工科大学物理2复习

本章小结

1. 理想气体状态方程

$$pV = \frac{m}{M_{\mathrm{mol}}} RT$$

$$p = nkT$$

2. 理想气体压强公式

$$p = \frac{2}{3} n \left(\frac{1}{2} m\overline{v^2} \right)$$

$$p = \frac{2}{3} n \overline{E}_{\mathrm{k}}$$

3.温度的统计意义

$$\overline{E}_{\mathrm{k}} = \frac{3}{2} kT$$

4. 能量均分定理

$$E_{\mathrm{k}} = \frac{i}{2} kT$$

5. 理想气体的内能

$$E = \frac{m}{M_{mol}} \frac{i}{2} RT$$

6. 麦克斯韦速率分布函数

$$f(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} e^{-\frac{mv^2}{2kT}} v^2$$

7. 三种特征速率

(1) 最概然速率

$$v_p = \sqrt{\frac{2kT}{m}} = \sqrt{\frac{2RT}{M_{mol}}}$$

(2) 平均速率

$$\overline{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M_{mol}}}$$

(3) 方均根速率

$$\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{M_{mol}}}$$

6. 玻耳兹曼能量分布律

(1) 分子数密度按势能分布

$$n = n_0 \cdot \mathrm{e}^{-\frac{E_\mathrm{p}}{kT}}$$

(2) 分子数密度按高度分布

$$n = n_0 \cdot \mathrm{e}^{-\frac{mgz}{kT}}$$

(3) 等温气压公式

$$p = p_0 \mathrm{e}^{-\frac{M}{RT}gz}$$

7. 气体分子平均碰撞频率及平均自由程

$$\overline{Z} = \sqrt{2}\pi d^2 \overline{v} n$$

$$\overline{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n} = \frac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2 p}$$

本章小结

1. 功、热量、内能

(1) 准静态过程的功 $A = \int_{V_1}^{V_2} p \mathrm{d} V$

(2) 热量、内能 $Q = \dfrac{m}{M_{\mathrm{mol}}} \int_{T_1}^{T_2} C_{\mathrm{m}} \mathrm{d} T$

(3) 内能变化 $E_2 - E_1 = \dfrac{m}{M_{\mathrm{mol}}} \dfrac{i}{2} R(T_2 - T_1)$

功和热量是过程量，内能是状态量.

2. 热力学第一定律

$$Q = E_2 - E_1 + A$$

对微小的变化过程 $đQ = \mathrm{d}E + \mathrm{d}A$

3. 摩尔热容

$$C_m = \frac{1}{\nu} \lim_{\Delta T \to 0} \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

定体摩尔热容 $C_{V,m} = \frac{i}{2} R$

定压摩尔热容 $C_{p,m} = \frac{i+2}{2} R$

迈耶公式 $C_{p,m} = C_{V,m} + R$

比热容比 $\gamma = \frac{C_{p,m}}{C_{V,m}} = \frac{i+2}{i}$

4. 循环过程

热机效率 $\eta = \frac{A}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1}$,卡诺热机效率 $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$.

致冷系数 $\omega = \frac{Q_2}{|A|} = \frac{Q_2}{|Q_1| - Q_2}$,卡诺致冷系数 $\omega = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$.

5. 热力学第二定律

开尔文表述: 不可能从单一热源吸取热量，使它完全变为有用功而不引起其他变化，即功热转化是不可逆的.

克劳修斯表述:不可能使热量从低温物体传向高温物体而不引起其他变化，及热传递过程是不可逆的.

热力学第二定律的统计意义：自发宏观过程总是沿着系统热力学概率增大的方向进行，或者说自发宏观过程是沿着热运动更无序的方向进行的.

6. 熵

玻耳兹曼熵 $S = k \ln \Omega$.

克劳修斯熵 $\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{đQ}{T}$.

熵增加原理：对于孤立系统的任意过程，熵永不减少.

$$dS \geq 0 \begin{cases} \text{可逆过程} & dS = 0 \\ \text{不可逆过程} & dS > 0 \end{cases}$$

本章小结

1. 简谐振动方程

$$x(t) = A\cos(\omega t + \varphi)$$

2. 简谐振动的相位

$(\omega t + \varphi)$ 是 相位，决定 t 时刻简谐振动的运动状态.

3. 简谐振动的运动微分方程

$$\frac{\mathrm{d}^2 x}{\mathrm{d} t^2} + \omega^2 x = 0$$

4. 由初始条件振幅和初相位

$$A = \sqrt{x_0^2 + \frac{v_0^2}{\omega^2}} \qquad \varphi = \arctan\left(-\frac{v_0}{\omega x_0}\right)$$

5. 弹簧振子的能量

动能:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2(\omega t + \varphi)$$

势能:

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2\cos^2(\omega t + \varphi)$$

总机械能:

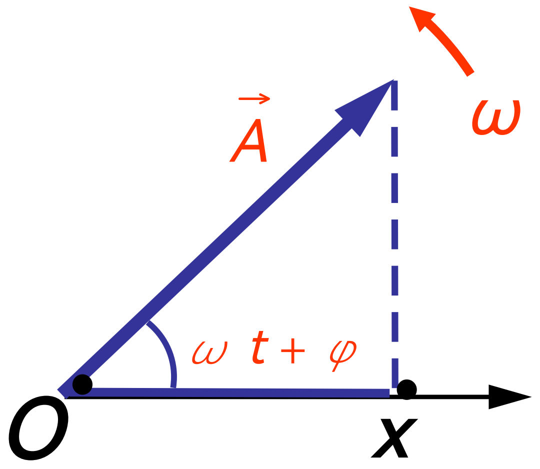
$$E = E_k + E_p = \frac{1}{2}kA^2$$

平均能量:

$$\overline{E}_k = \overline{E}_p = \frac{1}{2}E = \frac{1}{4}kA^2$$

6. 谐振动的旋转矢量表示

$$x(t) = A\cos(\omega t + \varphi)$$



7. 简谐谐振动的合成

(1) 同方向同频率谐振动的合成

合振动仍为简谐振动，和振动的振幅取决于两个分振动的振幅及相差，即

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

(2) 同方向不同频率谐振动的合成

当两个分振动的频率相差较小时，产生拍的现象，拍频为

$$\nu=\left|(\omega_2-\omega_1)/(2\pi)\right|=\left|\nu_2-\nu_1\right|$$

(3) 相互垂直的两个谐振动的合成

若两个分振动的频率相同，则合振动的轨迹一般为椭圆；若两个分振动的频率为简单整数比，则合振动的轨迹为李萨如图形.

8. 阻尼振动和受迫振动

(1) 阻尼振动

小阻尼 ($n^2 < \omega^2$)情况下，弹簧振子作衰减振动，衰减振动周期比自由振动周期长;

大阻尼($n^2 > \omega^2$)和临界阻尼($n^2 = \omega^2$)情况下，弹簧振子的运动是非周期性的，振子随着时间逐渐返回平衡位置。临界阻尼与大阻尼情况相比，振子能更快地返回到平衡位置.

(2) 受迫振动

在周期性驱动力作用下的振动。稳态时振动的角频率与驱动力的角频率相同;

当驱动力角频率 $\omega_r = \sqrt{\omega_0^2 - 2n^2}$ 时，振子振幅具有最大值，发生位移共振;

当驱动力角频率 $\omega_r = \omega_0$ 时，振子速度振幅具有最大值，系统发生速度共振.

本章小结

1. 机械波的产生和传播

(1) 机械波的产生条件：波源，弹性介质.

(2) 机械波是机械振动在弹性介质中的传播，是振动状态的传播，沿波传播方向介质中各质点的相位依次落后.

(3) 波长、周期、 频率、角波数和波速.

波长 (λ) : 同一波线上相位差为 2π 的质点之间的距离；即波源作一次完全振动，波前进的距离.

周期 (T) : 波前进一个波长距离所需的时间.

频率 (ν) : 单位时间内，波前进距离中完整波的数目.

角波数 (k) : 2π距离中完整波的数目 $k = 2\pi / \lambda$

波速 (u) : 振动状态在媒质中的传播速度.

波速与波长、周期(或频率) 的关系为: $uT = \lambda$ 或 $u = \nu\lambda$

2. 一维简谐波的波函数

$$y(x,t) = A\cos(\omega t \pm kx + \varphi_0)$$

$$= A\cos[2\pi(\nu t \pm \frac{x}{\lambda}) + \varphi_0]$$

$$= A\cos[2\pi(\frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda}) + \varphi_0]$$

$$= A\cos[\frac{2\pi}{\lambda}(ut \pm x) + \varphi_0]$$

其中，x前的±号由波的传播方向确定. 波沿 x正方向传播，取负号；波沿 x负方向传播，取正号.

3. 惠更斯原理

行进中的波面上任意一点都 可看作是新的子波源；所有子波源各自向外发出许多子波；各个子波所形成的包络面，就是原波面在一定时间内所传播到的新波面.

4. 波的干涉

频率相同、振动方向相同、相位差恒定的两列（或多列）波叠加时，其合振动的振幅 *A* 或合强度 *I* 将在空间形成一种稳定的分布.

当 $\Delta\varphi = \pm 2k\pi \qquad k = 0,1,2,\cdots$ 干涉加强

$\Delta\varphi = \pm(2k+1)\pi \qquad k = 0,1,2,\cdots$ 干涉相消

5. 波的能量

(1)平均能量密度: $\overline{w} = \dfrac{1}{T}\int_0^T w\,\mathrm{d}t = \dfrac{1}{2}\rho A^2\omega^2$

(2)波的强度: $I = u\overline{w}$

6. 驻波

两列等振幅相干波相向传播时叠加形成驻波.

驻波的波函数: $y = 2A\cos(2\pi\dfrac{x}{\lambda})\cdot\cos(2\pi\nu t)$

7. 多普勒效应

机械波的多普勒效应: $\nu = \dfrac{u + v_o}{u - v_S}\nu_0$

式中，u 和 v_s 分别为观察者、波源相对于介质的运动速度，相向运动为正，远离运动为负.

光波的多普勒效应: $\nu = \nu_0 \dfrac{\sqrt{1-(\frac{u}{c})^2}}{1+\frac{u}{c}\cos\theta}$

式中，u 为观察者、波源之间的相对运动速度，相向运动为负，远离运动为正.

本章小结

1. 光是电磁波

(1) 电磁波是横波

$$\vec{E} \perp \vec{H} \qquad \sqrt{\varepsilon} E = \sqrt{\mu} H$$

(2) 电磁波的传播速度

$$u = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon\mu}} = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_o \varepsilon_r \mu_o \mu_r}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}}$$

(3) 电磁波的能量

坡印亭矢量 $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$ 电磁波的强度 $I = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}} E_0^2$

2. 光波的叠加

(1) 两光波在空间一点*P*叠加的光强为

$$I_P = I_1 + I_2 + \underbrace{2 < \vec{E}_1 \cdot \vec{E}_2 >}_{\text{干涉项}}$$

(2) 相干叠加

两相干光在空间一点*P*相遇时， *P*点的光强为

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\Delta\varphi$$

◆当 $\Delta\varphi = \pm 2k\pi \quad (k = 0, 1, 2, \cdots)$ 时，光强最大，为

$$I_{max} = \left(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2}\right)^2$$ (若 $I_1 = I_2 = I_0$ ， $I_{max} = 4I_0$)

◆当 $\Delta\varphi = \pm(2k+1)\pi \quad (k = 0, 1, 2, \cdots)$ 时，光强最小，为

$$I_{min} = \left(\sqrt{I_1} - \sqrt{I_2}\right)^2$$ (若 $I_1 = I_2 = I_0$ ， $I_{min} = 0$)

(3) 非相干叠加

两非相干光在空间一点P相遇时， P点的光强为

$$I_P = I_1 + I_2$$

3. 杨氏双缝干涉

利用分波前法获得相干光产生的干涉，其干涉条纹是等间距的明暗相间的直条纹，相邻明(暗)条纹的间距为

$$\Delta x = \frac{D\lambda}{d}$$

4. 两相干光波到达空间一点P的光程差与相位差

$$\delta = n_2 r_2 - n_1 r_1 \qquad \Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0}\cdot\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0}(n_2 r_2 - n_1 r_1)$$

5. 薄膜干涉

利用分振幅法获得相干光产生干涉，两相干光的光程差为

$$\delta = \begin{cases} 2n_2 d\cos\gamma + \dfrac{\lambda}{2} & n_1 > n_3 > n_2 \quad \text{或} \quad n_1 < n_2, n_3 < n_2 \\ 2n_2 d\cos\gamma & n_1 > n_2 > n_3 \quad \text{或} \quad n_1 < n_2 < n_3 \end{cases}$$

当 $\delta = k\lambda$ 时，干涉相长；当 $\delta = (k + \frac{1}{2})\lambda$ 时，干涉相消.

6. 惠更斯—菲涅耳原理

波面上的各面元都可看作是相干的次波波源.它们发出的次波在空间各点相遇时，其各点的强度分布是所有次波相干叠加的结果.

$$E(P) = \int_{\Sigma} Fk(\varphi) \frac{\cos(\omega t - \frac{2\pi r}{\lambda})}{r} \mathrm{d}\Sigma$$

7. 单缝夫琅禾费衍射

(1) 暗纹条件

$$a \sin\varphi = \pm 2k \cdot \frac{\lambda}{2} \qquad k = 1, 2, 3, \ldots$$

(2) 明纹条件

$$a \sin\varphi = \pm (2k+1) \frac{\lambda}{2} \qquad k = 1, 2, 3, \ldots$$

(3) 单缝夫琅禾费衍射的光强公式

$$I_\varphi = I_m \left(\frac{\sin\alpha}{\alpha} \right)^2$$

8. 光学仪器的最小分辨角和分辨本领

最小分辨角 $\delta_\varphi = 1.22 \dfrac{\lambda}{D}$ ； **分辨本领** $R = \dfrac{1}{\delta_\varphi}$

9. 光栅衍射

(1) 光栅方程

$$d\sin\varphi = \pm k\lambda \qquad k = 0,1,2,\cdots$$

(2) 暗纹条件

$$d\sin\varphi = \pm \frac{m\lambda}{N} \qquad m \neq kN$$

(3) 缺级公式

$$k = \frac{d}{a}\cdot k' \qquad (k' \text{ 取非零整数})$$

其中，k是缺级主极大的级次，k'是单缝衍射暗纹的级数。

(4) 光栅衍射的光强公式

$$I_0 = I_m\left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2 \cdot \left(\frac{\sin\frac{N\delta}{2}}{\sin\frac{\delta}{2}}\right)^2$$

10. X射线的衍射

$$2d\sin\varphi = k\lambda \qquad k = 1, 2, 3, \cdots$$

其中，φ为入射X 射线与介质表面之间的夹角(掠射角)。

11. 马吕斯定律

$$I = I_0 \cos^2 \alpha$$

12. 布儒斯特定律

$$\tan i_B = \frac{n_2}{n_1}$$

13. 波晶片

光轴平行于晶面的单轴晶片称作波晶片。当一束单色线偏振光垂直入射波晶片时，通过波晶片的o光和e光的光程差和相位差为

$$\Delta L = \left| n_o - n_e \right| d \qquad \delta = \frac{2\pi}{\lambda} \left| n_o - n_e \right| d$$

本章小结

1. 黑体辐射

斯特藩—玻耳兹曼定律：$M_B(T)=\sigma T^4$

维恩位移定律：$T\lambda_m=b$

2. 普朗克量子假设和辐射公式

能量子：$\varepsilon=h\nu$

辐射公式：$$M_{B\lambda(T)}=\frac{2\pi hc^2\lambda^{-5}}{e^{hc/\lambda KT}-1}$$

3. 光电效应

遏止电压和光电子的最大初动能关系：$\frac{1}{2}mv_m^2=eU_a$

光电效应方程：$h\nu=A+\frac{1}{2}mv_m^2$

红限频率：$\nu_0=A/h$

4. 光的波粒二象性(爱因斯坦光子理论)

光子的能量： $\varepsilon = mc^2 = h\nu$

光子的动量： $p = mc = \dfrac{h}{\lambda}$

5. 康普顿效应

康普顿散射公式： $\Delta\lambda = \dfrac{2h}{m_0 c}\sin^2(\dfrac{\theta}{2})$

电子的康普顿波长： $\lambda_c = \dfrac{h}{m_0 c} = 0.0024\text{nm}$

6. 氢原子光谱

波数公式： $\tilde{\nu} = \dfrac{1}{\lambda} = R_H(\dfrac{1}{m^2} - \dfrac{1}{n^2}) \qquad (n > m)$

辐射公式： $\nu = \dfrac{|E_k - E_n|}{h}$

角动量量子化条件： $L = mvr = n\dfrac{h}{2\pi} \qquad (n = 1,2,3,\cdots)$

7. 微观粒子的波粒二象性和不确定关系

德布罗意波关系式: $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$

不确定关系: $\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$ $\quad \Delta E \ \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$

8. 薛定谔方程

定态薛定谔方程: $\nabla^2 \psi + \frac{2m}{\hbar^2}(E - V)\psi = 0$

波函数Ψ应满足单值、有限、连续等条件，薛定谔方程是量子力学的基本方程.

一维无限深势阱中的粒子: $\psi = \pm\sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{n\pi}{a} x, \quad n = 1,2,3,\cdots$

$$E_n = \frac{h^2}{8ma^2} \cdot n^2, \quad n = 1,2,3,\cdots$$

9. 四个量子数

主量子数：　　$n = 0,1,2,3, \ldots$

副量子数(角量子数)：　$l = 0, 1, 2, \ldots, n-1$

磁量子数：$m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots, \pm l$

自旋磁量子数：　　$m_s = \pm \frac{1}{2}$

四个量子数是描述原子中核外电子状态的参数。

10. 晶体结构的最基本特征

组成晶体的离子、原子或分子按照一定的方式不断作周期性重复排列,构成长程有序。

11. 固体能带结构

*N*个相同原子组成晶体时，晶体中每个原子原有的每一能级都分裂为*N*个密集能级，形成能带.

能带与能带之间既可能以禁带相隔，也可能相接或重迭.

满带：填满电子的能带，满带电子不参与导电;

导带：部分填充电子的能带，导带中的电子参与导电;

空带：没有电子的能带;

价带：由价电子能级分裂而形成的能带，价带可以是满带或导带.

12. 绝缘体、导体和半导体

绝缘体的价带是满带，且价带与空带之间有较宽的禁带.

导体的价带不满或价带和空带重迭或相接.

半导体的价带是满带，但价带与空带之间的禁带宽度较小 (约1eV或更小) .

13. 半导体

本征半导体：没有杂质和缺陷的理想半导体.参与导电的电子和空穴数目相等.

n 型半导体：参与导电的载流子主要是从施主能级跃迁到导带中去的电子.

p 型半导体：参与导电的载流子主要是满带中产生的空穴.

14. 激光器的基本组成：激光工作物质、激励能源和谐振腔.

激光工作物质、激励能源和谐振腔.

15. 实现激光的两个必要条件

介质内部实现粒子数反转和满足阈值条件.

16. 激光的纵模数 $N = \dfrac{\Delta \nu}{\Delta \nu_k}$

17. 激光特性

激光的三个主要特性为：高定向性、高单色性、高亮度.

新 年 快 乐！