v^2{}_A}:n_B\overline{v^2{}_B}:n_C\overline{v^2{}_C}=1:8:36$$

7．（1）设分子数为 *N*，据 $E=N\frac{i}{2}kT\quad P=\frac{N}{V}kT\qquad i=5$

$$p=\frac{2E}{5V}=1.35\times10^5(Pa)$$

（2）由： $\frac{\bar{e}}{E}=\frac{\frac{3}{2}kT}{N\frac{5}{2}kT}=\frac{3}{5N}$ **，得：** $\bar{e}=\frac{3E}{5N}=7.5\times10^{-21}(J)$

又 $E=N\frac{5}{2}kT$ **，得：** $T=\frac{2E}{5Nk}=362K$

11　热力学基础

一．选择题：

1.A　2. B　3. B　4. B　5. D

6. B　7. C　8. B　9. D　10. B

二．填空题：

1. $8310\ln 2 = 5760$

2. 物体作宏观位移，　分子之间的相互作用

3. $-|A_1|$，$-|A_2|$　　**4.** $500,700$

5. 绝热，　等压，　等压

6. $(\frac{1}{3})^{\gamma-1}T_0$，　$(\frac{1}{3})^{\gamma}P_0$

7. $\frac{1}{n}$　　**8.**　2，$350J$

9. 状态几率增大，　不可逆的

三．计算题：

1.　**(1)所作功即为**PV **图中** $\overline{ac}$下面积：

$$A=\frac{1}{2}(P_a+P_c)(V_c-V_a)=405.2J$$

(2)由图 $P_aV_a=P_cV_c$，即 $T_a=T_c$　　　$\therefore \Delta E_{ac}=0$

(3) $Q=\Delta E+A=405.2J$

2．（**1**）令 p_1、V_1 分别表示气缸中气体初态的压强和体积，根据理想气体状态方程 $p_1=RT_1/V_1=RT_1/sl_1=1.013\times10^5\,Pa$,因而气缸中气体施于活塞向上的作用力为

$$f_1=p_1S=2.26\times10^3 \ \mathbf{N}$$

而气缸外气体施于活塞向下的作用力为

$$f_0=p_0S=2.02\times10^3 N$$

活塞所受重力 $=mg=1\times10^3 N$

由于 $p_0s+mg>p_1s$，所以开始加热时活塞并不立即上升,只有加热到气缸中的气体压强变为

$$p_2=(p_0s+mg)/s=1.51\times10^5\,Pa$$

活塞才开始上升, 所以气体经历的过程是由等容升温和等压膨胀两个过程组成

(2) 根据理想气体状态方程,

气缸中气体末态的温度： $T_2=p_2V_2/R$，

气体末态的体积：　　$V_2=(L_1+L_2)s$

$$\therefore T_2=P_2(L_1+L_2)s/R=545K$$

整个过程气体内能的增量$\Delta E=C_V(T_2-T_1)$

单原子分子理想气体　$C_V=\frac{3}{2}R$

气体在整个过程对外作的功 A 等压过程对外作的功 $A_p=p_2L_2s$

气体在整个过程中吸的热量为 Q, 根据热力学第一定律

$$Q=\Delta E+A=\frac{3}{2}R(T_2-T_1)+P_2L_2S=4.9\times10^3J$$

3.　设初态（p_0，V_0，T_0）

终态（p_0，V，T）　　$T=4T_0$

等压过程中气体对外作功：

$$A_1=p_0(2V_0-V_0)=RT_0$$

等容过程中气体对外作功：　$A_2=0$

等温过程中气体对外作功：

$$A_3=4p_0V_0\ln\frac{2p_0}{p_0}=4RT_0\ln2$$

所以 $A=A_1+A_2+A_3=RT_0+4RT_0\ln2=9.41\times10^3J$

氮气内能改变 ：

$$\Delta E = C_V(T - T_0) = \frac{5}{2}R(4T_0 - T_0) = 1.87\times10^4 J$$

吸收的热量： $Q = \Delta E + A = 2.81\times10^4 J$

4． （1） $Q_1 = RT_1 \ln\frac{V_2}{V_1} = 5.35\times10^3 J$

（2） $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 0.25$

$A = \eta Q_1 = 1.34\times10^3 J$

（3） $Q_2 = Q_1 - A = 4.01\times10^3 J$

5． $i = 3$ $T_a = T_c = 600K$ $T_b = \frac{V_b}{V_a}T_a = 300K$

(1) $Q_{ab} = C_P(T_b - T_a) = -750R = -6232.5J$

$Q_{bc} = C_v(T_c - T_b) = 450R = 3739.5J$

$Q_{ca} = RT_c \ln\frac{V_a}{V_c}$=600Rln2=3456J

(2) $\mathrm{A} = \mathrm{Q_{bc}} + \mathrm{Q_{ca}} - \left|\mathrm{Q_{ab}}\right| = 963\mathrm{J}$

(3) $\eta = \frac{A}{Q_1} = 13.4\%$

6.　(1)Q=A=图中矩形面积

$$=(P_A-P_D)(V_B-V_A)$$

$$=(40-20)\times1.013\times10^5\times(12-4)\times10^{-3}=1.62\times10^4J$$

(2) $Q_1=Q_{AB}+Q_{DA}=\nu\frac{5R}{2}(T_B-T_A)+\nu\frac{3R}{2}(T_A-T_D)$

$$=\nu\frac{5R}{2}(6T_D-2T_D)+\nu\frac{3R}{2}(2T_D-T_D)=\frac{23}{2}\nu RT_D$$

$$A=(P_A-P_D)(V_B-V_A)=P_AV_A=\nu RT_A=2\nu RT_D$$

$$\eta=\frac{A}{Q_1}=\frac{4}{23}=17.4\%$$

(3)设 $T_E=T_A$　则 $E_E=E_A$　　由图可知 E 点在 CD 线上。

$$\therefore P_E=P_D=20atm,\ 由P_AV_A=P_EV_E得V_E=8\times10^{-3}m^3$$

7.　$p_A=300\ \text{Pa}$　　$p_B=p_C=100\ \text{Pa}$　　$V_A=V_C=1\ \text{m}^3$

$V_B=3\ \text{m}^3$

（1）等容过程： $\frac{p_A}{T_A}=\frac{p_C}{T_C}$

所以　$T_C=T_A\frac{p_C}{p_A}=100\ \text{K}$

等压过程： $\frac{V_B}{T_B}=\frac{V_C}{T_C}$

所以　$T_B=T_C\frac{V_B}{V_C}=300\ \text{K}$

（2）各过程中气体所作的功分别为

$A \to B$：$A_1 = \dfrac{1}{2}(p_A + p_B)(V_B - V_C) = 400\ \text{J}$

$B \to C$ ：$A_2 = p_B(V_C - V_B) = -200\ \text{J}$

$C \to A$ ：$A_3 = 0$

（3）整个循环过程中：

气体所作总功： $A = A_1 + A_2 + A_3 = 200\ \text{J}$

气体内能增量 $\Delta E = 0$

气体总的吸热 $Q = A + \Delta E = 200J$

12　机械振动

一、选择题：

1、D　2、C　3、B　4、D　5、C

6、E　7、D　8、B　9、A

二、填空题：

1、$\frac{1}{12}T$ **；**　$\frac{1}{6}T$

2、$-\frac{\pi}{2}$　　**3、0**

4、$\frac{4\pi}{3}S$ **；**　$4.5cm/s^2$ **；**　$x = A\cos(1.5t - \frac{\pi}{2})$

5、B 和 C；　**B ；**　$\frac{\pi}{4}$

6、$-\frac{A}{2}$ **；**　正向　　**7、**$15\times10^{-2}\cos(6\pi t+\frac{\pi}{2})$

8、5×10^{-2}　　**9、**4×10^{-2} **；**　$\frac{\pi}{2}$

三．计算题：

1、物体的振动方程：$x = A\cos(\omega t+\theta)$，根据已知的初始条件得到：

$$\omega = 2\pi / T = \pi \qquad x = 10\cos(\pi t+\frac{\pi}{3})$$

物体的速度：$v = -10\pi\sin(\pi t+\frac{\pi}{3})$

物体的加速度：$a = -10\pi^2\cos(\pi t+\frac{\pi}{3})$

当：$x = -6.0\ cm$，$-6 = 10\cos(\omega t+\frac{\pi}{3})$，

$\cos(\omega t+\frac{\pi}{3}) = -\frac{3}{5}$，$\sin(\omega t+\frac{\pi}{3}) = \pm\frac{4}{5}$

根据物体向 **X** 轴的负方向运动的条件：

$$\sin(\omega t+\frac{\pi}{3}) = \frac{4}{5}$$

所以：$v = -8\pi\times10^{-2}\ m/s$，$a = 6\pi^2\times10^{-2}\ m/s^2$

2、解：由题已知 $A = 24\times10^{-2}\,\mathrm{m}, T = 4.0\,\mathrm{s}$

$$\therefore \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 0.5\pi \quad \mathrm{rad\cdot s^{-1}}$$

又，$t=0$ 时，$x_0 = +A, \therefore \varphi_0 = 0$

故振动方程为：

$$x = 24\times10^{-2}\cos(0.5\pi t)\mathrm{m}$$

(1)将 $t = 0.5\mathrm{s}$ 代入得

$$x_{0.5} = 24\times10^{-2}\cos(0.5\pi t)\mathrm{m} = 0.17\mathrm{m}$$

$$\begin{aligned} F &= -ma = -m\omega^2 x \\ &= -10\times10^{-3}\times(\frac{\pi}{2})^2\times0.17 \\ &= -4.2\times10^{-3}\,\mathrm{N} \end{aligned}$$

方向指向坐标原点，即沿 x 轴负向.

(2)由题知，$t = 0$ 时，$\varphi_0 = 0$，

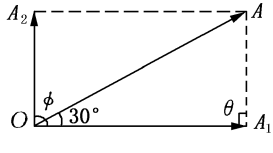
$$t = t\text{时} \qquad x_0 = +\frac{A}{2},\text{且}v < 0,\text{故}\varphi_t = \frac{\pi}{3}$$

$$\therefore \qquad t = \frac{\Delta\varphi}{\omega} = \frac{\pi}{3}/\frac{\pi}{2} = \frac{2}{3}\mathrm{s}$$

(3)由于谐振动中能量守恒，故在任一位置处或任一时刻的系统的总能量均为

$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2 \\ &= \frac{1}{2}\times10\times10^{-3}(\frac{\pi}{2})^2\times(0.24)^2 = 7.1\times10^{-4}\,\mathrm{J} \end{aligned}$$

3、由题意可做出旋转矢量图如下.



由图知：

$$
\begin{aligned}
A_2^2 &= A_1^2 + A^2 - 2A_1 A\cos 30^\circ \\
&= (0.173)^2 + (0.2)^2 - 2\times 0.173\times 0.2\times\sqrt{3}/2 \\
&= 0.01
\end{aligned}
$$

$\therefore$

$$A_2 = 0.1\text{m}$$

设角 AA_1O为θ，则 $A^2 = A_1^2 + A_2^2 - 2A_1A_2\cos\theta$

即：$\cos\theta = \dfrac{A_1^2 + A_2^2 - A^2}{2A_1A_2} = \dfrac{(0.173)^2 + (0.1)^2 - (0.02)^2}{2\times 0.173\times 0.1} = 0$

即$\theta = \dfrac{\pi}{2}$，这说明A_1与A_2间夹角为$\dfrac{\pi}{2}$，即二振动的位相差为$\dfrac{\pi}{2}$。

4、由曲线可知$A = 10cm$

$$t = 0\begin{cases} x_0 = -5 = 10\cos\varphi \\ v_0 = -10\omega\sin\varphi < 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = \frac{2}{3}\pi$$

由图可知质点由位移为$x_0 = -5cm$和$v_0 < 0$的状态到$x = 0$和$v > 0$的状态所需时间$t = 2s$代入振动方程得

$$0 = 10\cos(2\omega + \frac{2\pi}{3})$$

即$2\omega + \dfrac{2\pi}{3} = \dfrac{3\pi}{2}$ $\qquad \therefore \omega = \dfrac{5\pi}{12}$

故得： $x=0.1\cos(\frac{5\pi}{12}t+\frac{2\pi}{3})$

5、 $A=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos(\varphi_1-\varphi_2)}$

$$\varphi_2-\varphi_1=\arccos\frac{A^2-A_1^2-A_2^2}{2A_1A_2}=84.3°$$

6、 $\because \Delta\varphi=\frac{\pi}{3}\Leftrightarrow t=0.25s$

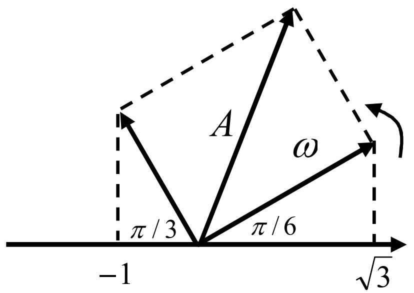
$\therefore T=3s$

$$\omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{4\pi}{3}$$

由旋转矢量法可知： $\varphi=\frac{\pi}{4}+\frac{\pi}{6}=\frac{5}{12}\pi$

$$A=2\sqrt{2}cm$$

$\therefore x(t)=2\sqrt{2}\cos(\frac{4}{3}\pi t+\frac{5}{12}\pi)cm$



13　波动学基础

一、选择题：

1、D	2、B	3、C	4、B
5、B	6、C	7、C	8、B
9、B	10、B	11、B	12、B
13、D	14、B	15、A	16、B

二、填空题：

1、物体的振动方程：

$$y_1 = A\cos[2\pi t/T + \phi]$$

$$y_2 = A\cos[2\boldsymbol{\pi}(t/T + x/\lambda) + \phi]$$

2、 $\lambda = 0.8\ m$；　$A = 0.2\ m$；　$\nu = 125Hz$

3、 $y_{P_2} = 0.04\cos(\pi t + \pi)$

4、 $y = 0.04\cos(0.4\pi t - 5\pi x - \dfrac{\pi}{2})$

5、 $\frac{2\pi}{5}$

6、 $0.06\sin(\frac{\pi t}{2}-\frac{5\pi}{4})$

7、 R_2^2/R_1^2

8、(1) $y=A\cos(\omega t+\pi-\frac{2\pi x}{\lambda})$

（2） $y'=A'\cos(\omega t-4\pi\frac{L}{\lambda}+\frac{2\pi}{\lambda}x)$

9、 0.5

10、相同，相同， $\frac{2\pi}{3}$

11、 5π

12、 1×10^2， 0.1

三、计算题：

1、 解：选 O 点为坐标原点，设入射波表达式为

$$y_1=A\cos[2\pi(\nu t-x/\lambda)+\phi]$$

则反射波的表达式是： $y_2 = A\cos[2\pi(\nu t - \frac{\overline{OP}+\overline{OP}-x}{\lambda} + \phi + \pi]$

合成波表达式（驻波）为：

$$y = 2A\cos(2\pi x/\lambda)\cos(2\pi\nu t + \phi)$$

在 $t=0$ 时， $x=0$ 处的质点 $y_0 = 0$，$(\partial y_0/\partial t) < 0$，

故得 $$\phi = \frac{1}{2}\pi$$

因此，D 点处的合成振动方程是

$$y = 2A\cos(2\pi\frac{3\lambda/4 - \lambda/6}{\lambda})\cos(2\pi\nu t + \frac{\pi}{2})$$

$$= \sqrt{3}A\sin 2\pi\nu t$$

2、 解: (1)由题图可知， $A = 0.1$ m， $\lambda = 4$ m，

又 $t=0$ 时， $y_0 = 0, v_0 < 0$，$\therefore \phi_0 = \frac{\pi}{2}$，

而 $u = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1}{0.5} = 2\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$， $\upsilon = \frac{u}{\lambda} = \frac{2}{4} = 0.5\ \ \mathrm{Hz}$，

$\therefore \omega = 2\pi\upsilon = \pi$

故波动方程为

$$y = 0.1\cos[\pi(t - \frac{x}{2}) + \frac{\pi}{2}]\ \mathrm{m}$$

(2)将 $x_P = 1m$ 代入上式，即得 P 点振动方程为：

$$y = 0.1\cos[(\pi t - \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2})] = 0.1\cos\pi t \text{ m}$$

3、 解: (1) $\because t = 0$ 时， $y_0 = 0, v_0 > 0$ ， $\therefore \phi_0 = -\frac{\pi}{2}$

故波动方程为

$$y = A\cos[2\pi\nu(t - \frac{x}{u}) - \frac{\pi}{2}] \text{ m}$$

(2) 入射波传到反射面时的振动位相为(即将 $x = \frac{3}{4}\lambda$ 代入) $-\frac{2\pi}{\lambda} \times \frac{3}{4}\lambda - \frac{\pi}{2}$，再考虑到波由波疏入射而在波密界面上反射，存在半波损失，所以反射波在界面处的位相为：

$$-\frac{2\pi}{\lambda} \times \frac{3}{4}\lambda - \frac{\pi}{2} + \pi = -\pi$$

若仍以 O 点为原点，则反射波在 O 点处的位相为：

$-\frac{2\pi}{3} \times \frac{\lambda}{4}\lambda - \pi = \frac{-5}{2}\pi$，因只考虑 2π 以内的位相角，

$\therefore$ 反射波在 O 点的位相为 $-\frac{\pi}{2}$，故反射波的波动方程为：

$$y_{反} = A\cos[2\pi\upsilon(t + \frac{x}{u}) - \frac{\pi}{2}]$$

此时驻波方程为：

$$y = A\cos[2\pi\upsilon(t - \frac{x}{u}) - \frac{\pi}{2}] + A\cos[2\pi\upsilon(t + \frac{x}{u}) - \frac{\pi}{2}]$$

$$= 2A\cos\frac{2\pi\upsilon x}{u}\cos(2\pi\upsilon t - \frac{\pi}{2})$$

故波节位置为：

$$\frac{2\pi \upsilon x}{u}=\frac{2\pi}{\lambda}x=(2k+1)\frac{\pi}{2}$$

故 $x=(2k+1)\frac{\lambda}{4}$ **(**$k=0,\pm1,\pm2,\cdots$**)**

根据题意，k **只能取** $0,1$**，即** $x=\frac{1}{4}\lambda,\frac{3}{4}\lambda$

4、 解：（1）由 P 点的运动方向，可判定该波向左传播，对原点 O 处质点，t=0 时，有

$$\begin{cases}\sqrt{2}A/2=A\cos\phi\\ v_0=-a\omega\sin\phi<0\end{cases}\qquad \therefore \phi=\frac{\pi}{4}$$

∴O 处振动方程为： $y_0=A\cos(500\pi t+\frac{\pi}{4})$

波动方程为： $y=A\cos[2\pi(250t+\frac{x}{200})+\frac{\pi}{4}](SI)$

（2）距 O 点 100m 处质点振动方程是

$$y_1=A\cos(500\pi t+\frac{5\pi}{4})(SI)$$

振动速度为

$$v=-500\pi A\sin(500\pi t+\frac{5\pi}{4})\quad \textbf{（SI）}$$

5、 解：已知 A=0.1m，T=1s，λ=8m，波沿 x 轴负向传播，

则波函数 y=0.1cos $[2\pi(t+\frac{x}{\lambda})+\phi_0]$在$x=\lambda/2$处有

$y = 0.1\cos(2\pi t + \pi + \phi_0)$而$\pi + \phi_0 = \dfrac{\pi}{4}$ $\therefore \phi_0 = -\dfrac{3}{4}\pi$

∴波函数为$y = 0.1\cos[2\pi(t + \dfrac{x}{8}) - \dfrac{3\pi}{4}]$

于是有(1) $x = \dfrac{\lambda}{4}$ **处的振动方程为** $y = 0.1\cos(2\pi t - \dfrac{\pi}{4})$

(2) $x = \dfrac{-\lambda}{4}$ **处的振动方程为** $y = 0.1\cos(2\pi t - \dfrac{5\pi}{4})$

其振动速度为 $\dfrac{dy}{dt} = -0.2\pi\sin(2\pi t - \dfrac{5\pi}{4})$

且 $\dfrac{dy}{dt}|_{t=\frac{T}{2}} = -0.2\pi\sin(\pi - \dfrac{5\pi}{4}) = 0.444ms^{-1}$

6、 解：（1） $L = 3\times\dfrac{\lambda}{2}$**，** $u = \lambda\upsilon$

$$\therefore L = \frac{3}{2}\frac{u}{\nu} = \frac{3}{2}\times\frac{320}{400} = 1.2m$$

(2)弦的中点是波腹，故：

$$y = 3\times10^{-3}\cos(\frac{2\pi x}{0.8})\cos(800\pi t + \phi)$$

式中Φ可由初始条件来选择。

7、 解：设鸣笛火车的车速为$v_1 = 20\ \mathrm{m/s}$**，接收鸣笛的火车车速为**$v_2 = 15\ \mathrm{m/s}$**，则两者相遇前收到的频率为**

$$\upsilon_1 = \frac{u + v_2}{u - v_1}\upsilon_0 = \frac{340 + 15}{340 - 20}\times600 = 665\ \ \mathrm{Hz}$$

两车相遇之后收到的频率为

$$\upsilon_1=\frac{u-v_2}{u+v_1}\upsilon_0=\frac{340-15}{340+20}\times 600=541\quad \text{Hz}$$

8、 解：由$v=\dfrac{u}{u-V_s}v_0$**知：**

$$\begin{cases}\text{驶向观察者时有}440=\dfrac{330}{330-V_S}v_0 & (1)\\ \text{离开观察者时有}392=\dfrac{330}{330+V_S}v_0 & (2)\end{cases}$$

两式联解得$392(330+v_s)=440(330-v_s)$

$\therefore v_s=19m/s$。

14 光的干涉

一．选择题：

1. B　　2. B　　3. A　　4. B　　5. C

6. B　　7. C　　8. B　　9. A

二．填空题：

1. $2\pi d\sin\varphi/\lambda$；　　**2.** $\lambda/2nl$；

3. $4I_0$；　　**4.** $1mm$；　　**5.** $n_1\theta_1=n_2\theta_2$

三．计算题：

1．解：反射光加强的条件为：$2nh-\dfrac{\lambda}{2}=k\lambda$，$k=0,1,2,\cdots$

$$\lambda=\frac{4nh}{2k+1}=\frac{4\times1.50\times0.4\times10^{-6}}{2k+1}=\frac{2.4\times10^{-6}}{2k+1}\,\mathrm{m}$$

在可见光范围内，$k=2$，$\lambda=480\,\mathrm{nm}$，反射加强。

透射光加强的条件是：$2nh=k\lambda$，$k=1,2,3,\cdots$

$\lambda = 2nh / k = 2\times 1.50\times 0.4\times 10^{-6} / k = 1.2\times 10^{-6}$ m

在可见光范围内，$k=2$**，**$\lambda = 600\,\mathrm{nm}$**；**$k=3$**，**$\lambda = 400\,\mathrm{nm}$**，透射加强。**

2．解：由$r_k^2 = \frac{2k-1}{2}R\lambda$**和**$r_{k+5}^2 = \frac{2(k+5)-1}{2}R\lambda$**可解得**

$$\lambda = \frac{r_{k+5}^2 - r_k^2}{5R} = \frac{d_{k+5}^2 - d_k^2}{20R} = 5.90\times 10^{-7}\ \mathrm{m} = 590\,\mathrm{nm}$$

3．解：（1）设第十个明环处液体厚度为e_{10}**，则**$2ne_{10} + \frac{1}{2}\lambda = 10\lambda$

$$e_{10} = (10\lambda - \frac{1}{2}\lambda)/2n = 19\lambda / 4n = 2.32\times 10^{-4}\,cm$$

(2) $R^2 = r_k^2 + (R - e_k)^2 = r_k^2 + R^2 - 2\mathrm{R}e_k + e_k^2$

因为$e_k \ll R$，略去e_k^2，得$r_k = \sqrt{2\mathrm{R}e_k}$

所以 $r_{10} = \sqrt{2\mathrm{R}e_{10}} = 0.373\,cm$

4．**解**：由于在一氧化硅-空气界面反射时有相位跃变π，所以反射光加强条件是$2nh+\lambda/2=k\lambda$。

$k=1$时有：$h_{\min}=\dfrac{\lambda}{4n}=70\ \mathbf{nm}$

5．**解**：透射光干涉加强的条件是：

$2nh-\lambda/2=k\lambda$，$k=0,1,2,\cdots$

$$h=\left(k+\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{2n}=(199.3k+99.6)\times10^{-9}\,m\text{。}$$

所以最薄需要$h=99.6nm$。

6. 解：(1) O 点处光强为：

$$I=I'+I'+2\sqrt{I'}\sqrt{I'}\cos\Delta\varphi=2I'(1+\cos\Delta\varphi)$$

其中，I'为通过狭缝的任意一束光在 **O** 点处的光强，$\Delta\varphi$为两束光在 **O** 点的相差。

当$d=0$时$\Delta\varphi=0$，$I=I_0$，代入上式，得 **O** 点处的光强为：

$I_0=2I'(a+\cos0)=4I'$

则 $$I'=\frac{I_0}{4}$$

到达 O 点的两束光的光程差$\delta=(n-1)d$**，则相位差为：**

$$\Delta\varphi=\frac{2\pi}{\lambda}\delta=\frac{2\pi}{\lambda}(n-1)d$$

所以：

$$I=2\times\frac{I_0}{4}\left[1+\cos\frac{2\pi}{\lambda}(n-1)d\right]=\frac{I_0}{2}\left[1+\cos\frac{2\pi}{\lambda}(n-1)d\right]$$

(2) 要使 O 点处的光强最小，即$I=0$**，须满足**

$$1+\cos\frac{2\pi}{\lambda}(n-1)d=0$$

则 $$\frac{2\pi}{\lambda}(n-1)d=(2k+1)\pi$$

所以 $$d=\frac{(k+\frac{1}{2})\lambda}{(n-1)}\quad(k=0,1,2,\cdots)$$

15　光的衍射

一．选择题：

1. C　　2. B　　3. D　　4. B

5. D　　6. B　　7. A　　8. D

二．填空题：

1. 4;　　**2.** $0.36mm$ **;**

3. 强，窄， $N-2$ **，** $N-1$ **;**

4. 5;　　**5. 6，第一级亮纹;**

6. 1，3;　　**7.** $14.7cm$ **(或**$14.4cm$**);**

8. 660

三．计算题：

1. 解：(1)对第一级极小： $a\sin\phi_1=\lambda$ **，** $\frac{x_1}{f}\approx\sin\phi_1=\frac{\lambda}{a}$

$$\therefore x_1=\frac{\lambda}{a}f=\frac{5000\times10^{-7}}{1.0}\times100cm=5\times10^{-2}cm$$

(2) 对第一级亮纹极大处：$a\sin\phi_1{}' = (2\times1+1)\dfrac{\lambda}{2}$，

则 $x_1' = \dfrac{3\lambda}{2a}f = \dfrac{3\times5000\times10^{-7}}{2\times1.0}\times100cm = 7.5\times10^{-2}cm$

(3) 对第三级极小：$a\sin\phi_3 = 3\lambda$，

则 $\dfrac{x_3}{f} \approx \sin\phi_3 = \dfrac{3\lambda}{a}$

$\therefore x_3 = \dfrac{3\lambda}{a}f = \dfrac{3\times5000\times10^{-7}}{1.0}\times100cm = 0.15cm$

2. 解：由 $x = ftg\phi \approx f\sin\phi$ 及光栅方程 $(a+b)\sin\phi = k\lambda$，

得：

$$\Delta x = x_2 - x_1 = f\frac{K}{a+b}(\lambda_1 - \lambda_2)$$
$$= \frac{2\times(5200-5000)\times10^{-10}}{0.002\times10^{-2}} = 2\times10^{-3}m$$

3. 解：**(1)** $(a+b) = \dfrac{K\lambda}{\sin\phi} = \dfrac{2\times6000\times10^{-10}}{0.20} = 6.0\times10^{-6}m = 6.0\mu m$

(2) 由 $\dfrac{(a+b)}{a} = \dfrac{4\lambda}{\lambda} = 4$，$a+b = 4a$，得 $a = \dfrac{a+b}{4} = 1.5\mu m$

（3）由 $\dfrac{(a+b)}{a} = \dfrac{k_{缺}}{k'}$，得 $k_{缺} = \dfrac{a+b}{a}k' = 4k'(k'=1, 2, \cdots)$

又因为$k_{缺} \le k_{\max} \le \dfrac{a+b}{\lambda} = \dfrac{6\times10^{-6}}{6000\times10^{-10}} = 10$

所以$k_{缺} = 4, 8,$ 屏上可出现$0,\pm1,\pm2,\pm3,\pm5,\pm6,\pm7,\pm9$级。

4. 解：因为$\begin{cases} d\sin\phi_1 = k_1\lambda_1 \\ d\sin\phi_2 = k_2\lambda_2 \end{cases}$

所以$\dfrac{\sin\phi_1}{\sin\phi_2} = \dfrac{k_1\lambda_1}{k_2\lambda_2} = \dfrac{2k_1}{3k_2}$

当两谱线重合时有$\phi_1 = \phi_2, \therefore \dfrac{k_1}{k_2} = \dfrac{3}{2} = \dfrac{6}{4} = \dfrac{9}{6}, \cdots$

第二次重合时$\dfrac{k_1}{k_2} = \dfrac{6}{4}$，所以$k_1 = 6,\ k_2 = 4$

由光栅公式可知

$d\sin60^0 = 6\lambda_1$，$d = 6\lambda_1/\sin60^0 = 3.05\times10^{-3}mm$

5．解：$\lambda = d\sin\theta_1 = \dfrac{10^{-2}\sin20^0}{6000} = 570nm$

第 2 级谱线的位置： $\theta_2 = \arcsin\dfrac{2\lambda}{d} = 43.2^0$

6. 解：(1) 干涉条纹的间距

$$\Delta x = \frac{f\lambda}{d} = 2.4\times10^{-3}m$$

(2) 单缝衍射中央亮条纹宽度为：

$$\Delta x' = \frac{2f\lambda}{a} = 2.4\times 10^{-2}\, m$$

(3) 中央亮条纹内干涉主极大数目为

$$N = \frac{\Delta x'}{\Delta x} - 1 = \frac{24}{2.4} - 1 = 9$$

7. 解：(1) $(a+b)\sin\theta = k_{\max}\lambda < (a+b)$

$k_{\max} < (a+b)/\lambda = 3.39$

所以最高级数 $k_{\max} = 3$

(2) $(a+b)(\sin 30^0 + \sin\theta') = k'_{\max}\lambda$

$k'_{\max} < (a+b)(\sin 30^0 + 1)/\lambda = 5.09$

所以 $k'_{\max} = 5$

