考前集中答疑

14日周六：上午8:30-11:00，下午13:30-16:00

15日周日：上午8:30-11:00

地点： 二区主楼三楼公共自习区

力学

内 容 总 结

一、质点运动学

二、质点动力学

三、刚体力学

一、质点运动学

质点的运动

运动的绝对性、相对性，选择参考系，建立坐标系，选择计时零点

描述运动的物理量

位矢：$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$

位移：$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$

速度：$\vec{v} = \mathrm{d}\vec{r} / \mathrm{d}t$

加速度：$\vec{a} = \mathrm{d}\vec{v} / \mathrm{d}t$

角位移：$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$

角速度：$\omega = \mathrm{d}\theta / \mathrm{d}t$

角加速度：$\beta = \mathrm{d}\omega / \mathrm{d}t$

线量与角量的关系

$v = R\omega \quad a_t = R\beta \quad a_n = R\omega^2$

描述运动的方法

解析法

运动函数：$\vec{r} = \vec{r}(t)$

直角坐标系中：

$\vec{r} = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}$

微分 积分

速度：$\vec{v} = \vec{v}(t)$

微分 积分

加速度：$\vec{a} = \vec{a}(t)$

质点运动问题的求解

注意：矢量性、瞬时性、相对性

几种常见的运动

加速度：$\vec{a} = \vec{a}(t)$

匀速直线运动

$\vec{a} = 0$

$(a_\tau = 0)$

$(a_n = 0)$

匀变速直线运动

$\vec{a} \neq 0$

$(a_\tau = \text{const})$

$(a_n = 0)$

匀速圆周运动

$\vec{a} \neq 0$

$(a_\tau = 0)$

$(a_n = v^2 / R \neq 0)$

变速圆周运动

$\vec{a} \neq 0$

$(a_\tau = \mathrm{d}v / \mathrm{d}t \neq 0)$

$(a_n = v^2 / R \neq 0)$

曲线运动

$\vec{a} \neq 0$

$(a_\tau = \mathrm{d}v / \mathrm{d}t)$

$(a_n = v^2 / \rho)$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$
$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \tfrac{1}{2}\vec{a}t^2$$
$$v^2 = v_0^2 + 2a(r - r_0)$$

$\Longleftrightarrow$

匀变速圆周运动

$$\omega = \omega_0 + \beta t$$
$$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \tfrac{1}{2}\beta t^2$$
$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\beta(\theta - \theta_0)$$

斜抛运动

$$x = (v_0 \cos\theta)t$$
$$y = (v_0 \sin\theta)t - \tfrac{1}{2}gt^2$$

二. 质点动力学

1. 牛顿运动定律

牛顿运动定律

第一定律

惯性

力

第二定律

$$\vec{F}=\frac{\mathrm{d}\vec{p}}{\mathrm{d}t},\ \vec{p}=m\vec{v}$$

$$\vec{F}=m\vec{a}$$

第三定律

$$\vec{F}_{12}=-\vec{F}_{21}$$

解题步骤

关键是加速度

① 认物体
② 看运动
③ 分析力
④ 列方程
⑤ 求解、讨论

质点运动微分方程

$$\vec{F}=\frac{\mathrm{d}\vec{p}}{\mathrm{d}t}=m\vec{a}$$

$$=m\frac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}=m\frac{\mathrm{d}^2\vec{r}}{\mathrm{d}t}$$

直角坐标系分量式

$$\begin{cases}F_x=ma_x\\F_y=ma_y\\F_z=ma_z\end{cases}$$

$$F_n=ma_n$$

概括为：“四个什么”
什么物体，在什么力作用下，
对什么参考系，作什么运动。

二. 质点动力学

2. 力对物体的累积效应

力的空间累积效应

力的功

$dA = \vec{F} \cdot \mathrm{d}\vec{r}$

动能

$E_{\mathrm{k}} = \frac{1}{2} m v^2$

保守力作功

$\oint_L \vec{F}_{保} \cdot \mathrm{d}\vec{r} = 0$

势能

机械能

质点的动能定理

$A = E_{\mathrm{kB}} - E_{\mathrm{kA}} = = \Delta E_k$

质点系的动能定理

$A_{总} = E_{\mathrm{kB}} - E_{\mathrm{kA}} = = \Delta E_k$

质点系的功能定理

$A_{外力} + A_{非保守内} = E - E_0 = \Delta E$

系统机械能守恒

$E_{\mathrm{k}} + E_{\mathrm{p}} = E_{\mathrm{k0}} + E_{\mathrm{p0}}$

条件：$A_{外力} + A_{非保守内} = 0$

力的时间累积效应

力的冲量

$\vec{I} = \int_0^t \vec{F} dt$

动量

$\vec{p} = m\vec{v}$

质点的动量定理

$\vec{I} = \int_0^t \vec{F} dt = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$

质点系动量定理

$\vec{I} = \int_0^t \vec{F} dt = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$

系统动量守恒

$\sum_i m_i \vec{v}_i = \sum_i m_i \vec{v}_{i0}$

条件：$\sum_i \vec{F}_i = 0$

三. 刚体力学

刚体的运动

- 刚体的平动
- 刚体的定轴转动
- 平动+转动

刚体的定轴转动

定轴转动运动学

- 角位置 $\theta(t)$
- 角位移 $\Delta\theta$
- 角速度 $\omega=\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}$
- 角加速度 $\beta=\dfrac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t}$
- 匀变速转动
  $\omega=\omega_0+\beta t$
  $\theta=\theta_0+\omega_0 t+\frac{1}{2}\beta t^2$
  $\omega^2=\omega_0^2+2\beta(\theta-\theta_0)$
- 线量与角量的关系
  $v=R\omega \quad a_t=R\beta \quad a_n=R\omega^2$

定轴转动动力学

- 力矩 $\vec{M}=\vec{r}\times\vec{F}$
- 转动惯量 $J=\int r^2\,\mathrm{d}m$
- → 转动定理 $M=J\beta$

定轴转动功能关系

- 力矩的功 $A=\int_{\theta_1}^{\theta_2}M\mathrm{d}\theta$
- 转动动能 $E_k=\frac{1}{2}J\omega^2$
- → 动能定理
  $A=\int_{\theta_1}^{\theta_2}M\mathrm{d}\theta=\int_{\omega_1}^{\omega_2}J\omega\mathrm{d}\omega$
  $=\frac{1}{2}J\omega_2^2-\frac{1}{2}J\omega_1^2$

角动量定理 角动量守恒

- 冲量矩 $\int_{t_1}^{t_2}\vec{M}\mathrm{d}t$
- 角动量 $\vec{L}=\vec{r}\times\vec{p}$ $=J\vec{\omega}$
- → 角动量定理
  $\int_{t_1}^{t_2}\vec{M}\mathrm{d}t=\vec{L}_2-\vec{L}_1$
  $=J\vec{\omega}_2-J\vec{\omega}_1$
- → 角动量守恒
  条件：$\vec{M}=0$
  $J\vec{\omega}$=衡量

质点运动与刚体定轴转动的对照

质点运动		刚体定轴转动	
速度 加速度	$\vec{v}=\frac{d\vec{r}}{dt}$ $\vec{a}=\frac{d\vec{v}}{dt}=\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$	角速度 角加速度	$\omega=\frac{d\theta}{dt}$ $\alpha=\frac{d\omega}{dt}=\frac{d^2\theta}{dt^2}$
力	$\vec{F}$	力矩	$\vec{M}$
质量	m	转动惯量	J
动量	$\vec{P}=m\vec{v}$	角动量	$L=J\omega$
运动定律	$\vec{F}=m\vec{a}$	转动定律	$M=J\alpha$
动量定理	$d\vec{p}=\vec{F}dt$ $\int\vec{F}dt=\vec{p}-\vec{p}_0$	角动量定理	$dL=Mdt$ $\int Mdt=J_2\omega_2-J_1\omega_1$
功	$dA=\vec{F}\cdot d\vec{r}$	力矩的功	$dA=Md\theta$
功率	$P=\vec{F}\cdot\vec{v}$	力矩的功率	$P=M\omega$
动能	$E_K=\frac{1}{2}mv^2$	转动动能	$E_K=\frac{1}{2}J\omega^2$
动能定理	$\int\vec{F}\cdot d\vec{r}=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mv_0^2$	动能定理	$\int Md\theta=\frac{1}{2}J\omega^2-\frac{1}{2}J\omega_0^2$

动量守恒定律 $\mathbf{F}^{ex}=0$

$$\sum m_i v_i = 恒量$$

角动量守恒定律：$\mathbf{M}^{ex}=0$

$$\sum J\omega = 恒量$$

机械能守恒定律

$$A_{外}+A_{非}=0$$

$$E_k+E_p=恒量$$

机械能守恒定律

$$A_{外}+A_{非}=0$$

$$E_{k转}+E_{k平}+E_p=恒量$$

电磁学

内 容 总 结

第七章 静电学

一、基本概念

1. 电场强度

$$\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q_0}$$

- 点电荷的电场强度

$$\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q_0}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}\vec{r}_0$$

- 连续分布带电体的电场强度

$$\vec{E}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int\frac{\mathrm{d}q}{r^2}\vec{r}_0$$

2. 电通量

$$\mathrm{d}\Phi_\mathrm{e}=\vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{S}\qquad\Phi_\mathrm{e}=\int_S\mathrm{d}\Phi_\mathrm{e}=\int_S\vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{S}$$

3. 电势：

$$U_p = \frac{A}{q_0} = \int_p^{(0)} \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{l}$$

- 电势差

$$\Delta U = U_A - U_B = \int_A^B \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{l}$$

- 点电荷的电势

$$U = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

- 连续分布电荷的电势

$$U_P = \int_q \frac{\mathrm{d}q}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

电场强度与电势的关系

$$\vec{E} = -\nabla U = -\frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}n}\vec{n}_0$$

$$= -\left(\frac{\partial U}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial U}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial U}{\partial z}\vec{k}\right)$$

4. 电势能：

$$W_a = \int_a^{(0)} q\vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{l} = qU_a$$

二、基本规律

1. 真空中的静电场

$$\left.\begin{array}{l}\vec{F}=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q_1q_2}{r^2}\vec{r}_0\\[2ex]\vec{E}=\vec{F}/q_0\\[2ex]\vec{E}=\sum\vec{E}_i\end{array}\right]\rightarrow\vec{E}=\sum_i\frac{q_i\vec{r}_{0i}}{4\pi\varepsilon_0r_i^2}\rightarrow\left[\begin{array}{l}\oint_S\vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{s}=\dfrac{\sum q_{内}}{\varepsilon_0}\\[2ex]\oint_L\vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{l}=0\end{array}\right.$$

$$\boldsymbol{U_P}=\int_{(\boldsymbol{P})}^{(\boldsymbol{P}_0)}\vec{\boldsymbol{E}}\cdot\mathrm{d}\vec{\boldsymbol{l}}$$ +电荷守恒定律

(1). 求静电场的方法：

求 $\vec{E}$

- 场强叠加法
- 高斯定理法 $\quad \oint_S \vec{E}\cdot d\vec{s} = \dfrac{\sum q_{内}}{\varepsilon_0}$
- 补偿法

求U

- 场强积分法：$U_p = \int_{(P)}^{(P_0)} \vec{E}\cdot d\vec{l}$,

  （E分段，积分也要分段）
- 叠加法：$U = \sum_i U_i$（零点要同）；

  $U = \int_q \dfrac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r}$，（$U_\infty = 0$）。

(2). 几种典型电荷分布的 $\vec{E}$ 和 U

点电荷（? ）

均匀带电球面（? ）

均匀带电球体（? ）

均匀带电无限长直线（? ）

均匀带电无限大平面（? ）

均匀带电细圆环轴线上一点（? ）

无限长均匀带电圆柱面（? ）

均匀带电球面：

$$\begin{cases} 0 & (r < R) \\ E = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{Q}{r^2} & (r > R) \end{cases}$$

$$\begin{cases} U = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{Q}{R} & (r \le R) \\ U = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{Q}{r} & (r > R) \end{cases}$$

均匀带电球体：

$$\begin{cases} E = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{Qr}{R^3} & (r < R) \\ E = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{Q}{r^2} & (r > R) \end{cases}$$

均匀带电半径为***R***的细圆环轴线上一点：

$$E=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qx}{(x^2+R^2)^{3/2}}$$

$$U=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{(x^2+R^2)^{1/2}}$$

无限长均匀带电平面两侧：

$$E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

无限长均匀带电直线：

$$E=\frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{r}$$

2. 导体的静电平衡

静电平衡---导体内部和表面无电荷定向移动

导体表面场强垂直表面

推论：静电平衡时, 导体是个等势体，导体表面是个等势面.

有导体存在时静电场的分析与计算

电场 $\rightleftarrows$ 导体上的电荷重新分布

相互影响

利用：静电场的基本规律（高斯定理和环路定理）

静电场的叠加原理

电荷守恒定律

导体的静电平衡条件

电容：表征导体和导体组静电性质的一个物理量

孤立导体的电容

$$C = \frac{Q}{U}$$

孤立导体球的电容 $C = 4\pi\varepsilon_0 R$

电容器的电容

$$C = \frac{Q}{U_A - U_B} = \frac{Q}{\Delta U}$$

平行板电容器

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{d}$$

同心球形电容器

$$C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R_1 R_2 / (R_2 - R_1)$$

同轴柱形电容器

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r L}{\ln R_2 / R_1}$$

3. 静电场中的电介质

电介质对电场的影响 $\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}'$

电位移矢量 $\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \vec{E}$

有电介质时的高斯定理： $\oiint_S \vec{D} \cdot \mathrm{d}\vec{S} = q_0 = \sum_i q_{0i}$

在解场方面的应用,在具有某种对称性的情况下,可以首先由高斯定理解出:

思路 $\vec{D} \Rightarrow \vec{E}$

4. 静电场的能量

电容器的能量：

$$W=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}=\frac{1}{2}CU^2=\frac{1}{2}QU\quad\left(U=U_A-U_B\right)$$

静电场的能量密度

$$\omega_e=\frac{1}{2}\varepsilon E^2=\frac{1}{2}\varepsilon_0\varepsilon_r E^2$$

$$=\frac{1}{2}DE=\frac{1}{2}\vec{D}\cdot\vec{E}$$ 对任意电场都适合

静电场的能量 $W_e=\int_V \omega_e dV$

稳恒磁场与电磁相互作用

一、 磁感应强度 $\vec{B}$的计算

1) 叠加法或积分法：电流元的磁场分布 $\mathrm{d}\vec{B}=\dfrac{\mu_0 I\mathrm{d}\vec{l}\times\hat{r}_0}{4\pi r^2}$

2) 应用安培环路定理： $\boxed{\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0\sum_{(L)} I_{i内}}$

3) 典型磁场：

长直导线的磁场: $B=\dfrac{\mu_0 I}{4\pi r}(\cos\theta_1-\cos\theta_2)$ （有限长）

$$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$ （无限长）

$$B=\frac{\mu_0 I}{4\pi r}$$ （半限长）

圆电流轴线上：$B=\dfrac{\mu_0 I}{2}\dfrac{R^2}{(x^2+R^2)^{3/2}}$ （方向沿轴线方向）

圆电流中心：$$\boxed{B=\frac{\mu_0 I}{2R}}$$

圆弧电流中心（θ为圆心角）：$B=\dfrac{\mu_0 I\theta}{4\pi R}$

载流圆柱体：$$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi R^2}\cdot r,(r\le R)$$

$$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi}\cdot\frac{1}{r},(r\ge R)$$

$$B=0\quad (r=0)$$

通电螺线管: $\boxed{B=\mu_0 nI}$ （无限长管内任一点）

$$B=\frac{1}{2}\mu_0 nI$$ （半限长面中心处）

无限大均匀载流平面:

$$B=\frac{\mu_0}{2}i$$ i **为线电流密度**

二、磁场的性质

1. 高斯定理: $\oiint_S \vec{B}\cdot d\vec{s}=0,$ $\nabla\cdot\vec{B}=0$ **无源场;**

2. 安培环路定理: $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0\sum_{(L包围)} I$ $\nabla\times\vec{B}=\mu_0\vec{j}$ **有旋场;**

三、 磁场力

1. 运动电荷受力: $\boxed{\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}}$

2. 电流元受力: $\boxed{\mathrm{d}\vec{F} = I\mathrm{d}\vec{l} \times \vec{B}}$ $\quad \vec{F} = \int_L I\mathrm{d}\vec{l} \times \vec{B}$

3. 载流线圈受磁力矩: $\boxed{\vec{M} = I\vec{S} \times \vec{B} = \vec{m} \times \vec{B}}$

磁矩: $\boxed{\vec{m} = I\vec{S}}$

(N匝 $\vec{m} = NI\vec{S}$)

4. 磁力(矩) 的功: $W = I\Delta\phi_m = I(\phi_{m2} - \phi_{m1})$

四、 磁介质

磁介质中的高斯定理： $\oiint_s \vec{B}\cdot d\vec{s} = \oiint_s (\vec{B}_0 + \vec{B}')\cdot d\vec{s} = 0$

磁介质中的安培环路定理： $\boxed{\oint \vec{H}\cdot d\vec{l} = \sum_{(L包围)} I_{传}}$

各向同性均匀介质中： $\boxed{\vec{B} = \mu_r \mu_0 \vec{H} = \mu \vec{H}}$

电磁感应

1. 感应电动势

法拉第电磁感应定律 $\varepsilon_i = -\dfrac{\mathrm{d}\psi}{\mathrm{d}t}$ （楞次定律和符号规则）

动生电动势 $\varepsilon_i = \displaystyle\int_{(a)}^{(b)} (\vec{v}\times\vec{B})\cdot \mathrm{d}\vec{l}$ （搞清两个夹角）

感生电动势 $\varepsilon_i = -\dfrac{\mathrm{d}\Phi_m}{\mathrm{d}t} = -\displaystyle\iint_S \dfrac{\partial \vec{B}}{\partial t}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = \int_L \vec{E}_k \cdot \mathrm{d}\vec{l}$

$\vec{E}_K$：感生电场（非保守场）

2. 自感和互感

$$\begin{cases} L = \dfrac{\psi}{i} \\ \varepsilon_L = -L\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} \\ W_m = \dfrac{1}{2}Li^2 \end{cases} \qquad \begin{cases} M = \dfrac{\psi_{12}}{i_2} = \dfrac{\psi_{21}}{i_1} \\ \varepsilon_{12} = -M\dfrac{\mathrm{d}i_2}{\mathrm{d}t} \\ \varepsilon_{21} = -M\dfrac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t} \end{cases}$$

3. 磁场能量

$$\mathrm{w}_m = \frac{1}{2}\vec{B}\cdot\vec{H} = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\underset{\uparrow \text{各向同性}}{\mu_0\mu_r}} = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu} = \frac{1}{2}\mu_0\mu_r H^2,$$

$$W_m = \int_V w_m \,\mathrm{d}v$$

电磁波理论

1. 两个假说

涡旋电场 $\oint_L \vec{E}_R \cdot \mathrm{d}\vec{l} = -\iint_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot \mathrm{d}\vec{S}$

位移电流 $I_\mathrm{d} = \int_S \vec{j}_\mathrm{d} \cdot \mathrm{d}\vec{S} = \int_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot \mathrm{d}\vec{S}$

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \vec{E}$$
$$\vec{B} = \mu_0 \mu_r \vec{H}$$
$$\vec{j}_c = \gamma \vec{E}$$

2、麦克斯韦方程组

- **静电场高斯定理** $\oiint_S \vec{D} \cdot \mathrm{d}\vec{S} = \sum_{S内} q_{0i}$ $\qquad \nabla \cdot \vec{D} = \rho$
- **电场环流定理** $\oint_L \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{l} = -\iint_S \frac{\mathrm{d}\vec{B}}{\mathrm{d}t} \cdot \mathrm{d}\vec{S}$ $\qquad \nabla \cdot \vec{B} = 0$
- **磁场高斯定理** $\oiint_S \vec{B} \cdot \mathrm{d}\vec{S} = 0$ $\vec{E}$ $\qquad \nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$
- **安培环路定理** $\oint_L \vec{H} \cdot \mathrm{d}\vec{l} = I_c + I_d$ $\qquad \nabla \times \vec{H} = \vec{j}_c + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$

振动、波动

内 容 总 结

一、机械振动

1. 简谐振动的运动学方程, 速度、加速度

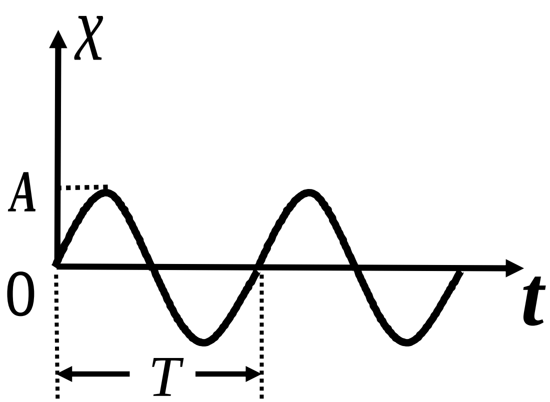
$$x = A\cos(\omega t + \varphi)$$

$$v = -A\omega\sin(\omega t + \varphi)$$

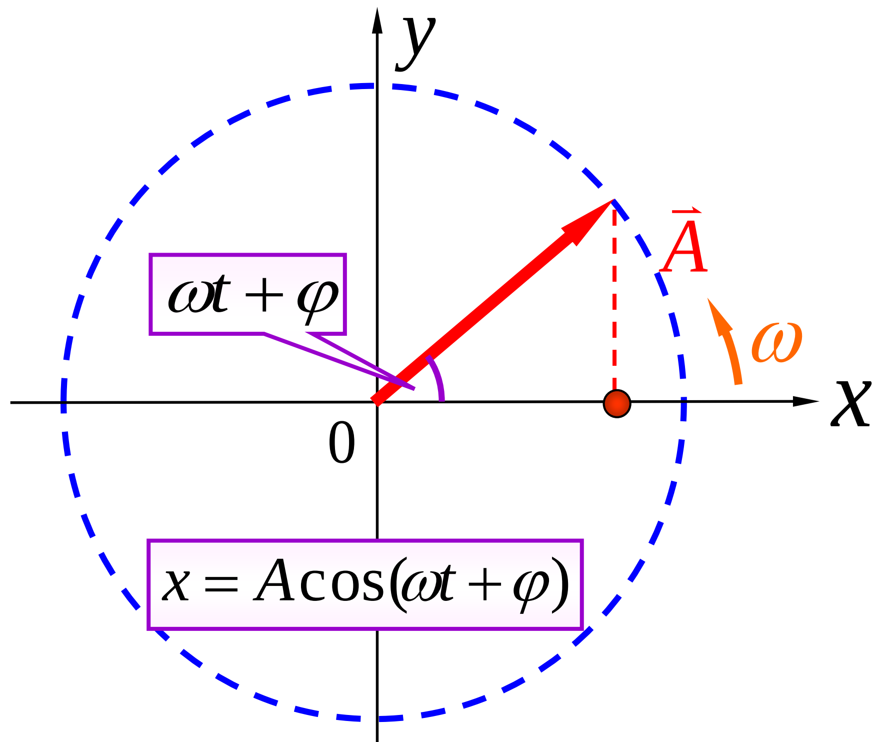
各物理量的确定！

$$a = -A\omega^2\cos(\omega t + \varphi)$$

2. 简谐振动的描述



振动曲线法



旋转矢量法

3.简谐振动的能量

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

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

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

4.同方向、同频率简谐运动的合成

$$x = x_1 + x_2 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1) + A_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$$

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

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

$$\tan\varphi = \frac{A_1 \sin\varphi_1 + A_2 \sin\varphi_2}{A_1 \cos\varphi_1 + A_2 \cos\varphi_2}$$

基本题型：

1、已知振动方程，求特征参量（振幅、周期、频率、初相位）

2、已知条件（或者振动曲线），建立振动方程

3、证明、判断一个物体的振动是否是简谐振动

(1). 动力学判据： $F=-kx$ $\quad \frac{d^2x}{dt^2}+\omega^2 x=0$

(2). 运动学判据： $x(t)=A\cos(\omega t+\phi_0)$ $\quad \varphi_0=\arctan(-\frac{v_0}{\omega x_0})$

(3). 能量判据 振动系统机械能守恒

$$\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}kx^2=\text{恒量}$$

4、简谐振动的合成 ：解析法、旋转矢量法

二、机械波

1. 平面简谐波波函数的建立

$$y = A\cos[\omega(t-\frac{x}{u})+\varphi_0] = A\cos\left[2\pi\left(\nu t-\frac{x}{\lambda}\right)+\varphi_0\right]$$

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

2. 波动过程是能量的传播过程

单位体积内波的能量,即能量密度为:

$$\boldsymbol{w = \rho\omega^2 A^2 \sin^2 \omega(t-\frac{x}{u})}$$

4 . 波的干涉

(1) 波的干涉条件:

频率相同、振动方向相同、相位差恒定.

(2)相干区域各点振动的振幅

$$A=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos[\varphi_{20}-\varphi_{10}-\frac{2\pi}{\lambda}(r_2-r_1)]}$$

★**(3)相干加强和减弱的条件**

$$\Delta\varphi_0=\varphi_{20}-\varphi_{10}-\frac{2\pi}{\lambda}(r_2-r_1)=\begin{cases}\pm 2k\pi & \text{加强}A=A_1+A_2\\ \pm(2k+1)\pi & \text{减弱}A=\left|A_1-A_2\right|\end{cases}$$

其中：k=0,1,2,3⋯ ⋯

当$\varphi_{10}=\varphi_{20}$时,干涉点的相位差$\Delta\varphi$由波程差$\delta=r_2-r_1$决定。

4.驻波：两列振幅相同的相干波,在同一直线上,沿相反方向传播时所产生的叠加：

$$y_1 = A\cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x\right) \qquad y_2 = A\cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}x\right)$$

$$y = y_1 + y_2$$

驻波方程 $y = \left(2A\cos\frac{2\pi}{\lambda}x\right)\cos\omega t$ 振幅 $A' = \left|2A\cos\frac{2\pi}{\lambda}x\right|$

注意波的反射，由

波密介质射入波疏介质，或反射点处为固定端，则在反射点处反射波相对入射波产生

半波损失（相位跃变）

基本题型：

1. 已知波动方程，求有关的物理量

平面简谐波方程：$y = A\cos[\omega(t - \dfrac{x}{u}) + \varphi_0]$

$$= A\cos\left[\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x + \varphi_0\right]$$

(1) 求波长、周期、波速和初相位

(2) 求波动曲线上某一点的振动方程

(3) 画出某时刻的波形曲线

2. 由已知条件建立波动方程

(1) 已知波动曲线上某一点的振动状态

(2) 已知某一时刻的波形曲线

3. 波的传播及叠加

(1). 波的不同方向传播的描述

(2). 半波损失

(3). 波的叠加（干涉、驻波）

波动光学

内 容 总 结

光的干涉

光的干涉： 满足**相干条件**的两束光在空间相遇时，形成光强的**非均匀的稳定分布。**

1. 光的相干条件： 频率相同、振动方向相同、位相差恒定

2. 获得相干光的方法

分波阵面法：**杨氏双缝干涉**、劳埃镜、菲涅耳双棱镜

分振幅法：**等厚干涉**、等倾干涉等

掌握

1. 光的干涉加强和减弱的光程差条件

2. 杨氏双缝干涉

明纹和暗纹条件：

$$\delta = d\frac{x}{D} = \begin{cases} \pm k\lambda & \text{明}\quad (k=0,1,2,\cdots) \\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗}\quad (k=0,1,2,3,\cdots) \end{cases}$$

明、暗纹位置

$$x = \begin{cases} \pm\dfrac{D}{d}k\lambda & \text{明}\quad (k=0,1,2,\cdots) \\ \pm\dfrac{D}{d}(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗}\quad (k=1,2,3,\cdots) \end{cases}$$

条纹间距： $\Delta x = \dfrac{D}{d}\lambda$

条纹分布特点：

中央明纹两侧对称分布着明暗相间、等宽等间距的与双缝平行的直条纹。各级明纹强度相同。离中央明纹越远的条纹，其级数越高。

3. 等倾干涉

反射光干涉的条件公式:

$$\delta = 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2\sin^2 i} + \delta_0 = \begin{cases} k\lambda & \text{明}\ (k=1,2,3,\cdots) \\ (2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗}\ (k=0,1,2,\cdots) \end{cases}$$

其中i为入射角，$\delta_0 = \dfrac{\lambda}{2}$或0

或$\delta = 2n_2 e\cos\gamma + \delta_0$，其中$\gamma$为折射角

等倾干涉图像的特点

等倾干涉环是一组内疏外密的圆环，中间级次高，边缘级次低

3. 劈尖干涉

光垂直入射于劈尖时的反射光干涉加强、减弱的条件公式

$$\delta = 2ne + \delta_0 = \begin{cases} k\lambda & \text{明}\ (k=1,2,3,\cdots) \\ (2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗}\ (k=0,1,2,\cdots) \end{cases}$$

相邻明纹或暗纹对应的厚度差：

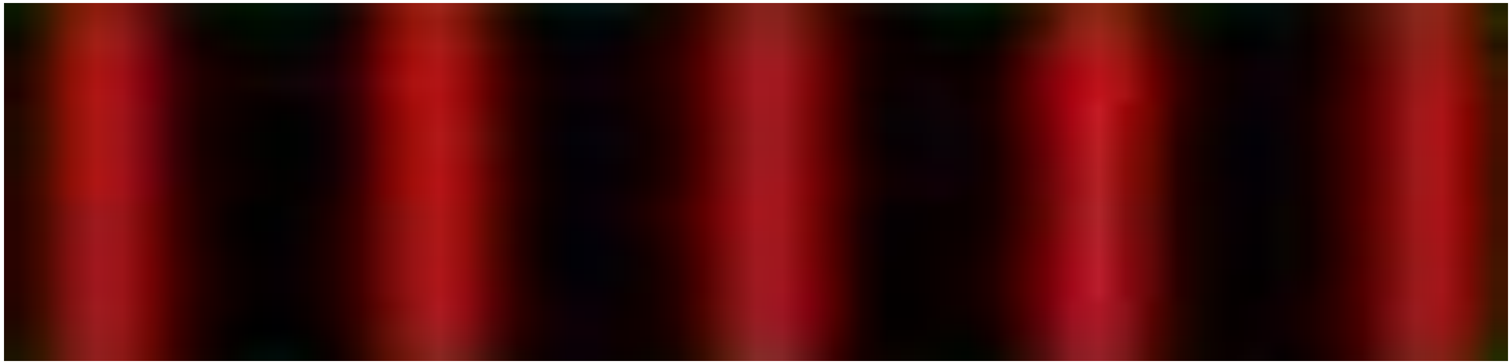
$$\Delta e_k = \frac{\lambda}{2n}$$

条纹间距：

$$L = \frac{\lambda}{2n\sin\theta} \approx \frac{\lambda}{2n\theta}$$

劈尖干涉条纹的特点：

与棱平行的，明暗相间的，等间距分布的直条纹



4. 牛顿环

光垂直入射于牛顿环装置时，反射光干涉加强、减弱的条件公式

$$\delta = 2ne + \delta_0 = \begin{cases} k\lambda & \text{明}\ (k=1,2,3,\cdots) \\ (2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗}\ (k=0,1,2,\cdots) \end{cases}$$

任一级牛顿环相应的劈尖厚度

$$e_k = \begin{cases} \dfrac{(2k-1)\lambda}{4n} & \text{明}\ (k=1,2,3,\cdots) \\ \dfrac{k\lambda}{2\mathrm{n}} & \text{暗}\ (k=0,1,2,\cdots) \end{cases}$$

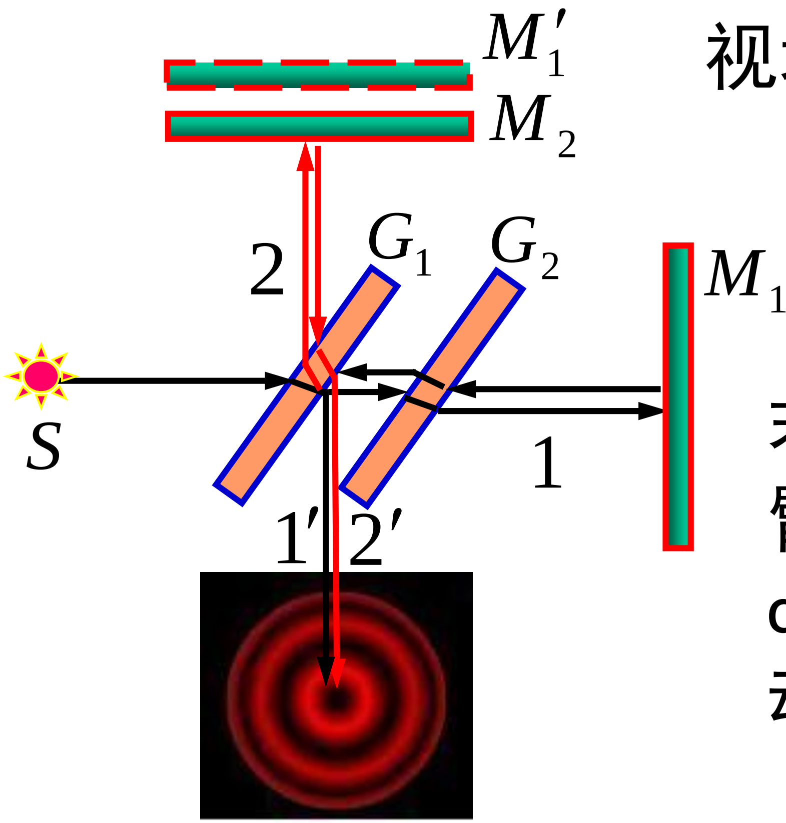
任一级牛顿环的半径：

$$r_k = \sqrt{2Re_k} = \begin{cases} \sqrt{\dfrac{(2k-1)\lambda R}{2n}} & \text{明环}\ (k=1,2,3,\cdots) \\ \sqrt{\dfrac{kR\lambda}{n}} & \text{暗环}\ (k=0,1,2,\cdots) \end{cases}$$

牛顿环干涉条纹的特点：

以中央接触点为中心，明暗相间、内疏外密的，一系列同心圆环。

5. 迈克尔逊干涉仪



若移动镜移动的距离为Δd，则在视场观察到的条纹移动的数目ΔN

$$2\Delta d = \Delta N \lambda$$

若在等臂的干涉仪光路中的一光臂中插入一折射率为n、厚度为d的透明介质，则视场中条纹移动的数目

$$2(n-1)d = \Delta N \lambda$$

典型题

(1) 杨氏双缝干涉问题

(2) 等厚干涉(劈尖、牛顿环)

(3) 等倾干涉

(4) 干涉问题的应用问题，如 迈克尔逊干涉仪

基本思路：

(1) 弄清楚两束或多束相干光是怎么产生的—前提

(2) 正确写出相干光在叠加点的光程差 ———关键

(3) 讨论干涉图样包括位置、形状、间距等

光的衍射

1.单缝衍射:

$$a\sin\theta = \begin{cases} \pm 2k\cdot\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗纹} \quad (k=1,2,3\ldots) \\ \pm(2k+1)\cdot\dfrac{\lambda}{2} & \text{明纹} \quad (k=1,2,3\ldots) \end{cases}$$

中央明纹 $\Delta\theta_0 = \dfrac{2\lambda}{a}$ 中央明条纹的角宽度

4.光栅衍射: 多缝干涉受单缝衍射调制的结果

$$(a+b)\sin\theta = k\lambda$$ 光栅方程

$$k = \frac{a+b}{a}k'(k'=\pm1,\pm2,\ldots)$$ ——缺级条件

处理光的衍射问题的基本思路：

(1) 首先要计算给定问题中的光程差

(2) 写出形成明、暗纹的条件公式

(3) 求解相关量

注意问题：

（1） 单缝衍射中，当缝两边缘光线的光程差满足 $\sin\theta = k\lambda$ 时，对应暗纹。与干涉不同。

（2） 光栅衍射公式是产生主极大明纹的必要条件，而不是所以充要条件。因此在处理光栅问题时，应该确定是否存在缺级。

光的偏振

1.自然光、线偏振光、椭圆（圆）偏振光、部分偏振光

2. 获得线偏振光的方法:

二向色性起偏；反射折射起偏；晶体双折射起偏

3.马吕斯定律: $I = I_0 \cos^2 \alpha$

4. 布儒斯特定律: $\tan i_0 = \dfrac{n_2}{n_1}$ $i_0 + \gamma = \dfrac{\pi}{2}$

重点：马吕斯定律和布儒斯特定律的应用

主要涉及的问题

(1) 马吕斯定律和布儒斯特定律的应用

(2) 获得偏振光的方法

(3) 偏振光的检验

狭义相对论基础

内 容 总 结

狭义相对论基础

1. 狭义相对论的两个基本假设

相对性原理: 在一切惯性参考系中，物理学定律都具有相同的表达形式。一切物理规律对所有惯性系都是等价的。

光速不变原理: 在所有的惯性系中,光在真空中沿各个方向的速率都相同，均为c.

2. 洛伦兹变换 ① 洛仑兹坐标变换式

正变换

$$\begin{cases} x' = \dfrac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \dfrac{t - \dfrac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \end{cases}$$

逆变换

$$\begin{cases} x = \dfrac{x' + vt'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \\ y = y' \\ z = z' \\ t = \dfrac{t' + \dfrac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \end{cases}$$

② 洛伦兹速度变换式

正变换

$$\begin{cases} u'_x = \dfrac{\mathrm{d}x'}{\mathrm{d}t'} = \dfrac{u_x - v}{1 - \dfrac{v}{c^2} u_x} \\ u'_y = \dfrac{\mathrm{d}y'}{\mathrm{d}t'} = \dfrac{u_y \sqrt{1 - v^2/c^2}}{1 - \dfrac{v}{c^2} u_x} \\ u'_z = \dfrac{\mathrm{d}z'}{\mathrm{d}t'} = \dfrac{u_z \sqrt{1 - v^2/c^2}}{1 - \dfrac{v}{c^2} u_x} \end{cases}$$

逆变换

$$\begin{cases} u_x = \dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = \dfrac{u'_x + v}{1 + \dfrac{v}{c^2} u'_x} \\ u_y = \dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t} = \dfrac{u'_y \sqrt{1 - v^2/c^2}}{1 + \dfrac{v}{c^2} u'_x} \\ u_z = \dfrac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}t} = \dfrac{u'_z \sqrt{1 - v^2/c^2}}{1 + \dfrac{v}{c^2} u'_x} \end{cases}$$

3. 狭义相对论的时空观

(1) . 同时性的相对性

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{\frac{v}{c^2}(x_2' - x_1')}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

$$\Delta t' = t_2' - t_1' = \frac{-\frac{v}{c^2}(x_2 - x_1)}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

(2). 时间延缓 (运动的时钟变慢)

$$\boxed{\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} > \tau_0}$$

(3). 长度收缩 (运动的尺收缩)

$$\boxed{L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} < L_0}$$

4. 狭义相对论动力学　　动量 能量 质能关系

(1). 动量： $\vec{P} = m\vec{v} = \dfrac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}\vec{v}$　　$m = \dfrac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$

(2). 能量：

静能: $\mathrm{E}_0 = m_0 c^2$

总能： $\mathrm{E} = mc^2 = \dfrac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}} c^2$　　**质能方程**

动能： $E_k = E - E_0 = mc^2 - m_0 c^2$

(3). 能量和动量的关系　$\mathrm{E}^2 = P^2 c^2 + m_0^2 c^4$

量子物理基础

内 容 总 结

基本概念

1. 单色辐出度: 单位时间内从热力学温度为T的物体单位表面积发出的波长在λ附近单位波长范围内的电磁波的能量，用$e(\lambda,T)$表示。

2. 辐出度: 单位时间内从热力学温度为T的物体单位表面辐射的各波长电磁波的能量总和。

$$E(T)=\int \mathrm{d}E(T)=\int_0^{\infty} e(\lambda,\mathrm{T})\mathrm{d}\lambda$$

3. 黑体:

任何温度下对任何波长的光的吸收比恒等于1的物体

4. 德布罗意波:

与实物粒子相联系的波，又称为物质波或概率波

基本规律

一. 黑体辐射基本规律

1. 斯特藩-玻尔兹曼定律: (黑体)

$$\boxed{E(T)=\int_0^{\infty} e(\lambda,T)\,\mathrm{d}\lambda=\sigma T^4}$$

2. 维恩位移定律:

$$T\lambda_m=b$$

λ_m 辐出度峰值对应波长

3. 普朗克公式及普朗克能量子假说:

$$e(\lambda,T)=\frac{2\pi hc^2}{\lambda^5}\frac{1}{\mathrm{e}^{\frac{hc}{\lambda kT}}-1}$$

二. 光电效应　光子的波粒二象性

光子　$E = h\nu$　$p = \dfrac{h}{\lambda}$　$I = Nh\nu$

光电效应的爱因斯坦方程　$\boxed{h\nu = A_0 + \frac{1}{2} m v_m^2}$

A_0　金属中电子的逸出功

$\nu_0 = \dfrac{A_0}{h} = \dfrac{U_0}{K}$　红限频率（截止频率）

$eU_c = \dfrac{1}{2} m v_m^{\ 2}$　$U_c = K\nu - U_0$　截止电压

$A_0 = eU_0$

三. 康普顿效应

物理本质：入射光子与自由电子的完全弹性碰撞

能量守恒： $h\nu_0 + m_e c^2 = h\nu + mc^2$

动量守恒： $\dfrac{h\nu_0}{c}\hat{n}_0 = m\mathrm{v}\hat{n}_0$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = \frac{h}{m_e c}(1 - \cos\theta) = 2\lambda_c \sin^2\frac{\theta}{2}$$

式中康普顿波长： $\lambda_{\mathrm{c}} = h/m_e c = 0.0024\ \mathrm{nm}.$

1. 波长改变量与散射物质无关

2. 原子量较小的物质康普顿效应明显

四. 德布罗意物质波假设

1. 德布罗意假设: 实物粒子具有波粒二象性

2. 德布罗意关系式:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

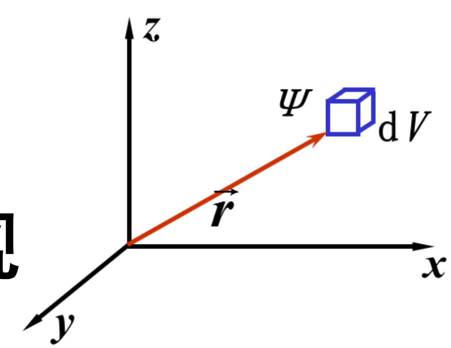
$$\nu = \frac{E}{h} = \frac{mc^2}{h}$$

3. 德布罗意波的统计解释: 德布罗意波是概率波

波函数的模方

$$\left|\Psi(\vec{r},t)\right|^2 = \Psi(\vec{r},t)\cdot\Psi^*(\vec{r},t)$$

表示 t 时刻，在 处附近单位体积中发现粒子的概率，称为概率密度。



五. 不确定性关系

粒子位置和动量之间的不确定关系：　$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \dfrac{\hbar}{2}$

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h \qquad \Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar$$

粒子能量和时间之间的不确定关系：　$\Delta E \cdot \Delta t \geq \dfrac{\hbar}{2}$

基本问题

1. 热辐射问题
2. 光电效应问题
3. 康普顿效应问题
4. 德布罗意波长的计算
5. 测不准关系的简单应用