

# 大学物理课程的知识点、重点及难点

教材：《大学物理教程》（第一、二、三册，第二版），吴锡珑主编

## 第一章 质点运动学

### 知识点：

#### 1. 参考系

为了确定物体的位置而选作参考的物体称为参考系。要作定量描述，还应在参考系上建立坐标系。

#### 2. 位矢与运动方程

位置矢量（位矢），是从坐标原点引向质点所在的有向线段，用矢量  $\vec{r}$  表示。位矢用于确定质点在空间的位置。位矢与时间  $t$  的函数关系：

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

称为运动方程。

位移矢量，是质点在时间  $dt$  内的位置改变，即位移： $\Delta\vec{r} = \vec{r}(t + \Delta t) - \vec{r}(t)$

轨道方程：质点运动轨迹的曲线方程。

#### 3. 速度与加速度

平均速度定义为单位时间内的位移，即： $\bar{\vec{v}} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$

速度，是质点位矢对时间的变化率： $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$

平均速率定义为单位时间内的路程： $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

速率，是质点路程对时间的变化率： $v = \frac{ds}{dt}$

加速度，是质点速度对时间的变化率： $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$

#### 4. 法向加速度与切向加速度

加速度  $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = a_n\hat{n} + a_t\hat{\tau}$

法向加速度  $a_n = \frac{v^2}{\rho}$ ，方向沿半径指向曲率中心（圆心），反映速度方向的变化。

切向加速度  $a_t = \frac{dv}{dt}$ ，方向沿轨道切线，反映速度大小的变化。

在圆周运动中，角量定义如下：

角速度  $\omega = \frac{d\theta}{dt}$

角加速度  $\beta = \frac{d\omega}{dt}$

而  $v = \omega R$ ， $a_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2$ ， $a_t = \frac{dv}{dt} = R\beta$

#### 5. 相对运动

对于两个相互作平动的参考系，有  $\vec{r}_{pk} = \vec{r}_{pk'} + \vec{r}_{kk'}$ ， $\vec{v}_{pk} = \vec{v}_{pk'} + \vec{v}_{kk'}$ ，

$$\vec{a}_{pk} = \vec{a}_{pk'} + \vec{a}_{kk'}$$

**重点:**

1. 1. 掌握位置矢量、位移、速度、加速度、角速度、角加速度等描述质点运动和运动变化的物理量，明确它们的相对性、瞬时性和矢量性。
2. 2. 确切理解法向加速度和切向加速度的物理意义；掌握圆周运动的角量和线量的关系，并能灵活运用计算问题。
3. 3. 理解伽利略坐标、速度变换，能分析与平动有关的相对运动问题。

**难点:**

1. 法向和切向加速度
2. 相对运动问题

## 第二章 第二章 质点运动定律

**知识点:**

1. 牛顿定律

第一定律：任何物体都保持静止的或沿一直线作匀速运动的状态，直到作用在它上面的力迫使它改变这种状态为止。

第二定律：运动的变化与所加的动力成正比，并且发生在这力所沿的直线方向上。即

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}, \quad \vec{p} = m\vec{v}$$

当质量  $m$  为常量时，有  $\vec{F} = m\vec{a}$

在直角坐标系中有， $F_x = ma_x$ ， $F_y = ma_y$ ， $F_z = ma_z$

对于平面曲线运动有， $F_t = ma_t$ ， $F_n = ma_n$

第三定律：对于每一个作用总有一个相等的反作用与之相反，或者说，两个物体之间对各自对方的相互作用总是相等的，而且指向相反的方向。即  $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

2. 非惯性系与惯性力

质量为  $m$  的物体，在平动加速度为  $a_0$  的参照系中受的惯性力为  $\vec{F}_0 = -m\vec{a}_0$

在转动角速度为  $\omega$  的参照系中，惯性离心力为  $\vec{F}_0 = m\omega^2 \hat{r}$

**重点:**

1. 1. 深入理解牛顿三定律的基本内容。
2. 2. 掌握应用牛顿定律解题的基本思路，能用微积分方法求解一维变力作用下的质点动力学问题。
3. 3. 初步掌握在非惯性系中求解力学问题的方法；理解惯性力的物理意义，并能用以解决简单的力学问题。

**难点:**

1. 变力作用下的质点运动问题。

## 第三章 机械能和功

**知识点:**

### 1. 1. 功的定义

质点在力  $\mathbf{F}$  的作用下微小的位移  $d\mathbf{r}$  (或写为  $d\mathbf{s}$ )，则力作的功定义为和位移的标积，即

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{r} = F|d\vec{r}|\cos\theta = Fds\cos\theta$$

对质点在力作用下的有限运动，力作的功为

$$A = \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

在直角坐标系中，此功可写为

$$A = \int_a^b F_x dx + \int_a^b F_y dy + \int_a^b F_z dz$$

应当注意，功的计算不仅与参考系的选择有关，一般还与物体的运动路径有关。只有保守力（重力、弹性力、万有引力）的功才只与始末位置有关，而与路径形状无关。

### 2. 动能定理

质点动能定理：合外力对质点作的功等于质点动能的增量。

$$A = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

质点系动能定理：系统外力的功与内力的功之和等于系统总动能的增量。

$$A_{\text{外}} + A_{\text{内}} = E_K - E_{K_0}$$

应当注意，动能定理中的功只能在惯性系中计算。

### 3. 势能

重力势能：  $E_P = \pm mgh$ ，零势面的选择视方便而定。

$E_P = \frac{1}{2}kx^2$ ，弹性势能：规定弹簧无形变时的势能为零，它总取正值。

万有引力势  $E_P = -G\frac{Mm}{r}$ ，能：取无穷远处为零势点，它总取负值。

### 4. 功能原理

$$A_{\text{外}} + A_{\text{非保内}} = (E_K + E_P) - (E_{K_0} + E_{P_0})$$

即：外力的功与非保守内力的功之和等于系统机械能的增量。

### 5. 机械能守恒定律

外力的功与非保守内力的功之和等于零时，系统的机械能保持不变。即

$$\text{当 } A_{\text{外}} + A_{\text{非保内}} = 0 \text{ 时， } E_K + E_P = \text{常量}$$

#### 重点：

1. 熟练掌握功的定义及变力作功的计算方法。
2. 理解保守力作功的特点及势能的概念，会计算重力势能、弹性势能和万有引力势能。
3. 掌握动能定理及功能原理，并能用它们分析、解决质点在平面内运动时的力学问题。
4. 掌握机械能守恒的条件及运用守恒定律分析、求解综合问题的思想和方法。

难点:

1. 计算变力的功。
2. 理解一对内力的功。
3. 机械能守恒的条件及运用守恒定律分析、求解综合问题的思想和方法。

## 第四章 动量和角动量

知识点:

1. 1. 动量定理

合外力的冲量等于质点（或质点系）动量的增量。其数学表达式为

$$\int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt = \vec{P}_2 - \vec{P}_1 \quad \text{对质点}$$

$$\text{对质点系} \quad \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt = \vec{P}_2 - \vec{P}_1, \quad \vec{P} = \sum_i \vec{P}_i$$

在直角坐标系中有

$$\int_{t_1}^{t_2} F_x dt = P_{x2} - P_{x1}$$

$$\int_{t_1}^{t_2} F_y dt = P_{y2} - P_{y1}$$

$$\int_{t_1}^{t_2} F_z dt = P_{z2} - P_{z1}$$

2. 2. 动量守恒定律

当一个质点系所受合外力为零时，这一质点系的总动量矢量就保持不变。即

$$\text{当} \sum \vec{F}_{\text{外}} = 0 \text{时, } \sum_i \vec{P}_i = \sum_i m_i \vec{v}_i = \text{常矢量}$$

在直角坐标系中的分量式为

$$\text{当} \sum F_x = 0 \text{时, } \sum_i m_i \vec{v}_{ix} = \text{常量}$$

$$\text{当} \sum F_y = 0 \text{时, } \sum_i m_i \vec{v}_{iy} = \text{常量} \quad \text{当} \sum F_z = 0 \text{时, } \sum_i m_i \vec{v}_{iz} = \text{常量}$$

3. 3. 角动量定理

质点的角动量：对某一固定点有

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = m\vec{r} \times \vec{v}$$

角动量定理：质点所受的合外力矩等于它的角动量对时间的变化率

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} \quad \left( \vec{M} = \sum_i \vec{r}_i \times \vec{F}_i \right)$$

4. 4. 角动量守恒定律

若对某一固定点而言，质点受的合外力矩为零，则质点的角动量保持不变。即

$$\text{当} \sum \vec{M} = 0 \text{时, } \vec{L} = \vec{L}_0 = \text{常矢量}$$

重点:

1. 1. 掌握动量定理。学会计算变力的冲量，并能灵活应用该定理分析、解决质点在平面内运动时的力学问题。

2. 2. 掌握动量守恒定律。掌握系统动量守恒的条件以及运用该定律分析问题的思想和方法，能分析系统在平面内运动的力学问题。

3. 3. 掌握质点的角动量的物理意义，能用角动量定理计算问题。
4. 4. 掌握角动量守恒定律的条件以及运用该定律求解问题的基本方法。

**难点：**

1. 1. 计算变力的冲量。
2. 用动量定理系统动量守恒分析、解决质点在平面内运动时的力学问题。
3. 正确运用角动量定理及角动量守恒定律求解问题。

## 第五章 第五章 刚体力学

**知识点：**

1. 1. 描述刚体定轴转动的物理量及运动学公式。
2. 2. 刚体定轴转动定律

$$M = I\beta$$

3. 3. 刚体的转动惯量

$$I = \sum \Delta m_i r_i^2 \quad (\text{离散质点}) \quad I = \int r^2 dm \quad (\text{连续分布质点})$$

$$I = I_c + ml^2$$

平行轴定理

4. 4. 定轴转动刚体的角动量定理

$$L = I\omega$$

定轴转动刚体的角动量

$$M = \frac{dL}{dt} = \frac{d(I\omega)}{dt}$$

刚体角动量定理

5. 5. 角动量守恒定律

刚体所受的外力对某固定轴的合外力矩为零时，则刚体对此轴的总角动量保持不变。即

$$\text{当} \sum M_{\text{外}} = 0 \text{时, } \sum I_i \omega_i = \text{常量}$$

6. 6. 定轴转动刚体的机械能守恒

只有保守力的力矩做功时，刚体的转动动能与转动势能之和为常量。

$$\frac{1}{2} I \omega^2 + mgh_c = \text{常量}$$

式中  $h_c$  是刚体的质心到零势面的距离。

**重点：**

1. 1. 掌握描述刚体定轴转动的角位移、角速度和角加速度等概念及联系它们的运动学公式。
2. 2. 掌握刚体定轴转动定理，并能用它求解定轴转动刚体和质点联动问题。
3. 会计算力矩的功、定轴转动刚体的动能和重力势能，能在有刚体做定轴转动的问题中正确的应用机械能守恒定律。
4. 会计算刚体对固定轴的角动量，并能对含有定轴转动刚体在内的系统正确应用角动量守恒定律。

**难点：**

1. 1. 正确运用刚体定轴转动定理求解问题。
2. 对含有定轴转动刚体在内的系统正确应用角动量守恒定律和机械能守恒定律。

## 第六章 振动学基础

### 知识点:

#### 1. 1. 简谐振动方程

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

振幅 A: 取决于振动的能量 (初始条件)。

角频率  $\omega$ : 取决于振动系统本身的性质。

初相位  $\phi$ : 取决于初始时刻的选择。

#### 2. 2. 振动相位

$\omega t + \phi$ : 表示振动物体在 t 时刻的运动状态。

$\phi$ : 初相位, 即  $t=0$  时刻的相位。

#### 3. 3. 简谐振动的运动微分方程

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

弹性力或准弹性力  $K = -kx$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

角频率:

A 与  $\phi$  由初始条件决定:

$$A = \sqrt{x_0^2 + \frac{v_0^2}{\omega^2}}, \quad \phi = \operatorname{tg}^{-1}\left(-\frac{v_0}{\omega x_0}\right)$$

#### 4. 4. 简谐振动能量

$$E_K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \phi), \quad \bar{E}_K = \frac{1}{4}kA^2$$

$$E_P = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2 \cos^2(\omega t + \phi), \quad \bar{E}_P = \frac{1}{4}kA^2$$

$$E = E_K + E_P = \frac{1}{2}kA^2$$

#### 5. 5. 同一直线上两个同频率简谐振动的合成

$$\text{合振幅: } A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\phi_2 - \phi_1)}$$

$$\phi = \operatorname{tg}^{-1} \frac{A_1 \sin \phi_1 + A_2 \sin \phi_2}{A_1 \cos \phi_1 + A_2 \cos \phi_2}$$

$$\text{同相: } \Delta\phi = 2k\pi, \quad A = A_1 + A_2$$

$$\text{反相: } \Delta\phi = (2k+1)\pi, \quad A = |A_1 - A_2|, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

### 重点:

1. 1. 简谐振动的特点, 以及简谐振动方程中各物理量——振幅 A, 角频率  $\omega$ , 初相位  $\phi$ , 相位 ( $\omega t + \phi$ ) 的意义;
2. 2. 简谐振动的旋转矢量表示法;
3. 3. 由已知初始条件建立简谐振动方程, 以及由已知简谐振动方程确定物体的位置、速度、加速度的方法;
4. 4. 在同一直线上两个同频率简谐振动的合成规律。

### 难点:

1. 1. 相位, 初始相位的理解和求解;
2. 2. 建立简谐振动方程, 简谐振动的合成;
3. 3. 拍和拍频。

## 第七章 狭义相对论基础

知识点:

1. 1. 爱因斯坦狭义相对论的基本假设。

$$\begin{cases} x' = \gamma(x - ut) \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \gamma\left(t - \frac{ux}{c^2}\right) \end{cases} \quad \begin{cases} x = \gamma(x' + ut') \\ y = y' \\ z = z' \\ t = \gamma\left(t' + \frac{ux'}{c^2}\right) \end{cases} \quad \begin{matrix} 2. \\ \text{标变换} \end{matrix}$$

2. 洛伦兹坐

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \quad \text{式中}$$

3. 长度收缩

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \quad (\text{注意同时性条件})$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \quad (\text{注意同地性条件})$$

4. 时间膨胀

5. 相对论速度变换

$$v'_x = \frac{v_x - u}{1 - \frac{uv_x}{c^2}}, \quad v'_y = \frac{v_y \sqrt{1 - u^2/c^2}}{1 - \frac{uv_x}{c^2}}, \quad v'_z = \frac{v_z \sqrt{1 - u^2/c^2}}{1 - \frac{uv_x}{c^2}}$$

6. 狭义相对论中的质量和能量

(1) (1)

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (m_0 \text{ 为静质量})$$

相对论质量与速度关系

$$p = mv = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

(2) (2) 相对论动量

(3) (3) 相对论能量

总能  $E = mc^2$

静能  $E_0 = m_0 c^2$

动能  $E_K = mc^2 - m_0 c^2$

能量动量关系  $E^2 = (cP)^2 + (m_0 c^2)^2$

### 重点:

1. 理解爱因斯坦狭义相对论的两条基本假设。
2. 正确理解和应用洛伦兹坐标变换公式。
3. 理解长度收缩、时间膨胀以及同时性的相对性等概念,并能用以分析问题。
4. 理解狭义相对论中的质量、动量和能量的关系,并能用以分析、计算有关的问题。
5. 了解相对论速度变换。

### 难点:

1. 理解长度收缩、时间膨胀以及同时性的相对性等概念,并能用以分析问题。
2. 理解狭义相对论中的质量、动量和能量的关系,并能用以分析、计算有关的问题。

## 第八章 热力学平衡态

### 知识点:

1. 理想气体状态方程

$$PV = \frac{M}{\mu} RT, \quad p = nkT,$$

在平衡态下  
普适气体常数  $R = 8.31 J / mol \cdot K$   
玻耳兹曼常数  $k = \frac{R}{N_A} = 1.38 \times 10^{-23} J / K$

2. 理想气体的压强公式

$$p = \frac{1}{3} nm \bar{v}^2 = \frac{2}{3} n \bar{E}_t$$

3. 温度的统计概念

$$\bar{E}_t = \frac{3}{2} kT$$

4. 能量均分定理

每一个自由度的平均动能为  $1/(2KT)$ 。

$$\bar{E} = \frac{i}{2} kT (i: \text{自由度})$$

一个分子的总平均动能为

$$E = \nu \cdot \frac{i}{2} RT$$

$\nu$  摩尔理想气体的内能

5. 速率分布函数

$$f(v) = \frac{dN}{Ndv}$$

$$F(v_x, v_y, v_z) = \left( \frac{m}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{m}{2kT}(v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)}$$

麦克斯韦速度分布函数

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

麦克斯韦速率分布函数

三种速率

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

最概然速率



$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}}$$

平均速率

$$\sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$$

方均根速率

#### 6. 玻耳兹曼分布律

平衡态下某状态区间的粒子数  $\propto e^{-E/kT}$  (玻耳兹曼因子), 在重力场中粒子(分子)按高度的分布  $n = n_0 e^{-mgh/kT}$

### 重点:

1. 理想气体状态方程的意义, 利用它解有关气体状态的问题。
2. 理想气体的微观模型和统计假设, 掌握对理想气体压强的推导。
3. 理想气体压强和温度的统计意义。
4. 能量均分定理的意义及其物理基础, 由它推导出理想气体内能公式。
5. 速率分布函数及其麦克斯韦速率分布律的意义。会计算三种速率的统计值。
6. 麦克斯韦速度分布函数的意义, 及其与速率分布函数的联系和区别。
7. 玻耳兹曼分布律的意义和粒子在重力场中按高度分布的公式。

### 难点:

1. 理想模型的假设。
2. 速率分布函数和速度分布函数的统计意义和物理解释。
3. 应用分布函数计算各种量的平均值。

## 第九章 热力学定律

### 知识点:

1. 准静态过程: 在过程进行中的每一时刻, 系统的状态都无限接近于平衡态。
2. 体积功: 准静态过程中系统对外做的功为

$$dA = p dV, \quad A = \int_{V_1}^{V_2} p dV$$

3. 热量: 系统与外界或两个物体之间由于温度不同而交换的热运动能量。
4. 热力学第一定律

$$Q = (E_2 - E_1) + A, \quad dQ = dE + A$$

$$C = \frac{dQ}{dT}$$

5. 热容量

$$C_p = \frac{dQ_p}{dT}$$

定压摩尔热容量

$$C_v = \frac{dQ_v}{dT}$$

定容摩尔热容量

$$C_p = C_v + R$$

迈耶公式

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{i}$$

比热容比

6. 气体的绝热过程  $pV^\gamma = c$ ,  
绝热自由膨胀: 内能不变, 温度复原。
7. 循环过程

热循环（正循环）：系统从高温热源吸热，对外做功，同时向低温热源放热。

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

效率

致冷循环（逆循环）：系统从低温热源吸热，接受外界做功，向高温热源放热。

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$

致冷系数：

8. 8. 卡诺循环：系统只和两个恒温热源进行热交换的准静态循环过程。

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

卡诺正循环效率

$$\varepsilon = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

卡诺逆循环致冷系数

9. 9. 不可逆过程：各种实际宏观过程都是不可逆的，且它们的不可逆性又是相互沟通的。如功热转换、热传导、气体自由膨胀等都是不可逆过程。

10. 10. 热力学第二定律

克劳修斯表述：热量不可能自动地从低温物体传向高温物体。

开尔文表述：任何循环动作的热机只从单一热源吸收热量，使之完全变成有用功，而不产生其它影响是不可能的。

微观意义：自然过程总是沿着使分子运动向更加无序的方向进行。

11. 11. 热力学概率  $\Omega$ ：与同一宏观态对应的所含有的微观状态数。

自然过程沿着向  $\Omega$  增大的方向进行，平衡态相应于一定宏观条件下热力学概率最大的状态。

12. 12. 玻耳兹曼熵公式  $S = k \ln \Omega$

13. 13. 可逆过程：无摩擦的准静态过程是可逆过程。

14. 14. 克劳修斯熵公式

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T} (\text{可逆过程}), \quad dQ = TdS$$

15. 15. 熵增加原理：对孤立系统  $\Delta S \geq 0$

$\Delta S > 0$ ：对孤立系统的各种自然过程。

$\Delta S = 0$ ：对孤立系统的可逆过程。

这是一条统计规律。

### 重点：

1. 1. 准静态过程、体积功、热量、内能等概念，功、热量和内能的微观意义，掌握其计算。
2. 2. 热力学第一定律的意义，利用它分析和计算理想气体各过程。
3. 3. 热容量的概念，直接计算理想气体各过程的热量传递。
4. 4. 循环过程的概念及热循环、致冷循环的能量转换特征，能计算效率和致冷系数。
5. 5. 卡诺循环的特征，卡诺正循环效率和逆循环致冷系数的计算。
6. 6. 实际宏观过程的不可逆性。
7. 7. 热力学概率的意义及它和实际过程进行方向的关系。
8. 8. 熵的概念，热力学熵和统计熵
9. 9. 熵增加原理是热力学第二定律的数学表达式。
10. 10. 可逆过程的概念及简单熵变问题。

### 难点：

1. 1. 热容量的概念，和在不同过程中热容量的计算。

2. 2. 熵和熵增加原理。

## 第十章 气体和凝聚态

知识点:

1. 1. 分子刚性球模型
2. 2. 范德瓦耳斯方程

$$\left(p + \frac{m^2}{M^2} \frac{a}{V^2}\right) \left(V - \frac{m}{M} b\right) = \frac{m}{M} RT$$

3. 3. 气体分子的平均自由程

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

4. 4. 输运过程

热传导：输运无规则运动能量。

$$K = \frac{1}{3} \rho \bar{v} \bar{\lambda} \frac{C_v}{\mu}$$

热传导系数

粘性：输运无规则定向运动能量。

$$\eta = \frac{1}{3} \rho \bar{v} \bar{\lambda}$$

粘度

扩散：输运分子质量

$$D = \frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda}$$

扩散系数

重点:

1. 1. 分子的刚性球模型。
2. 2. 范德瓦耳斯方程对理想气体方程的修正。
3. 3. 实际气体内能。
4. 4. 平均自由程、平均碰撞频率的概念和计算。
5. 5. 气体三种输运过程的物理本质及其宏观规律和微观定性解释。

难点:

1. 范德瓦耳斯方程对理想气体方程的修正。

## 第十一章 静电场

知识点:

1. 场强

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

- (1) (1) 电场强度的定义

$$\vec{E} = \sum \vec{E}_i \quad (\text{矢量叠加})$$

- (2) (2) 场强叠加原理

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r}$$

- (3) (3) 点电荷的场强公式

$$\vec{E} = \int \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r}$$

- (4) (4) 用叠加法求电荷系的电场强度

## 2. 高斯定理

$$\begin{aligned} \text{真空中} \quad \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} &= \frac{1}{\epsilon_0} \sum q_{\text{内}} \\ \text{电介质中} \quad \oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} &= \frac{1}{\epsilon_0} \sum q_{\text{内,自由}} \\ \vec{D} &= \epsilon \vec{E} = \epsilon_0 \epsilon_r \vec{E} \end{aligned}$$

## 3. 电势

$$\begin{aligned} (1) \quad (1) \quad \text{电势的定义} \quad V_p &= \int_p^{\text{零势点}} \vec{E} \cdot d\vec{l} \\ \text{对有限大小的带电体,取无穷远处为零势点,则} \quad V_p &= \int_p^{\infty} \vec{E} \cdot d\vec{l} \\ (2) \quad \text{电势差} \quad V_a - V_b &= \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} \\ (3) \quad \text{电势叠加原理} \quad V &= \sum V_i \quad (\text{标量叠加}) \\ (4) \quad \text{点电荷的电势} \quad V &= \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (\text{取无穷远处为零势点}) \\ \text{电荷连续分布的带电体的电势} \quad V &= \int \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (\text{取无穷远处为零势点}) \\ 4. \quad \text{电荷 } q \text{ 在外电场中的电势能} \quad w_a &= qV_a \\ 5. \quad \text{移动电荷时电场力的功} \quad A_{ab} &= q(V_a - V_b) \\ 6. \quad \text{场强与电势的关系} \quad \vec{E} &= -\nabla V \end{aligned}$$

### 重点:

1. 掌握电场强度和电势的概念以及相应的叠加原理。掌握电与势电场强的积分关系,了解场强与电势的微分关系。能用微积分计算一些简单问题中的场强和电势。
2. 确切理解高斯定理,掌握用高斯定理求场强的方法。

### 难点:

1. 用微积分计算场强和电势。
2. 场强与电势的微分关系。

## 第十二章 导体电学

### 知识点:

#### 1. 导体的静电平衡条件

$$\begin{aligned} (1) \quad \vec{E}_{\text{内}} &= 0 \\ (2) \quad \vec{E}_{\text{表面}} &\perp \text{导体表面} \end{aligned}$$

#### 2. 静电平衡导体上的电荷分布

导体内部处处静电荷为零.电荷只能分布在导体的表面上.

$$E_{\text{表面}} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

#### 3. 电容定义

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

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d}$$

平行板电容器的电容

$$C = \sum C_i$$

电容器的并联 (各电容器上电压相等)

$$\frac{1}{C} = \sum \frac{1}{C_i}$$

电容器的串联 (各电容器上电量相等)

$$W_e = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} CV^2$$

4. 电容器的能量

$$W_e = \frac{1}{2} \epsilon E^2$$

电场能量密度

$$\vec{J} = \sigma \vec{E}$$

5. 欧姆定律的微分形式

$$\epsilon_i = \oint_L \vec{E}_k \cdot d\vec{l}$$

6. 电动势的定义 式中  $\vec{E}_k$  为非静电性电场. 电动势是标量, 其方向由低电势指向高电势。

#### 重点:

1. 理解导体的静电平衡条件。掌握有导体存在时的电场和导体上电荷分布的计算。
2. 理解电容的定义, 掌握计算简单电容器和电容器组的电容的方法。
3. 掌握电容器的电能公式。
4. 了解电流密度的概念和欧姆定律的微分形式. 理解电动势的定义。

#### 难点:

1. 有导体存在时的电场和导体上电荷分布的计算。

## 第十三章 电介质

#### 知识点:

1. 电介质中的高斯定理
2. 介质中的静电场
3. 电位移矢量

#### 重点:

1. 理解电介质的极化现象以及对电场的影响。
2. 理解电场能量密度的概念, 并能计算电容器中和电场中储存的能量。
3. 理解电位移矢量。

#### 难点:

1. 正确理解电位移矢量。
2. 计算电介质中的电场及介质的束缚电荷。

## 第十四章 稳恒磁场

#### 知识点:

1. 毕奥-萨伐定律

电流元  $I d\vec{l}$  产生的磁场 
$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

式中,  $I d\vec{l}$  表示稳恒电流的一个电流元(线元),  $r$  表示从电流元到场点的距离,  $\hat{r}$  表示从电流元指向场点的单位矢量..

## 2. 磁场叠加原理

在若干个电流(或电流元)产生的磁场中,某点的磁感应强度等于每个电流(或电流元)单独存在时在该点所产生的磁感强度的矢量和. 即

$$\vec{B} = \sum \vec{B}_i$$

## 3. 要记住的几种典型电流的磁场分布

(1)有限长细直线电流 
$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

式中,  $a$  为场点到载流直线的垂直距离,  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  为电流入、出端电流元矢量与它们到场点的矢径间的夹角.

(2) (2) 无限长细直线电流 
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

(3) (3) 通电流的圆环 
$$B = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{R^2 I}{(x^2 + R^2)^{3/2}}$$

圆环中心 
$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

(4) 通电流的无限长均匀密绕螺线管内 
$$B = \mu_0 n I$$

## 4. 安培环路定律

真空中 
$$\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum I_{\text{内}}$$

磁介质中 
$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum I_{0\text{内}} \quad \vec{B} = \mu \vec{H} = \mu_0 \mu_r \vec{H}$$

当电流  $I$  的方向与回路  $l$  的方向符合右手螺旋关系时,  $I$  为正, 否则为负.

## 5. 磁力

(1) 洛伦兹力 
$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$$

质量为  $m$ 、带电为  $q$  的粒子以速度  $\vec{v}$  沿垂直于均匀磁场  $\vec{B}$  方向进入磁场, 粒子作圆周运动, 其半径为

$$R = \frac{mv}{qB}$$

周期为

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

(2) 安培力 
$$\vec{F} = \int I d\vec{l} \times \vec{B}$$

(3) 载流线圈的磁矩 
$$\vec{p}_m = N I S \hat{n}$$

载流线圈受到的磁力矩 
$$\vec{M} = \vec{p}_m \times \vec{B}$$

(4) 霍尔效应 霍尔电压 
$$V = \frac{1}{ne} \cdot \frac{IB}{b}$$

## 重点:

1. 掌握应用毕奥-萨法定律和磁场叠加原理求解磁场的方法..

2. 理解稳恒磁场的高斯定理和安培环路定律。熟练掌握应用安培环路定律求具有一定对称分布的磁场问题.

3. 磁力

- (1) 理解洛伦兹力公式,并能熟练应用它计算运动电荷在磁场中受的力.
- (2) 掌握电流元受力的安培定律,并能计算载流导线受磁场的作用力.
- (3) 理解载流线圈磁矩的定义,并能计算它在磁场中受的磁力矩.

**难点:**

1. 用微积分计算磁场强度。
2. 计算载流导线在磁场中的受力及载流线圈在磁场中受的磁力矩。

## 第十五章 磁介质

**知识点:**

1. 理解顺磁性和抗磁性
2. 磁化强度和磁化电流
3. 磁介质

$$\vec{H} \text{ 的定义 } \quad \vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}$$

$$\vec{B} \text{ 与 } \vec{H} \text{ 的关系 } \quad \vec{B} = \mu \vec{H} = \mu_0 \mu_r \vec{H}$$

**重点:**

1. 理解磁介质的磁化现行极其微观解释。
2. 理解铁磁质的性质。
3. 理解磁介质中的安培环路定律。

**难点:**

1. 磁介质中的安培环路定律。

## 第十六章 变化的电磁场

**知识点:**

1. 楞次定律:感应电流产生的通过回路的磁通量总是反抗引起感应电流的磁通量的改变.

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Psi}{dt} \quad \Psi = N\Phi$$

2. 法拉第电磁感应定律

3. 动生电动势: 导体在稳恒磁场中运动时产生的感应电动势.

$$\varepsilon_{ab} = \int_a^b (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} \quad \text{或} \quad \varepsilon = \oint (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$$

4. 感应电场与感生电动势: 由于磁场随时间变化而引起的电场成为感应电场. 它产生电动势为感生电动势.

$$\varepsilon_i = \oint \vec{E}_{\text{感}} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

局限在无限长圆柱形空间内, 沿轴线方向的均运磁场随时间均匀变化时, 圆柱内外的

感应电场分别为

$$E_{\text{感}} = -\frac{r}{2} \frac{dB}{dt} \quad (r \leq R)$$

$$E_{\text{感}} = -\frac{R^2}{2r} \frac{dB}{dt} \quad (r \geq R)$$

5. 自感和互感

$$\text{自感系数} \quad L = \frac{\Psi}{I}$$

$$\text{自感电动势} \quad \varepsilon_L = -L \frac{dI}{dt}$$

$$\text{自感磁能} \quad W_m = \frac{1}{2} LI^2$$

$$\text{互感系数} \quad M = \frac{\Psi_{21}}{I_1} = \frac{\Psi_{12}}{I_2}$$

$$\text{互感电动势} \quad \varepsilon_{21} = -M \frac{dI_1}{dt}$$

$$w_m = \frac{B^2}{2\mu} = \frac{1}{2} BH$$

6. 磁场的能量密度

7. 位移电流 此假说的中心思想是：变化着的电场也能激发磁场。

通过某曲面的位移电流强度  $I_d$  等于该曲面电位移通量的时间变化率，即

$$I_d = \frac{d\Phi_D}{dt} = \int_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

$$\text{位移电流密度} \quad \vec{j}_D = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

8. 麦克斯韦方程组的积分形式

$$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum q = \int_V \rho dV$$

$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_S \vec{j} \cdot d\vec{S} + \int_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

**重点：**

1. 掌握法拉第电磁感应定律和楞次定律,并能熟练应用这两条定律计算动生电动势和感生电动势.
2. 理解自感、互感现象及其规律.
3. 掌握磁场能量的表达式和计算磁场能量的方法.
4. 理解位移电流的物理意义,并能计算简单情况下的位移电流.
5. 理解麦克斯韦方程组中各方程的物理意义.

**难点：**

1. 计算动生电动势和感生电动势。
2. 理解位移电流的物理意义。

## 第十七章 机械波

**知识点：**

1. 1. 机械波产生的条件：波源和媒质。通过各质元的弹性联系形成波。
2. 2. 波的传播是振动相位的传播，沿波的传播方向，各质元振动的相位依次落后。
3. 3. 波速  $u$ ，波的周期  $T$  及波长  $\lambda$  的关系



$$T = \frac{I}{v}, \quad u = \frac{\lambda}{T}$$

4. 4. 平面简谐波的表达式 (设坐标原点 O 的振动初相位为  $\phi$ )

$$y = A \cos(\omega t \mp \frac{2\pi x}{\lambda} + \phi)$$

5. 5. 波的传播是能量的传播

$$\bar{\omega} = \frac{I}{2} \rho \omega^2 A^2$$

平均能量密度

$$I = \bar{\omega} u = \frac{I}{2} \rho u \omega^2 A^2$$

平均能流密度即波的强度

6. 6. 波的干涉

干涉现象: 几列波叠加时合成强度在空间有一稳定分布的现象。

波的相干条件: 频率相同, 振动方向相同, 相位差恒定。

$$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1 - \frac{2\pi}{\lambda}(r_2 - r_1) = 2k\pi$$

干涉加强条件:

$$\Delta\phi = (2k + 1)\pi$$

干涉减弱条件:

7. 7. 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形成驻波。

波节: 振幅恒为零的各点。

波腹: 振幅最大的各点。

相邻两波节之间各点振动相位相同, 同一波节两侧半波长范围内, 相位相差  $\pi$ , 即反相。

驻波的波形不前进, 能量也不向前传播。只是动能与势能交替地在波腹与波节附近不断地转换。

8. 8. 半波损失: 波从波疏媒质 ( $\rho u$  较小) 传向波密媒质 ( $\rho u$  较大), 而在波密媒质面上反射时, 反射波的相位有  $\pi$  的突变, 称为半波损失, 计算波程时要附加  $\pm\lambda/2$ 。

### 重点:

1. 机械波产生的条件及波传播的物理图像。
2. 描述波动的物理量: 波长、波速、频率的物理意义及其相互关系。
3. 相位传播的概念, 并利用它写出平面简谐波的波动方程(平面简谐波的表达式)。理解波形曲线的意义, 并能熟练画出。
4. 已知给定点的振动写出平面简谐波的表达式; 已知波的表达式写出空间各点的振动表达式; 计算  $A$ 、 $T$ 、 $v$ 、 $\lambda$ 、 $u$  及波线上任意两点的相位差。
5. 波的能量密度、能流、能流密度(即波的强度)等概念。
6. 波的叠加原理, 相干波的条件。干涉现象中加强、减弱条件, 并运用来计算合振幅最大、最小的位置。

### 难点:

1. 波动和振动方程及其曲线的联系和差异
2. 相位比较法求波动方程
3. 多普勒效应及其应用
4. 驻波的概念, 驻波形成的条件; 波腹、波节的意义及位置; 各质元振动相位的关系。
5. 半波损失的意义。

## 第十八章 电磁波

**知识点:**

1. 电磁波的波动方程

$$w = \frac{1}{2} \epsilon E^2 + \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu}$$

2. 电磁波的能量密度

坡印廷矢量(电磁波的能量密度矢量)  $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$

**重点:**

1. 理解平面电磁波的基本性质.
2. 掌握平面电磁波的能量和能流密度的计算方法.

**难点:**

1. 平面电磁波的能量和能流密度的计算。

## 第十九章 光的偏振

**知识点:**

1. 光波是横波,光的偏振状态可分为自然光、线偏振光、部分偏振光、椭圆和圆偏振光等。
2. 偏振片的起偏和检偏
3. 马吕斯定律
4. 反射和折射时光的偏振
5. 双折射现象

**重点:**

1. 从光的偏振说明光是横波,理解用偏振片起偏和检偏的方法.
2. 掌握马吕斯定律,能熟练应用它计算偏振光通过检偏器后光强的变化.
3. 掌握用反射和折射现象获得偏振光的方法.
4. 理解光轴、主平面概念,理解寻常光与非常光的区别。

**难点:**

1. 光轴、主平面的概念,寻常光与非常光。

## 第二十章 光的干涉和衍射

**知识点:**

1. 获得相干光的基本原理: 把一个光源的一点发出的光束分为两束。具体方法有分波阵面法和分振幅法。
2. 杨氏双峰干涉: 是分波阵面法, 其干涉条纹是等间距的直条纹。

条纹中心位置:

$$\text{明纹: } x = \pm k \frac{D\lambda}{2a} \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

$$\text{暗纹: } x = \pm (2k + 1) \frac{D}{2a} \frac{\lambda}{2} \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

$$\text{条纹间距: } \Delta x = \frac{D}{2a} \lambda$$

3. 光程  $\delta$

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \delta$$

4. 位相差

$$\frac{\lambda}{2}$$

有半波损失时，相当于光程增或减  $\frac{\lambda}{2}$ ，相位发生  $\pi$  的突变。

5. 薄膜干涉

(1) 等厚干涉：光线垂直入射，薄膜等厚处为同一条纹。

劈尖干涉：干涉条纹是等间距直条纹。

对空气劈尖：

$$\text{明纹: } 2ne + \frac{\lambda}{2} = k\lambda \quad k = 1, 2, \dots$$

$$\text{暗纹: } 2ne + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

牛顿环干涉：干涉条纹是以接触点为中心的同心圆环。

$$\text{明环半径: } r_{\text{明}} = \sqrt{\frac{(k - \frac{1}{2})R\lambda}{n}} \quad k = 1, 2, \dots$$

$$\text{暗环半径: } r_{\text{暗}} = \sqrt{kR\frac{\lambda}{n}} \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

(2) 等倾干涉：薄膜厚度均匀，采用面广元，以相同倾角入射的光，其干涉情况一样，干涉条纹是环状条纹。

$$\text{明环: } 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2} = k\lambda \quad k = 1, 2, \dots$$

$$\text{暗环: } 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

6. 迈克尔逊干涉仪

7. 单缝夫朗和费衍射

用半波带法处理衍射问题,可以避免复杂的计算。

$$\text{单色光垂直入射时,衍射暗纹中心位置: } a \sin \phi = \pm 2k \frac{\lambda}{2} \quad k = 1, 2, \dots$$

$$\text{亮纹中心位置: } a \sin \phi = \pm (2k+1) \frac{\lambda}{2} \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

8. 光栅衍射

9. 光学仪器分辨率

**重点：**

1. 掌握用半波带法分析夫朗和费衍射单缝衍射条纹的产生及其亮暗纹位置的计算。
2. 理解光栅衍射形成明纹的条件,掌握用光栅方程计算谱线位置。
3. 理解光程及光程差的概念., 并掌握其计算方法; 理解什么情况下反射光有半波损失。
4. 掌握劈尖、牛顿环干涉实验的基本装置, 会计算干涉条纹的位置, 并了解其应用。

**难点：**

1. 光栅衍射及谱线位置的计算。

## 第二十一章 量子光学基础

知识点:

$$\frac{1}{2}m_e v_m^2 = h\nu - A$$

1. 光电效应 方程
2. 康普顿散射
3. 玻尔氢原子理论
4. 激光

重点:

1. 理解入射光频率对光电效应的影响,会利用光电效应公式计算有关的物理量.
2. 理解康普顿效应,会计算散射波长等有关物理量。
3. 理解氢原子光谱的形成及其理论解释,并能计算有关氢原子光谱的问题。
4. 理解产生激光的条件、激光的主要特性及其应用。

难点:

1. 计算有关氢原子光谱的问题。

## 第二十二章 量子力学基础

知识点:

1. 实物粒子的二象性

$$\text{粒子的能量: } E = mc^2 = h\nu$$

$$\text{粒子的动量: } P = mv = \frac{h}{\lambda}$$

2. 不确定关系: 由于二象性, 在任意时刻粒子的位置和动量都有一个不确定量, 它们之间有一个简单关系:  $\Delta x \cdot \Delta P_x \geq \hbar$
3. 物质波的振幅是波函数的振幅; 物质波振幅绝对值平方表示粒子在  $t$  时刻, 在  $(x,y,z)$  处单位体积内出现的概率, 称为概率密度.
4. 四个量子数: 描述原子中电子运动状态的四个参数.

$$\text{主量子数 } n \quad n = 1, 2, \dots$$

$$\text{角量子数 } l \quad l = 0, 1, 2, \dots, (n-1)$$

$$\text{磁量子数 } m_l \quad m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$$

$$\text{自旋磁量子数 } m_s \quad m_s = \pm \frac{1}{2}$$

重点:

1. 理解实物粒子的波粒二象性及不确定关系, 并能计算德布罗意波长和坐标或速度的不确定量.
2. 理解波函数的统计意义。
3. 理解描述原子中电子运动的四个量子数的物理意义及其取值。

难点:

1. 波函数的统计意义。

## 第二十三章 固体量子理论基础

知识点:

1. 晶体及晶体的结合类型。
2. 能带的形成;能带中电子的分布:满带、空带、导带。
3. 导体、电介质（绝缘体）、半导体的能带特征。
4. 本征半导体、杂质半导体的导电机构。

**重点:**

1. 了解晶体的分类和晶体的基本性质。.
2. 了解晶体中的电子状态，了解固体能带的概念，能从能带理论区分绝缘体、半导体和导体。
3. 了解半导体的导电机构、本征导电和杂质导电。

**难点:**

1. 导体、电介质（绝缘体）、半导体的能带特征。