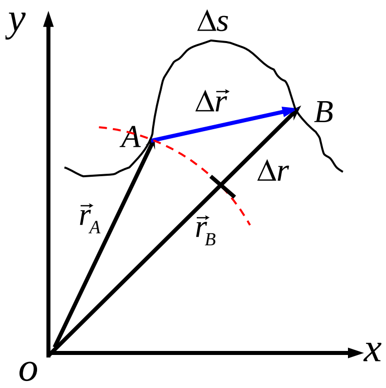
第一章质点运动学主要内容

知识点：

一． 描述运动的物理量



1． 位矢、位移和路程

由坐标原点到质点所在位置的矢量 $\vec{r}$ 称为**位矢**

位矢 $\vec{r}=x\vec{i}+y\vec{j}$，**大小** $r=|\vec{r}|=\sqrt{x^2+y^2}$

运动方程 $\vec{r}=\vec{r}(t)$

运动方程的分量形式 $\begin{cases} x=x(t) \\ y=y(t) \end{cases}$

位移是描述质点的位置变化的物理量

△t 时间内由起点指向终点的矢量 $\triangle\vec{r}=\vec{r}_B-\vec{r}_A=\Delta x\vec{i}+\Delta y\vec{j}$， $|\triangle\vec{r}|=\sqrt{\Delta x^2+\Delta y^2}$

路程是△t 时间内质点运动轨迹长度 Δs 是标量。

明确 $|\Delta\vec{r}|$、Δr 、Δs 的含义（$|\Delta\vec{r}|\neq\Delta r\neq\Delta s$）

2. **速度**（描述物体运动快慢和方向的物理量）

平均速度 $\bar{\vec{v}}=\frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}=\frac{\Delta x}{\Delta t}\vec{i}+\frac{\Delta y}{\Delta t}\vec{j}=\bar{v}_x\vec{i}+\bar{v}_y\vec{j}$

瞬时速度(速度) $\vec{v}=\lim\limits_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}=\frac{d\vec{r}}{dt}$ (速度方向是曲线切线方向)

$\vec{v}=\frac{d\vec{r}}{dt}=\frac{dx}{dt}\vec{i}+\frac{dy}{dt}\vec{j}=v_x\vec{i}+v_y\vec{j}$， $|\vec{v}|=\left|\frac{d\vec{r}}{dt}\right|=\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2+\left(\frac{dy}{dt}\right)^2}=\sqrt{v_x^2+v_y^2}$

$\frac{ds}{dt}=\left|\frac{d\vec{r}}{dt}\right|$ 速度的大小称速率。

3. **加速度**(是描述速度变化快慢的物理量)

平均加速度 $\bar{\vec{a}}=\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ **瞬时加速度(加速度)** $\vec{a}=\lim\limits_{\triangle t\to 0}\frac{\Delta\vec{\upsilon}}{\Delta t}=\frac{d\vec{\upsilon}}{dt}=\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$

$\vec{a}$ **方向指向曲线凹向** $\vec{a}=\frac{d\vec{v}}{dt}=\frac{dv_x}{dt}\vec{i}+\frac{dv_y}{dt}\vec{j}=\frac{d^2x}{dt^2}\vec{i}+\frac{d^2y}{dt^2}\vec{j}$

$|\vec{a}|=\sqrt{a_x^2+a_y^2}=\sqrt{\left(\frac{dv_x}{dt}\right)^2+\left(\frac{dv_y}{dt}\right)^2}=\sqrt{\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2+\left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)^2}$

二. 抛体运动

运动方程矢量式为 $\vec{r}=\vec{v}_0t+\frac{1}{2}\vec{g}t^2$

分量式为 $\begin{cases} x=v_0\cos\alpha t(\text{水平分运动为匀速直线运动}) \\ y=v_0\sin\alpha t-\frac{1}{2}gt^2(\text{竖直分运动为匀变速直线运动}) \end{cases}$

三. 圆周运动(包括一般曲线运动)

1. 线量： 线位移s、线速度$v=\frac{ds}{dt}$

切向加速度$a_t=\frac{dv}{dt}$（速率随时间变化率）

法向加速度$a_n=\frac{v^2}{R}$（速度方向随时间变化率）。

2. 角量： 角位移θ（单位rad）、角速度$\omega=\frac{d\theta}{dt}$（单位$rad\cdot s^{-1}$）

角速度$\alpha=\frac{d^2\theta}{dt^2}=\frac{d\omega}{dt}$（单位$rad\cdot s^{-2}$）

3. 线量与角量关系： $s=R\theta$、$v=R\omega$、$a_t=R\alpha$、 $a_n=R\omega^2$

4. 匀变速率圆周运动：

(1) 线量关系 $\begin{cases} v=v_0+at \\ s=v_0t+\frac{1}{2}at^2 \\ v^2-v_0^2=2as \end{cases}$ **(2) 角量关系** $\begin{cases} \omega=\omega_0+\alpha t \\ \theta=\omega_0t+\frac{1}{2}\alpha t^2 \\ \omega^2-\omega_0^2=2\alpha\theta \end{cases}$

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

四、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. 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. 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. 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

第二章牛顿运动定律主要内容

知识点：

一、牛顿第二定律

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

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

说明：(1)只适用质点；(2) $\vec{F}$ 为合力；(3) $\vec{a}$与$\vec{F}$ 是瞬时关系和矢量关系；

(4) 解题时常用牛顿定律分量式

（平面直角坐标系中）$\vec{F}=m\vec{a}\begin{cases}F_x=ma_x\\F_y=ma_y\end{cases}$ （一般物体作直线运动情况）

（自然坐标系中） $\vec{F}=m\vec{a}\Rightarrow\begin{cases}F_n=ma_n=m\dfrac{v^2}{r}\text{（法向）}\\F_t=ma_t=m\dfrac{dv}{dt}\text{（切向）}\end{cases}$ （物体作曲线运动）

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 ω 的参照系中，惯性离心力为 $\vec{F}_0 = mr\omega^2\hat{r}$

重点：

1、深入理解牛顿三定律的基本内容。

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、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。

运用牛顿解题的步骤：

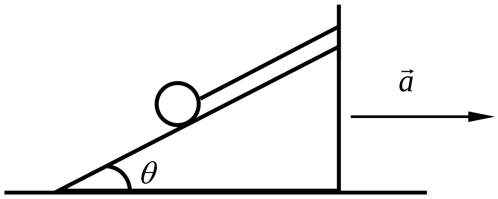
1）弄清条件、明确问题（弄清已知条件、明确所求的问题及研究对象）

2）隔离物体、受力分析（对研究物体的单独画一简图，进行受力分析）

3）建立坐标,列运动方程（一般列分量式）;

4）文字运算、代入数据

举例：如图所示，把质量为 $m=10kg$ 的小球挂在倾角 $\theta=30^0$ 的光滑斜面上，求



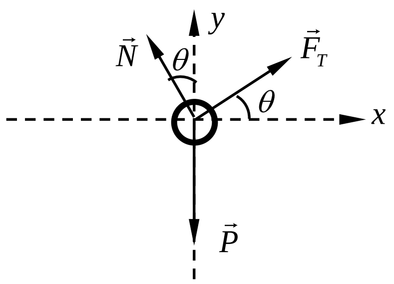
(1) 当斜面以 $a=\frac{1}{3}g$ 的加速度水平向右运动时，

(2) 绳中张力和小球对斜面的正压力。

解：1） 研究对象小球

2）隔离小球、小球受力分析

3）建立坐标,列运动方程（一般列分量式）;



$$x: F_T\cos30^\circ - N\sin30^\circ = ma \qquad (1)$$

$$y: F_T\sin30^\circ + N\cos30^\circ - mg = 0 \qquad (2)$$

4）文字运算、代入数据

$$x:\ \sqrt{3}F_T - N = 2ma \quad (a=\frac{1}{3}g) \qquad (3)$$

$$y:\ F_T + \sqrt{3}N = 2mg \qquad (4)$$

$$F_T = \frac{1}{2}mg\times(\frac{\sqrt{3}}{3}+1) = \frac{1}{2}\times10\times9.8\times1.577 = 77.3N$$

$$N = \frac{mg}{\cos30^\circ} - F_T \cdot tg30^\circ = \frac{10\times9.8}{0.866} - 77.3\times0.577 = 68.5N$$

(2) 由运动方程， $N=0$ **情况**

$$x:\ F_T\cos30^\circ = ma$$

y： $F_T \sin 30^\circ = mg$ $a = g\square ctg30^o = 9.8 \times \sqrt{3} = 17 \, {m}/{s^2}$

第三章动量守恒和能量守恒定律、刚体转动主要内容

知识点：

一、功与能

1．功的定义

质点在力 ***F*** 的作用下有微小的位移 d***r***（或写为 ds），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。

$$A_{外} + A_{内} = E_K - E_{K_0}$$

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

4、功能原理

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

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

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

二、动量与角动量

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

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

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

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. 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就保持不变。即

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

在直角坐标系中的分量式为

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

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

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

3. 角动量定理

质点的角动量：对某一固定点有

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

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

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

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

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

三、动量定理和动量守恒定理

1. 冲量和动量

$\vec{I}=\int_{t_1}^{t_2}\vec{F}dt$ 称为在 t_1-t_2 时间内，力 $\vec{F}$ 对质点的冲量。

质量 m 与速度 $\vec{v}$ 乘积称动量 $\vec{P}=m\vec{v}$

2. 质点的动量定理：$$\int_{t_1}^{t_2}\vec{F}dt=\vec{P}_2-\vec{P}_1$$ $$\vec{I}=\int_{t_1}^{t_2}\vec{F}\square dt=m\vec{v}_2-m\vec{v}_1$$

$$\int_{t_1}^{t_2}\vec{F}dt=\vec{P}_2-\vec{P}_1,\qquad \vec{P}=\sum_i\vec{P}_i$$

质点的动量定理的分量式：
$$\begin{cases} I_x=\int_{t_1}^{t_2}F_x\mathrm{d}t=mv_{2x}-mv_{1x}\\ I_y=\int_{t_1}^{t_2}F_y\mathrm{d}t=mv_{2y}-mv_{1y}\\ I_z=\int_{t_1}^{t_2}F_z\mathrm{d}t=mv_{2z}-mv_{1z}\end{cases}$$

3. 质点系的动量定理：$$\int_{t_1}^{t_2}\sum_i^n\vec{F}^{ex}dt=\sum_i^n m_i\vec{v}_i-\sum_i^n m_{i0}\vec{v}_{i0}=\vec{P}-\vec{P}_0$$

质点系的动量定理分量式
$$\begin{cases} I_x=P_x-P_{ox}\\ I_y=P_y-P_{oy}\\ I_z=P_z-P_{oz}\end{cases}$$

动量定理微分形式，在 dt 时间内：$\vec{F}dt=d\vec{P}$ 或 $\vec{F}=\dfrac{d\vec{P}}{dt}$

4. 动量守恒定理:
当系统所受合外力为零时，系统的总动量将保持不变，称为动量守恒定律

$$F_{外}=\sum_{i=1}^n F_i=0,\qquad 则\sum_i^n m_i\vec{v}_i=\sum_i^n m_{i0}\vec{v}_{i0}=恒矢量$$

动量守恒定律分量式：
$$\begin{cases} 若\ F_x=0, & 则\sum_i m_iv_{ix}=C_1(恒量)\\ 若\ F_y=0, & 则\sum_i m_iv_{iy}=C_2(恒量)\\ 若\ F_z=0, & 则\sum_i m_iv_{iz}=C_3(恒量)\end{cases}$$

五、功和功率、保守力的功、势能

1. 功和功率：

质点从 a 点运动到 b 点变力 $\vec{F}$ 所做功 $W=\int_a^b\vec{F}\cdot d\vec{r}=\int_a^b F\cos\theta ds$

恒力的功：$W=F\cos\theta|\Delta\vec{r}|=\vec{F}\cdot\Delta\vec{r}$

功率：$p=\dfrac{dw}{dt}=F\cos\theta v=\vec{F}\square\vec{v}$

2. 保守力的功

物体沿任意路径运动一周时，保守力对它作的功为零 $W_c=\oint_l\vec{F}\square d\vec{r}=0$

3. 势能

保守力功等于势能增量的负值，$w=-\left(E_p-E_{p_0}\right)=-\Delta E_p$

物体在空间某点位置的势能 $E_p\left(x,y,z\right)$

$$E_{p0}=0 \qquad \boxed{E_p(x,y,z)=\int_{A(x,y,z)}^{E_{p0}=0}\vec{F}\cdot d\vec{r}}$$

万有引力作功： $w=GMm\left(\frac{1}{r_b}-\frac{1}{r_a}\right)$

重力作功： $w=-\left(mgy_b-mgy_a\right)$

弹力作功： $w=-\left(\frac{1}{2}k{x_b}^2-\frac{1}{2}k{x_a}^2\right)$

六、动能定理、功能原理、机械能守恒守恒

1. 动能定理

质点动能定理：$W=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mv_0^2$

质点系动能定理：

作用于系统一切外力做功与一切内力作功之和等于系统动能的增量

$$\sum_i^n W_i^{\mathrm{ex}}+\sum_i^n W_i^{\mathrm{in}}=\sum_i^n\frac{1}{2}m{v^2}_i-\sum_i^n\frac{1}{2}m{v^2}_{i0}$$

2. 功能原理：外力功与非保守内力功之和等于系统机械能（动能+势能）的增量

$$W^{ex}+{W_{nc}}^{in}=E-E_0$$

机械能守恒定律：只有保守内力作功的情况下，质点系的机械能保持不变

当 $W^{\mathrm{ex}}+W_{\mathrm{nc}}^{\mathrm{in}}=0$ $\quad W^{\mathrm{ex}}+W_{\mathrm{nc}}^{\mathrm{in}}=(E_{\mathrm{k}}+E_{\mathrm{p}})-(E_{\mathrm{k0}}+E_{\mathrm{p0}})$

七、刚体运动

1、描述刚体定轴转动的物理量及运动学公式。

2、刚体定轴转动定律

$$\vec{M}=I\vec{\beta}$$

3、刚体的转动惯量

$I=\sum\Delta m_i r_i^2$ （离散质点）

$I=\int r^2dm$ （连续分布质点）

平行轴定理 $I=I_c+ml^2$

4、定轴转动刚体的角动量定理

定轴转动刚体的角动量 $\vec{L}=I\vec{\omega}$

刚体角动量定理 $\vec{M}=\frac{d\vec{L}}{dt}=\frac{d\left(I\vec{\omega}\right)}{dt}$

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。即只有保守力的力矩作功时，刚体的转动动能与转动势能之和为常量。

6、定轴转动刚体的机械能守恒

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

式中 h_c 是刚体的质心到零势面的距离。

重点：

1. 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、求解综和问题的思想和方法。

5 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。

6 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。

7. 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。

8. 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. 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。

第四章真 空 中 的 静 电 场

知识点：

1. 场强

(1) 电场强度的定义 $\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q_0}$

(2) 场强叠加原理 $\vec{E}=\sum\vec{E}_i$ （矢量叠加）

(3) 点电荷的场强公式 $\vec{E}=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{r}$

(4) 用叠加法求电荷系的电场强度 $\vec{E}=\int\frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{r}$

2. 高斯定理

真空中 $\oint_S\vec{E}\cdot d\vec{S}=\frac{1}{\varepsilon_0}\sum q_{内}$

电介质中 $$\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{S}=\frac{1}{\varepsilon_0}\sum q_{\text{内,自由}}$$

$$\vec{D}=\varepsilon\vec{E}=\varepsilon_0\varepsilon_r\vec{E}$$

3. 电势

(1) 电势的定义 $V_p=\int_p^{\text{零势点}}\vec{E}\cdot d\vec{l}$

对有限大小的带电体,取无穷远处为零势点,则 $V_p=\int_p^{\infty}\vec{E}\cdot d\vec{l}$

(2) 电势差 $$V_a-V_b=\int_a^b\vec{E}\cdot d\vec{l}$$

(3) 电势叠加原理 $V=\sum V_i$ (标量叠加)

(4) 点电荷的电势 $V=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$ (取无穷远处为零势点)

电荷连续分布的带电体的电势 $V=\int\frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r}$ (取无穷远处为零势点)

4. 电荷 q 在外电场中的电势能 $w_a=qV_a$

5. 移动电荷时电场力的功 $A_{ab}=q(V_a-V_b)$

6. 场强与电势的关系 $$\vec{E}=-\nabla V$$

重点:

1. 掌握电场强度和电势的概念以及相应的叠加原理。掌握电势与电场强的积分关系，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。

第五章 静 电 场 中 的 导 体

知识点:

1. 导体的静电平衡条件

(1) $\vec{E}_{内}=0$

(2) $\vec{E}_{表面}\perp$ 导体表面

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.

$$E_{表面}=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

3. 电容定义 $C=\dfrac{q}{U}$

平行板电容器的电容 $C=\dfrac{\varepsilon_0\varepsilon_r S}{d}$

电容器的并联 $C=\sum C_i$ （各电容器上电压相等）

电容器的串联 $\dfrac{1}{C}=\sum\dfrac{1}{C_i}$ （各电容器上电量相等）

4. 电容器的能量 $W_e=\dfrac{1}{2}\dfrac{Q^2}{C}=\dfrac{1}{2}CV^2$

电场能量密度 $W_e=\dfrac{1}{2}\varepsilon E^2$

5. 欧姆定律的微分形式 $\vec{J}=\sigma\vec{E}$

6、电动势的定义 $\varepsilon_i=\oint_L\vec{E}_k\cdot d\vec{l}$ 式中 $\vec{E}_k$ 为非静电性电场. 电动势是标量，其流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。

难点：

1. 有导体存在时的电场和导体上电荷分布的计算。

第六章静 电 场 中 的 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。

第七章 真 空 中 的 稳 恒 磁 场

知识点：

1. 恒定电流 I=dq/dt；电流密度 j=
1. 毕奥-萨伐定律

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

式中，$Id\vec{l}$ 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，θ_1、θ_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.

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

b) 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
$$B=\frac{\mu_0 I}{4\pi R}\theta \qquad \theta\text{单位为：弧度（}rad\cdot\text{）}$$

(4) 通电流的无限长均匀密绕螺线管内 $B=\mu_0 nI$

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

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) 洛仑兹力
$$\vec{F}=q\vec{v}\times\vec{B}$$

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

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

(3) 载流线圈的磁矩 $\vec{p}_m=NIS\hat{n}$

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 $V=\dfrac{1}{ne}\cdot\dfrac{IB}{b}$

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) 理解洛仑兹力公式,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

第八章 电 磁 感 应 电 磁 场

知识点:

1. 磁介质 $\vec{H}$ 的定义 $\vec{H}=\dfrac{\vec{B}}{\mu_0}-\vec{M}$； $\vec{B}$ 与 $\vec{H}$ 的关系 $\vec{B}=\mu\vec{H}=\mu_0\mu_r\vec{H}$

2. 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.

3. 法拉第电磁感应定律 $\varepsilon_i=-\dfrac{d\Psi}{dt}$ $\Psi=N\Phi$

4. 动生电动势：导体在稳恒磁场中运动时产生的感应电动势.

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

5 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.

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

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 $E_{感}=-\dfrac{r}{2}\dfrac{dB}{dt}$ $(r\le R)$ $E_{感}=-\dfrac{R^2}{2r}\dfrac{dB}{dt}$ $(r\ge R)$

6. 自感和互感

自感系数 $L=\dfrac{\Psi}{I}$ 自感电动势 $\varepsilon_L=-L\dfrac{dI}{dt}$

自感磁能 $W_m = \frac{1}{2}LI^2$ 互感系数 $M = \frac{\Psi_{21}}{I_1} = \frac{\Psi_{12}}{I_2}$

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

7. 磁场的能量密度 $w_m = \frac{B^2}{2\mu} = \frac{1}{2}BH$

8. 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

$I_d = \frac{d\Phi_D}{dt} = \int_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$；位移电流密度 $\vec{j}_D = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$

9. 麦克斯韦方程组的积分形式

$\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{S} = \sum q = \int_V \rho dV$；$\oint_L \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$

$\oint_S \vec{B}\cdot d\vec{S} = 0$；$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l} = \int_S \vec{j}\cdot d\vec{S} + \int_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$

10. 电磁波的波动方程

11. 电磁波的能量密度 $w = \frac{1}{2}\varepsilon E^2 + \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu}$

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. 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。

第九章机械振动与机械波

一. 简谐运动

振动：描述物质运动状态的物理量在某一数值附近作周期性变化。

机械振动：物体在某一位置附近作周期性的往复运动。

简谐运动动力学特征：$F = -kx$；简谐运动运动学特征：$a = -\omega^2 x$

简谐运动方程：$x = A\cos(wt + j)$；简谐振动的运动微分方程 $\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$

简谐振动物体的速度：$v = \frac{dx}{dt} = -wA\sin(wt + j)$

角频率: $\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}$， $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$；A 与 ϕ 由初始条件决定: $A=\sqrt{x_0^2+\frac{v_0^2}{\omega^2}}$ $\phi=tg^{-1}(-\frac{v_0}{\omega x_0})$

加速度 $a=\frac{d^2x}{dt^2}=-w^2A\cos(wt+j)$

速度的最大值 $v_m=wA$， 加速度的最大值 $a_m=w^2A$

简谐振动能量

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

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

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

同一直线上两个同频率简谐振动的合成

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

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

同相: $\Delta\phi=2k\pi$， $A=A_1+A_2$

反相: $\Delta\phi=(2k+1)\pi$， $A=|A_1-A_2|$， $k=0,\pm1,\pm2,\cdots$

二. 描述谐振动的三个特征物理量

1. **振幅** A： $A=\sqrt{x_0^2+\frac{v_0^2}{w^2}}$，取决于振动系统的能量。

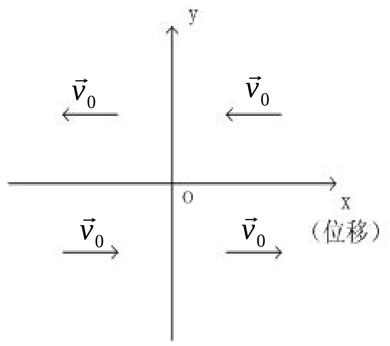
2. **角(圆)频率** w： $w=2pn=\frac{2p}{T}$，取决于振动系统的性质

对于弹簧振子 $w=\sqrt{\frac{k}{m}}$ 、对于单摆 $\omega=\sqrt{\frac{g}{l}}$

3. **相位——** $wt+j$ **，它决定了振动系统的运动状态**（x,v）

$t=0$ **的相位—初相** $j=\mathrm{arc}tg\frac{-v_0}{wx_0}$

j 所在象限由 x_0 和 v_0 的正负确定：



$x_0>0$，$v_0<0$，φ **在第一象限，即** φ **取**（$0\sim\frac{\pi}{2}$）

$x_0<0$，$v_0<0$，φ **在第二象限，即** φ **取**（$\frac{\pi}{2}\sim\pi$）

$x_0<0$，$v_0>0$，φ **在第三象限，即** φ **取**（$\frac{\pi}{2}\sim\frac{3\pi}{2}$）

$x_0>0$，$v_0>0$，φ **在第四象限，即** φ **取**（$\frac{3\pi}{2}\sim2\pi$）

三. 旋转矢量法

简谐运动可以用一旋转矢量（长度等于振幅）的矢端在 Ox 轴上的投影点运动来描述。

1. $\vec{A}$ 的模 $|\vec{A}|$=振幅 A，

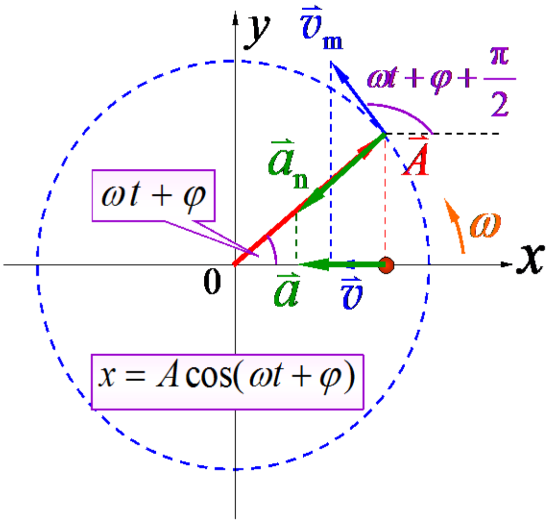
2. 角速度大小=谐振动角频率 ω

3. $t=0$ 的角位置 φ 是初相

4. t 时刻旋转矢量与 x 轴角度是 t 时刻

振动相位 $\omega t+\varphi$

5. 矢端的速度和加速度在 Ox 轴上的投影点速度和加速度是谐振动的速度和加速度。



四. 简谐振动的能量

以弹簧振子为例：

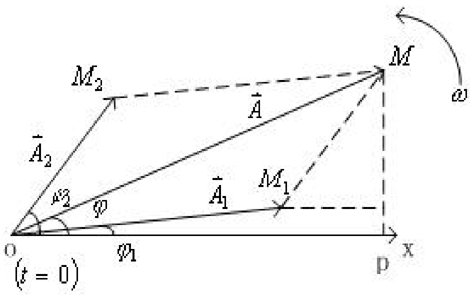
$$E=E_k+E_p=\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}m\omega^2A^2=\frac{1}{2}kA^2$$

五. 同方向同频率的谐振动的合成

设 $x_1=A_1\cos(\omega t+\varphi_1)$

$x_2=A_2\cos(\omega t+\varphi_2)$

$x=x_1+x_2=A\cos(\omega t+\varphi)$



合成振动振幅与两分振动振幅关系为：$\vec{A}=\vec{A}_1+\vec{A}_2$

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

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

合振动的振幅与两个分振动的振幅以及它们之间的相位差有关。

$\Delta\varphi=2k\pi\,(k=0\pm1\pm2\cdots)\ A=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2}=A_1+A_2$

$\Delta\varphi=(2k+1)\pi\,(k=0\pm1\pm2\cdots)\ A=\sqrt{A_1^2+A_2^2-2A_1A_2}=|A_1-A_2|$

一般情况，相位差 $\varphi_2-\varphi_1$ 可以取任意值 $|A_1-A_2|<A<|A_1+A_2|$

2. 波动的基本概念

（1）. 机械波：机械振动在弹性介质中的传播。

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）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。

波线——沿波传播方向的有向线段。

波面——振动相位相同的点所构成的曲面

波长 λ：振动的相位在一个周期内传播的距离。

振动相位传播的速度。波速与介质的性质有关

（3） 波速 u，波的周期 T 及波长 λ 的关系

$$T=\frac{1}{\nu},\qquad u=\frac{\lambda}{T}$$

（4 ）平面简谐波的表达式（设座标原点 O 的振动初相位为 ϕ）

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

（5） 波的传播是能量的传播

平均能量密度 $\overline{\omega} = \frac{1}{2}\rho\omega^2 A^2$

（6）平均能流密度即波的强度 $I = \overline{\omega}u = \frac{1}{2}\rho u\omega^2 A^2$

3. 简谐波

沿 ox 轴正方向传播的平面简谐波的波动方程

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

质点的振动速度 $v = \frac{\partial y}{\partial t} = -\omega A\sin[\omega(t - \frac{x}{u}) + \varphi]$

质点的振动加速度 $a = \frac{\partial v}{\partial t} = -\omega^2 A\cos[\omega(t - \frac{x}{u}) + \varphi]$

这是沿 ox 轴负方向传播的平面简谐波的波动方程。

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

4. 波的干涉

两列波频率相同，振动方向相同，相位相同或相位差恒定，相遇区域内出现有的地方振动始终加强，有的地方振动始终减弱叫做波的干涉现象。

两列相干波加强和减弱的条件：

（1） $\Delta\varphi = (\varphi_2 - \varphi_1) - 2\pi\frac{r_2 - r_1}{\lambda} = \pm 2k\pi \quad (k = 0,1,2,\cdots)$ 时， $A = A_1 + A_2$

（振幅最大，即振动加强）

$\Delta\varphi = (\varphi_2 - \varphi_1) - 2\pi\frac{r_2 - r_1}{\lambda} = \pm(2k+1)\pi \quad (k = 0,1,2,\cdots)$ 时， $A = |A_1 - A_2|$

（振幅最小，即振动减弱）

（2）若 $\varphi_2 = \varphi_1$（波源初相相同）时，取 $\delta = r_2 - r_1$ 称为波程差。

$\delta = r_2 - r_1 = \pm 2k\lambda \quad (k = 0,1,2,\cdots)$ 时， $A = A_1 + A_2$ （振动加强）

$\delta = r_2 - r_1 = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2} \quad (k = 0,1,2,\cdots)$ 时， $A = |A_1 - A_2|$ （振动减弱）；

其他情况合振幅的数值在最大值 $A_1 + A_2$ 和最小值 $|A_1 - A_2|$ 之间。

5、 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 π，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。

6. 半波损失：波从波疏媒质（ρu 较小）传向波密媒质（ρu 较大），而在波密媒质面上反射时，反

射波的相位有π的突变，称为半波损失，计算波程时要附加±λ/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、ν、λ 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。

第十一章　光学

知识点：

一、光的偏振

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

二、光的衍射与干涉

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：

明纹：$x=\pm k\dfrac{D\lambda}{2a}\qquad k=0,1,2,,...$

暗纹：$x=\pm(2k+1)\dfrac{D}{2a}\dfrac{\lambda}{2}\qquad k=0,1,2,,...$

条纹间距：$\Delta x=\dfrac{D}{2a}\lambda$

3. 光程δ
4. 位相差 $\Delta\phi=\dfrac{2\pi}{\lambda}\delta$

有半波损失时，相当于光程增或减$\dfrac{\lambda}{2}$，相位发生π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：

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

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

牛顿环干涉：干涉条纹是以接触点为中心的同心圆环.

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

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

（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。

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

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

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.

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

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

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。

第十二章气体动理论主要内容

一. 理想气体状态方程：

理想气体状态方程$\frac{PV}{T}=C \rightarrow \frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$； $PV=\frac{m'}{M}RT$； $P=nkT$

$R=8.31 J/k\cdot mol$； $k=1.38\times10^{-23} J/k$； $N_A=6.022\times10^{23}mol^{-1}$； $R=N_A\cdot k$

在平衡态下，$\boldsymbol{p=nkT}$,

、 普适气体常数 $\boldsymbol{R=8.31J/mol\cdot K}$

玻耳兹曼常数 $\boldsymbol{k=\frac{R}{N_A}=1.38\times10^{-23}J/K}$

二．理想气体压强公式

$p=\frac{2}{3}n\bar{\varepsilon}_{kt}$ $\quad\quad\bar{\varepsilon}_{kt}=\frac{1}{2}m\overline{v^2}$ 分子平均平动动能

三．理想气体温度公式

$$\bar{\varepsilon}_{kt}=\frac{1}{2}m\overline{v^2}=\frac{3}{2}kT$$

四、速率分布函数 $f(v)=\frac{dN}{Ndv}$

麦克斯韦速度分布函数 $F(v_x,v_y,v_z)=(\frac{m}{2\pi kT})^{\frac{3}{2}}e^{-\frac{m}{2kT}(v_x^2+v_y^2+v_z^2)}$

麦克斯韦速率分布函数 $f(v)=4\pi(\frac{m}{2\pi kT})^{\frac{3}{2}}e^{-\frac{m}{2kT}v^2}v^2$

三种速率

最概然速率 $v_p=\sqrt{\frac{2kT}{m}}=\sqrt{\frac{2RT}{\mu}}$

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

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

五、能均分原理

1. 自由度：确定一个物体在空间位置所需要的独立坐标数目。
2. 气体分子的自由度

单原子分子（如氦、氖分子）$i=3$；刚性双原子分子 $i=5$；刚性多原子分子 $i=6$

3. 能均分原理：在温度为 T 的平衡状态下，气体分子每一自由度上具有的平均动都相等，其值为 $\frac{1}{2}kT$

4. 每一个自由度的平均动能为 1/(2KT)。

一个分子的总平均动能为 $\bar{E}=\frac{i}{2}kT(i:\text{自由度})$。

ν 摩尔理想气体的内能 $E=\nu\cdot\frac{i}{2}RT$。

六、理想气体的内能（所有分子热运动动能之和）

1. $1mol$ 理想气体 $E=\frac{i}{2}RT$

3. 一定量理想气体 $E=\nu\frac{i}{2}RT(\nu=\frac{m'}{M})$

七．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 $n=n_0e^{-mgh/kT}$

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。

第十三章热力学基础主要内容

一.准静态过程（平衡过程）

1、系统从一个平衡态到另一个平衡态，中间经历的每一状态都可以近似看成平衡态过程。

2、 体积功：准静态过程中系统对外做的功为

$$dA = pdV\ ,\qquad A = \int_{V_1}^{V_2} pdV$$

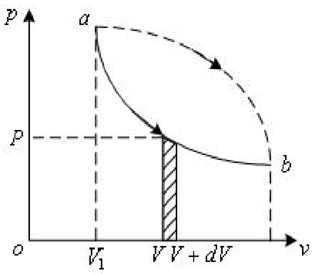


图 6-2

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. 热容量 $C = \dfrac{dQ}{dT}$

定压摩尔热容量 $C_p = \dfrac{dQ_p}{dT}$

定容摩尔热容量 $C_V = \dfrac{dQ_V}{dT}$

迈耶公式 $C_p = C_V + R$

比热容比 $\gamma = \dfrac{C_p}{C_V} = \dfrac{i+2}{i}$

5. 气体的绝热过程 $pV^{\gamma} = c$，

绝热自由膨胀：内能不变，温度复原。

6. 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。

效率 $\eta = \dfrac{A}{Q_1} = 1 - \dfrac{Q_2}{Q_1}$

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。

致冷系数：$\varepsilon = \dfrac{Q_2}{A} = \dfrac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$

7. 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。

卡诺正循环效率 $\eta = 1 - \dfrac{T_2}{T_1}$

卡诺逆循环致冷系数 $\varepsilon = \dfrac{T_2}{T_1 - T_2}$

8. 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。

9. 热力学概率 Ω：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Ω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。

10. 玻耳兹曼熵公式 $S = k\ln\Omega$

11. 可逆过程：无摩擦的准静态过程是可逆过程。

12. 克劳修斯熵公式 克劳修斯熵公式

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

13. 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。

二. 热力学第一定律

$Q = \Delta E + W$ ；$dQ = dE + dW$

1. 气体 $W = \int_{V_1}^{V_2} P dv$

2. $Q, \Delta E, W$ 符号规定

3. $dE = \frac{m'}{M} C_{V,m} dT$ 或 $E_2 - E_1 = \frac{m'}{M} C_{V,m}(T_2 - T_1)$ $\quad C_{V,m} = \frac{i}{2} R$

三. 热力学第一定律在理想气体的等值过程和绝热过程中的应用

1. 等体过程

$$\begin{cases} W = 0 \\ Q = \Delta E = \nu C_{V,m}(T_2 - T_1) \end{cases}$$

2. 等压过程

$$\begin{cases} W = p(V_2 - V_1) = \nu R(T_2 - T_1) \\ Q = \Delta E + W = \nu C_{p,m}(T_2 - T_1) \end{cases}$$

$C_{p,m} = C_{V,m} + R = \frac{i+2}{2} R,$ $\quad$ 热容比 $\gamma = \frac{C_{p,m}}{C_{V,m}} > 1$

3. 等温过程

$$\begin{cases} E_2 - E_1 = 0 \\ Q_T = W_T = \frac{m'}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m'}{M} RT \ln \frac{p_2}{p_1} \end{cases}$$

4. 绝热过程

$$\begin{cases} Q = 0 \\ W = -\Delta E = -\nu C_{V,m}(T_2 - T_1) \end{cases}$$

绝热方程 $PV^{\gamma} = C_1$， $V^{\gamma-1}T = C_2$ ，$P^{\gamma-1}T^{-\gamma} = C_3$ 。

四. 循环过程

特点：系统经历一个循环后， $\Delta E = 0$

系统经历一个循环后 Q（代数和）$= W$（代数和）

1. 正循环（顺时针）------热机

逆循环（逆时针）------致冷机

2. 热机效率：

$$\boxed{\eta=\frac{W}{Q_1}=\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}=1-\frac{Q_2}{Q_1}}$$

式中：Q_1------在一个循环中，系统从高温热源吸收的热量和；

Q_2------在一个循环中，系统向低温热源放出的热量和；

$W=Q_1-Q_2$------在一个循环中，系统对外做的功（代数和）。

3. 卡诺热机效率： $\eta_c=1-\frac{T_2}{T_1}$ 式中：T_1------高温热源温度；T_2------低温热源温度；

4. 制冷机的制冷系数：

$$\boxed{\text{定义：}e=\frac{Q_2}{W}=\frac{Q_2}{Q_1\text{-}Q_2}}$$

卡诺制冷机的制冷系数：$e=\frac{Q_2}{Q_1-Q_2}=\frac{T_2}{T_1-T_2}$

五. 热力学第二定律

1. 开尔文表述：从单一热源吸取热量使它完全变为有用功的循环过程是不存在的（热机效率为100%是不可能的）。

2. 克劳修斯表述：热量不能自动地从低温物体传到高温物体。

3. 两种表述是等价的

4、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。

六、气体和凝聚态.

1. 分子刚性球模型

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. 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. 输运过程

热传导：输运无规则运动能量。

热传导系数 $K=\frac{1}{3}\rho\bar{v}\bar{\lambda}\frac{C_v}{\mu}$

粘性：输运无规则定向运动能量。

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

扩散：输运分子质量

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

重点：

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. 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. 热容量的概念，直接计算理想气体各过程的热量传递。
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. 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. 实际宏观过程的不可逆性。
7. 热力学概率的意义及它和实际过程进行方向的关系。
8. 熵的概念，热力学熵和统计熵
9. 熵增加原理是热力学第二定律的数学表达式。
10. 可逆过程的概念及简单熵变问题。

难点：

1. 热容量的概念，和在不同过程中热容量的计算。
2. 熵和熵增加原理。

第十四章 相对论

知识点：

1、爱因斯坦狭义相对论的基本假设。

2、洛仑兹坐标变换

$$\begin{cases} x'=\gamma(x-ut) \\ y'=y \\ z'=z \\ t'=\gamma\left(t-\dfrac{ux}{c^2}\right) \end{cases} \qquad \begin{cases} x=\gamma(x'+ut') \\ y=y' \\ z=z' \\ t=\gamma\left(t'+\dfrac{ux'}{c^2}\right) \end{cases}$$

式中：$\gamma=\dfrac{1}{\sqrt{1-\dfrac{u^2}{c^2}}}$

3. 长度收缩 $L=L_0\sqrt{1-\dfrac{u^2}{c^2}}$ （注意同时性条件）

4. 时间膨胀 $\Delta t=\dfrac{\Delta t'}{\sqrt{1-\dfrac{u^2}{c^2}}}$

5. 相对论速度变换

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

6. 狭义相对论中的质量和能量

（1） 相对论质量与速度关系 $m=\dfrac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$ (m_0为静质量)

(2）相对论动量：

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

(3）相对论能量：

总能 $E=mc^2$

静能 $E_0=m_0c^2$

动能 $E_K=mc^2-m_0c^2$

能量动量关系 $E^2=(cP)^2+(m_0c^2)^2$

重点：

1、理解爱因斯坦狭义相对论的两条基本假设。

2. 正确理解和应用洛仑兹坐标变换公式。

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。

量子物理

一、量子光学基础

1. 光电效应 方程 $\frac{1}{2}m_e v_m^2 = h\nu - A$
2. 康普顿散射
3. 玻尔氢原子理论
4. 激光

二、量子力学基础

1. 实物粒子的二象性

粒子的能量：$E = mc^2 = h\nu$

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.

主量子数 n $n = 1,2,\ldots$

角量子数 l $l = 0,1,2,\ldots,(n-1)$

磁量子数 m_l $m_l = 0,\pm1,\pm2,\ldots,\pm l$

自旋磁量子数 m_s $m_s = \pm\frac{1}{2}$

三、固体量子理论基础

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. 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。

附:

点电荷场强: $\boldsymbol{E}=k\dfrac{q}{r^2}\boldsymbol{e}_r$ ；点电荷系场强: $\boldsymbol{E}=\sum\limits_{i=1}^{n}\boldsymbol{E}_i=\sum\limits_{i=1}^{n}\dfrac{q_i}{4\pi\varepsilon_0 r_i^2}\boldsymbol{e}_{r_i}$

连续带电体场强: $\boldsymbol{E}=\int d\boldsymbol{E}=\int_Q\dfrac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\boldsymbol{e}_r$ ；静电场高斯定理: $\Phi_e=\oint_S\boldsymbol{E}\cdot d\boldsymbol{S}=\dfrac{q_{内}}{\varepsilon_0}$

静电场的环流定理 : $\oint_L\boldsymbol{E}\cdot d\boldsymbol{r}=0$ ；电势: $V_a=\dfrac{W_a}{q_0}=\int_a^{(0)}\boldsymbol{E}\cdot d\boldsymbol{r}$

运动电荷的磁场: $\boldsymbol{B}=\dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{q\boldsymbol{v}\times\boldsymbol{e}_r}{r^2}$ ；磁场高斯定理: $\oint_S\boldsymbol{B}\cdot d\boldsymbol{S}=0$ ；安培环路定理: $\oint_L\boldsymbol{B}\cdot d\boldsymbol{l}=\mu_0\sum I_{内}$

载流平面线圈的磁矩: $\boldsymbol{m}=I\boldsymbol{S}$ （m 和 S 沿电流的右手螺旋方向）；洛伦兹力: $\boldsymbol{F}=q\boldsymbol{v}\times\boldsymbol{B}$

安培力公式: $d\boldsymbol{F}=Id\boldsymbol{l}\times\boldsymbol{B}$ ；载流平面线圈在均匀磁场中受到的合磁力: $\boldsymbol{F}_{合}=0$

载流平面线圈在均匀磁场中受到的磁力矩: $\boldsymbol{M}=\boldsymbol{m}\times\boldsymbol{B}$;非静电性场强 : $\mathbf{E}_k=\dfrac{\mathbf{F}_k}{q}$

电源电动势 : $\varepsilon=\dfrac{dW_k}{q}=\int_{(-)}^{(+)}\boldsymbol{E}_k\cdot d\boldsymbol{l}$ ；一段电路的电动势: $\varepsilon=\int_l\mathbf{E}_k\cdot d\mathbf{l}$ ；闭合电路的电动势 : $\varepsilon=\oint_l\boldsymbol{E}_k\cdot d\boldsymbol{l}$

（当 $\varepsilon>0$ 时，电动势沿电路（或回路）l 的正方向，$\varepsilon<0$ 时沿反方向）

感应电流: $I=-\dfrac{1}{R}\dfrac{d\Phi}{dt}$ ；感应电量 : $q=-\dfrac{\Delta\Phi}{R}=\dfrac{\Phi_1-\Phi_2}{R}$

场强迭加原理：点电荷场强 $\boldsymbol{E}=k\dfrac{q}{r^2}\boldsymbol{e}_r$ ；点电荷系场强: $\boldsymbol{E}=\sum\limits_{i=1}^{n}\boldsymbol{E}_i=\sum\limits_{i=1}^{n}\dfrac{q_i}{4\pi\varepsilon_0 r_i^2}\boldsymbol{e}_{r_i}$

连续带电体场强 $\boldsymbol{E}=\int d\boldsymbol{E}=\int_Q \frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\boldsymbol{e}_r$

几种典型电荷分布的电场强度：

均匀带电球面 $\boldsymbol{E}=\begin{cases}\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\boldsymbol{e}_r & r>R\\ 0 & r<R\end{cases}$；均匀带电球体 $\boldsymbol{E}=\begin{cases}\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\boldsymbol{e}_r & (r>R)\\ \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R^3}\boldsymbol{r}=\frac{\rho}{3\varepsilon_0}\boldsymbol{r} & (r\le R)\end{cases}$

均匀带电长直圆柱面 $E=\begin{cases}\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r} & r>R\\ 0 & r<R\end{cases}$；均匀带电长直圆柱体 $E=\begin{cases}\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r} & r>R\\ \frac{\lambda r}{2\pi\varepsilon_0 R^2}=\frac{\rho r}{2\varepsilon_0} & r\le R\end{cases}$

无限大均匀带电平面 $E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

电势迭加原理：

点电荷电势 $V_a=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$；点电荷系电势 $V_a=\sum V_{ai}=\sum\frac{q_i}{4\pi\varepsilon_0 r_i}$

连续带电体电势 $V_a=\int dV_a=\int\frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r}$

几种典型电场的电势：

均匀带电球面 $V=\begin{cases}\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R} & (r\le R)\\ \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r} & (r\ge R)\end{cases}$；均匀带电直线 $V=-\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_o}\ln r+C$

几种典型磁场：

有限长载流直导线的磁场 $B=\frac{\mu_0 I}{4\pi r}(\cos\theta_1-\cos\theta_2)$；无限长载流直导线的磁场 $B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

圆电流轴线上的磁场 $B=\frac{\mu_0 IR^2}{2(R^2+x^2)^{3/2}}$；圆电流中心的磁场 $B=\frac{\mu_0 I}{2R}$

长直载流螺线管内的磁场 $B=\mu_0 nI$；载流密绕螺绕环内的磁场 $B=\frac{\mu_0 NI}{2\pi r}$

1、动生电动势　在磁场中运动的导线 l 以洛伦兹力为非电静力而成为一电源，导线上的动生电动势

$$\varepsilon=\int_l (\mathbf{v}\times\mathbf{B})\cdot d\mathbf{l}$$

若$\varepsilon>0$，电动势沿导线 l 的正方向，若$\varepsilon<0$，沿反方向。动生电动势的大小为导线单位时间扫过的磁通量，动生电动势的方向可由正载流子受洛伦兹力的方向决定。

直导线在均匀磁场的垂面以磁场为轴转动$\varepsilon=\dfrac{1}{2}B\omega l^2$。

平面线圈绕磁场的垂轴转动$\varepsilon=NBS\omega\sin\theta$

电场的能量

电容器的能量 $W_e=\dfrac{Q^2}{2C}=\dfrac{1}{2}QU=\dfrac{1}{2}CU^2$

电场的能量密度 $W_e=\dfrac{1}{2}\varepsilon E^2=\dfrac{1}{2}ED=\dfrac{D^2}{2\varepsilon}$

电场的能量 $W_e=\int w_e dV=\int\dfrac{1}{2}\varepsilon E^2 dV$

电容器的电容：$C=\dfrac{Q}{U}$

平行板电容器 $C=\varepsilon\dfrac{S}{d}$；圆柱形电容器 $C=\dfrac{2\pi\varepsilon l}{\ln(R_2/R_1)}$

球形电容器 $C=4\pi\varepsilon\dfrac{R_1R_2}{R_2-R_1}$；孤立导体球 $C=4\pi\varepsilon_0 R$

电容器的联接：

并联电容器 $C=\Sigma C_i$；串联电容器 $\dfrac{1}{C}=\Sigma\dfrac{1}{C_i}$