大学物理（一）

任课老师：蔡林
cailin@hust.edu.cn

第1章 质点运动学

1、位置矢量 $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$

2、运动方程和轨迹方程 $\vec{r} = \vec{r}(t)$ $f(x, y, z)=0$

3、位移 $\Delta\vec{r} = \vec{r}_B - \vec{r}_A$

4、速度 $\vec{v} = \dfrac{d\vec{r}}{dt}$

矢量，
微元。

5、加速度

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$$

分离变量，
变量代换。

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt}\vec{e}_t + \frac{v^2}{\rho}\vec{e}_n = \vec{a}_t + \vec{a}_n$$

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

第2章 牛顿运动定律总结

1. 三个定律

牛顿三定律，特别是：

$$\vec{F}=\frac{\mathrm{d}(m\vec{v})}{\mathrm{d}t}=m\vec{a}$$

2. 质点的动量： $\vec{p}=m\vec{v}$

动量定理： $\vec{I}=\int_{t_1}^{t_2}\vec{F}(t)\mathrm{d}t=\vec{p}_2-\vec{p}_1=m\vec{v}_2-m\vec{v}_1$

质点系的动量： $\vec{p}=\sum\vec{p}_i$

质点系动量定理： $\int_{t_1}^{t_2}\sum\vec{F}_{i外}\mathrm{d}t=(\sum\vec{p}_i)_2-(\sum\vec{p}_i)_1$

质点系动量守恒定律： 当$\sum\vec{F}_i=0$时，$\sum\vec{p}_i=$恒矢量

3. 质点的角动量

$$\vec{L}=\vec{r}\times\vec{p} \qquad \vec{M}=\vec{r}\times\vec{F}$$

角动量定理：

$$\begin{cases} \vec{M}=\dfrac{\mathrm{d}\vec{L}}{\mathrm{d}t} \\ \displaystyle\int_{t_1}^{t_2}\vec{M}\mathrm{d}t=\vec{L}_2-\vec{L}_1 \end{cases}$$

角动量守恒定律： 当 $\vec{M}=0$ 时，$\vec{L}=$ 恒矢量

4. 质点的动能定理

$$A_{ab}=\int_a^b\vec{F}\cdot\mathrm{d}\vec{r}=E_{kb}-E_{ka}=\frac{1}{2}mv_b^2-\frac{1}{2}mv_a^2$$

5. 保守力的功

$$A_{ab}=-(E_{\mathrm{p}b}-E_{\mathrm{p}a})$$

典型保守力对应的势能函数，势能零点。

6. 质点系的功能原理

$$A_{外}+A_{非保守内力}=E_b-E_a=\Delta E$$

7. 机械能守恒定律

当$A_{外}+A_{非保内}=0$时，$E=E_k+E_{\mathrm{p}}=$恒量

第3章 刚体的定轴转动

刚体的平动　质心

$$\vec{r}_c = \frac{\int \vec{r}\mathrm{d}m}{\int \mathrm{d}m} = \frac{1}{m}\int \vec{r}\mathrm{d}m \qquad \vec{F} = \frac{\mathrm{d}\vec{p}}{\mathrm{d}t} = m\frac{\mathrm{d}\vec{v}_c}{\mathrm{d}t} = m\vec{a}_c$$

刚体定轴转动的描述： $v = r\omega \quad a_{\mathrm{t}} = r\beta \quad a_{\mathrm{n}} = r\omega^2$

刚体定轴转动定律

刚体对转轴的**转动惯量**：

$$\boxed{J = \sum_i m_i r_i^2}$$

刚体定轴转动定律:

$$\boxed{M = J\beta}$$

转动惯量的计算:

$$\boxed{J = J_C + md^2}$$

——**平行轴定理**

刚体定轴转动定律的应用

刚体的**转动动能** $E_k = \frac{1}{2}J\omega^2$

力矩的元功 $\mathrm{d}A = M\mathrm{d}\theta$

定轴转动的动能定理 $A = \frac{1}{2}J\omega_2{}^2 - \frac{1}{2}J\omega_1{}^2 = E_{k2} - E_{k1}$

刚体绕定轴转动的机械能： $\frac{1}{2}J\omega^2 + mgy_C$

刚体的角动量定理和角动量守恒定律

刚体绕定轴转动的**角动量**： $L_z = J\omega$

刚体绕定轴转动的角动量定理： $M_z = \frac{\mathrm{d}L_z}{\mathrm{d}t}$

角动量守恒定律 若 $M = 0$，则 $L = J\omega$ 为常矢量

第4章 流体运动简介

理想流体：绝对不可压缩的、完全没有粘性的流体。

连续性方程

$$\boxed{Q = \Delta S v = \text{常 量}}$$

$$\Delta S_1 v_1 = \Delta S_2 v_2 + \Delta S_3 v_3$$

伯努利方程

$$\boxed{p + \rho g h + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{常量}}$$

黏性流体的运动

牛顿黏滞定律

$$F=\eta\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}x}S$$

η： 黏度系数, 单位: Pa · s

泊肃叶公式

整个管中的流量: $Q=\dfrac{\pi R^4(p_1-p_2)}{8\eta L}$

黏性流体的运动规律

$$p_1+\rho g h_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2=p_2+\rho g h_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2+w$$

w: 单位体积不可压缩的黏性流体由ab处运动到处的过程中, 克服层与层之间的内摩擦力所做的功或所消耗的能量。

第5章 狭义相对论总结

一、狭义相对论基本原理

1. 一切物理规律在任何惯性系中形式相同；

2. 在任何惯性系中，光在真空中传播的速率都相等。

二、洛仑兹时空坐标变换式

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

应用关键

记准公式

设事件的时空坐标 $S:(x_1, t_1)$ $S':(x_1', t_1')$

三、狭义相对论时空观

1. 同时性的相对性

$$\Delta t' = t_2' - t_1' = \frac{\Delta t - \dfrac{v}{c^2}\Delta x}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$$

$\left.\begin{array}{l}\text{若}\Delta t = 0\\ \text{但}\Delta x \neq 0\end{array}\right\}\ \Delta t' \neq 0$

$\left.\begin{array}{l}\text{仅}\Delta t = 0\\ \text{且}\Delta x = 0\end{array}\right\}\ \Delta t' = 0$

2. 时间膨胀

$$\boxed{\Delta t} = \frac{1}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}\boxed{\tau_0}$$

两地时

原时

$\Delta t > \tau_0$

原时最短

3. 长度收缩

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

运动长度

原长

原长最长

四、相对论动力学

1. 相对论质量：

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

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

2. 相对论动能:

$$E_k=mc^2-m_0c^2$$

3. 相对论质量能量关系:

$$E=mc^2$$

4. 相对论中能量动量关系:

$$E^2=p^2c^2+m_0^2c^4$$

第6章　静电场总结

一. 基本概念和基本规律

库仑定律、电力叠加原理、电场强度、点电荷的场强公式、场强叠加原理、电通量。

二. 静电场的高斯定理

$$\oint_S \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum_{S内} q_i = \frac{1}{\varepsilon_0}\int_V \rho\cdot \mathrm{d}V$$

有源场

三. 电场的计算

1. 点电荷的场强叠加求和或积分

2. 高斯定理求对称电场

3. 由电势求电场

四. 静电场环路定理

$$\oint_L \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = 0$$

无旋场、保守场

五. 典型电场表达式、对称电场曲线特征

点电荷、均匀带电圆环轴线上、无限长均匀带电直线、均匀带电球面（体）、无限长均匀带电圆柱面（体）、无限大均匀带电平面。

六. 电势差与电势

1. 定义

$$\boxed{V_a - V_b = \int_a^b \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{l}}$$

$$\boxed{V_P = \int_P^{V=0} \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{l}}$$

2. 电势的计算

①按定义

②点电荷的电势叠加求和或积分

3. 应用

在电场中移动电荷时，电场力所做的功：$A = q(V_1 - V_2)$

七. 电场与电势的关系

$$\boxed{E_l = -\frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}l}}$$

$$\boxed{\vec{E} = -\nabla V}$$

八. 静电场中的导体

1. 导体静电平衡条件、电荷分布、表面上的场强与电荷面密度的关系

2. 有导体存在时静电场的计算 $\left\{\begin{array}{l}\text{电荷分布}\\ \text{电场分布}\end{array}\right.$

高斯定理、电势概念、电荷守恒定律、导体静电平衡条件。

九. 静电场中的电介质

1. 两类分子电介质的极化机制 $\left\{\begin{array}{l}\text{取向极化}\\ \text{位移极化}\end{array}\right.$

2. 实验结论

$$\vec{P}=\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)\vec{E}$$

$$\vec{E}=\frac{1}{\varepsilon_r}\vec{E}_0$$

3. 介质中的高斯定理

$$\oint\vec{D}\cdot\mathrm{d}\vec{S}=\sum q_{自}$$

$$\vec{E}=\frac{\vec{D}}{\varepsilon}$$

十. 电容、电容器

1. 定义

$$\boxed{C=\frac{q}{V}}$$

2. 电容的计算

①按定义

②利用串、并联公式

③利用静电能

3. 电容器的能量

插入电介质对电容器的电容、电量、电压、电场和能量的影响。

十一. 静电场的能量

$$W=\frac{1}{2}CU^2$$ 静电能表达式

$$W=\int_V\frac{1}{2}\varepsilon E^2\mathrm{d}V$$ 电场能表达式

电场能量密度

$$w_e=\frac{1}{2}\varepsilon E^2=\frac{1}{2}\vec{D}\cdot\vec{E}$$

第7章 恒定磁场总结

一. 毕—萨定律

$$\mathrm{d}\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\mathrm{d}\vec{l}\times\vec{r}}{r^3}$$

二. 安培环路定理

$$\int_L \vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{l}=\mu_0\sum_{内} I=\mu_0\int_S \vec{j}\cdot\mathrm{d}\vec{S}$$

三. 磁场的计算

1. 毕—萨定律+叠加原理

$$\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\int\frac{I\mathrm{d}\vec{l}\times\vec{r}}{r^3}$$

2. 安培环路定理求对称磁场

3. 补偿法

四. 典型磁场表达式、对称磁场曲线特征

①直电流

$$B=\frac{\mu_0 I}{4\pi r}(\cos\theta_1-\cos\theta_2)$$

无限长、半无限长、电流延长线上

②圆电流

$$B=\frac{\mu_0 I R^2}{2(x^2+R^2)^{3/2}}$$

圆心处、

圆弧电流在圆心处

③载流长直螺线管

$$B=\mu_0 n I$$

④均匀载流长直圆柱体

$$B=\begin{cases}\dfrac{\mu_0 I r}{2\pi R^2} & r<R\\[2ex] \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r} & r>R\end{cases}$$

⑤无限大均匀载流平面

$$B=\frac{1}{2}\mu_0 i$$