大物一复习课讲义

一、质点运动学

1. 概念辨析

请注意以下概念的区别与联系：

①位矢$\vec{r}$，位移$\Delta\vec{r}$，路程s

位矢增量的大小：$|\Delta\vec{r}|=|\vec{r}(t+\Delta t)-\vec{r}(t)|$

位矢大小的增量：$\Delta r=|\vec{r}(t+\Delta t)|-|\vec{r}(t)|$

②平均速度$\overline{\vec{v}}$，平均速率$\bar{v}$

瞬时速度$\vec{v}$，瞬时速率v

③平均加速度$\overline{\vec{a}}$，瞬时加速度$\vec{a}$

2. 大小与方向

直角坐标系：

大小：	$|\vec{r}|=\sqrt{x^2+y^2+z^2}$	$|\vec{v}|=\sqrt{v_x^2+v_y^2+v_z^2}$	$|\vec{a}|=\sqrt{a_x^2+a_y^2+a_z^2}$
方向角：	eg. $\cos\alpha=x/|\vec{r}|$	eg. $\cos\alpha=v_x/|\vec{v}|$	eg. $\cos\alpha=a_x/|\vec{a}|$

自然坐标系：

速度：$\vec{v}=\dfrac{ds}{dt}\vec{\tau}=v\vec{\tau}$，加速度：$\vec{a}=a_n\vec{n}+a_\tau\vec{\tau}$

加速度大小：$|\vec{a}|=\sqrt{a_n^2+a_\tau^2}$，其中$a_n={v^2}/{\rho}$，$a_\tau={dv}/{dt}$

3. 微积分关系

运动状态$(t,\vec{r},\vec{v},\vec{a})$

已知$\vec{r}(t)$求$\vec{v}(t)$、$\vec{a}(t)$：$\vec{v}=\dfrac{d\vec{r}}{dt}$，$\vec{a}=\dfrac{d\vec{v}}{dt}=\dfrac{d^2\vec{r}}{dt^2}$

已知$\vec{a}(t)$求$\vec{v}(t)$、$\vec{r}(t)$：$\int d\vec{r}=\int\vec{v}dt$，$\int d\vec{v}=\int\vec{a}dt$

已知加速度与位置的关系$a(x)$：$a(x)=v\dfrac{dv}{dx}$，$\int a(x)dx=\int vdv$

4. 圆周运动

θ, ω, α

①角量关系：

微分关系：$\omega=\frac{d\theta}{dt}$，$\alpha=\frac{d\omega}{dt}=\frac{d^2\theta}{dt^2}$

积分关系：$\int d\theta=\int\omega dt$，$\int d\omega=\int\alpha dt$

匀变速：$\omega=\omega_0+\alpha t$，$\theta=\theta_0+\omega_0 t+\frac{1}{2}\alpha t^2$，$\omega^2-\omega_0^2=2\alpha(\theta-\theta_0)$

②角量与线量关系：

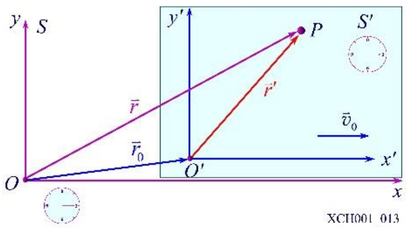
$s=R\theta$，$v=R\omega$，$a=R\alpha$

③加速度

加速度：$\vec{a}=a_n\vec{n}+a_\tau\vec{\tau}$

加速度大小：$|\vec{a}|=\sqrt{a_n^2+a_\tau^2}$，其中$a_n={v^2}/{r}$，$a_\tau={dv}/{dt}$（这里挺重要）

5. 相对运动



绝对运动=牵连运动+相对运动

$\vec{v}_{绝对}=\vec{v}_{牵连}+\vec{v}_{相对}$

自己找个作业题做做

二、质点动力学

1. 牛顿第二定律

$\vec{F}=\frac{d(m\vec{v})}{dt}$，低速 $\vec{F}=m\frac{d\vec{v}}{dt}=m\vec{a}$

2. 动量定理

$\vec{F}dt=d(m\vec{v})$

$$\underbrace{\int\vec{F}dt}_{\text{冲量}\vec{I}}=\underbrace{m\vec{v}_2}_{\text{动量}\vec{p}_2}-\underbrace{m\vec{v}_1}_{\text{动量}\vec{p}_1}$$

力的时间积累效应=动量的改变

3. 动量守恒

若 $\sum_i\vec{F}_i=0$，则 $\sum_i m_i\vec{v}_i=\vec{C}$

若 $\sum_i F_{xi}=0$，则 $\sum_i m_i v_{xi}=C$

4. 动能定理

$$\underbrace{\vec{F}\cdot d\vec{r}}_{\text{元功}dA}=\underbrace{d\left(\frac{1}{2}mv^2\right)}_{dE_k}$$

$$\underbrace{\int\vec{F}\cdot d\vec{r}}_{\text{功}A}=\underbrace{\frac{1}{2}mv_2^2}_{\text{动能}E_{k2}}-\underbrace{\frac{1}{2}mv_1^2}_{\text{动能}E_{k1}}$$

力的空间积累效应=动能的改变

5. 势能

$$E_p=-\int_{\text{“0”}}^{p}\vec{F}_{\text{保}}\cdot d\vec{r}=\int_{p}^{\text{“0”}}\vec{F}_{\text{保}}\cdot d\vec{r}$$

P 的势能等于从零势能点到该点保守力做功的负值，或
P 的势能等于从该点到零势能点保守力做功

重力势能：$E_p=mgh$

弹性力势能：$E_p=\frac{1}{2}kx^2$

万有引力势能：$E_p=-G\frac{m_1m_2}{r}$

势能定理：$dA_{\text{保}}=-dE_p$，$A_{\text{保}}=-(E_{p2}-E_{p1})$

6. 机械能守恒

$A_{外} + A_{保内} + A_{非保内} = E_{kb} - E_{ka}$

$A_{外} + A_{非保内} = E_b - E_a$ （机械能$E = E_k + E_p$）

三、刚体定轴转动

1. 对比

质点运动		刚体定轴运动	
运动状态	$\vec{r}$，$\vec{v}=\frac{d\vec{r}}{dt}$，$\vec{a}=\frac{d\vec{v}}{dt}$	转动方程	θ，$\omega=\frac{d\theta}{dt}$，$\alpha=\frac{d\omega}{dt}$
力	$\vec{F}$	力矩	$\vec{M}=\vec{r}\times\vec{F}$
质量	m	转动惯量	$J=\int r^2dm$
动量与角动量	动量：$\vec{p}=m\vec{v}$ 角动量：$\vec{L}=\vec{r}\times m\vec{v}$ 角动量大小$L=mvr_{\perp}$	角动量	$L=J\omega$
动 能定理	$\vec{F}\cdot d\vec{r}=d\left(\frac{1}{2}mv^2\right)$ $\int\vec{F}\cdot d\vec{r}=\frac{1}{2}mv_2^2-\frac{1}{2}mv_1^2$	动能定理	$Md\theta=d\left(\frac{1}{2}J\omega^2\right)$ $\int Md\theta=\frac{1}{2}J\omega_2^2-\frac{1}{2}J\omega_1^2$
牛二	$\vec{F}=m\frac{d\vec{v}}{dt}=m\vec{a}$	刚体定轴转动定律	$M=J\frac{d\omega}{dt}=J\alpha$
动量定理	$\vec{F}dt=d(m\vec{v})$ $\int\vec{F}dt=m\vec{v}_2-m\vec{v}_1$	角动量定理	$Mdt=d(J\omega)$ $\int Mdt=J\omega_2-J\omega_1$
机 械能守恒	$E=\frac{1}{2}mv^2+E_p=C$	机械能守恒	$E=\underbrace{\frac{1}{2}J\omega^2}_{\text{转动}}+\underbrace{\frac{1}{2}mv^2}_{\text{平动}}+\underbrace{mgh}_{\text{重力势能}}=C$
动量守恒	$\vec{F}=0$，则$m\vec{v}=\vec{C}$ $\vec{M}=0$，则$\vec{r}\times m\vec{v}=\vec{C}$	角动量守恒	$J\omega_2=J\omega_1$

2. 刚体质点系统，找题目做做

3. 转动惯量$J=\int r^2dm$

杆：轴在质心$J=\dfrac{1}{12}ml^2$；轴在端点$J=\dfrac{1}{3}ml^2$

环：轴在质心$J=mR^2$

盘：轴在质心$J=\dfrac{1}{2}mR^2$

轴不在质心：平行轴定理

四、真空中的静电场

1. 电场的计算

①点电荷：$\vec{E}=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{r^2}\vec{r}_0$

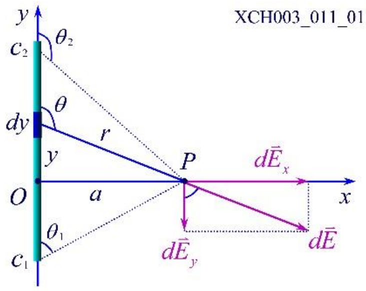
②点电荷系：$\vec{E}=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_i\dfrac{q}{r_i^2}\vec{r}_{i0}$

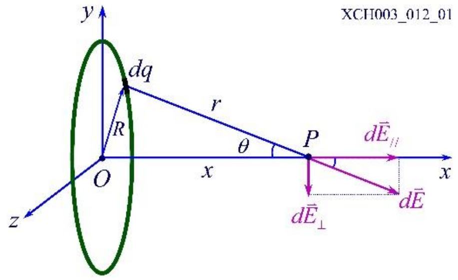
③连续带电体：$\vec{E}=\int_Q d\vec{E}=\int_Q\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{dq}{r^2}\vec{r}_0$，其中$dq=\begin{cases}\lambda dl\\ \sigma ds\\ \rho dv\end{cases}$

④高斯定理求电场：$\Phi=\oiint_s\vec{E}\cdot d\vec{S}=\dfrac{1}{\varepsilon_0}\sum_{S内}q_i$

⑤利用电势求电场：$\vec{E}=-grad\varphi$

⑥典型电场分布





杆：$\vec{E}=\dfrac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0 r}\left[(\cos\theta_1-\cos\theta_2)\vec{i}-(\sin\theta_1-\sin\theta_2)\vec{j}\right]$

环：$\vec{E}=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{r^2}\cos\theta\vec{i}=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{qx}{r^3}\vec{i}$

盘：$\vec{E}=\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}(1-\cos\theta)\vec{i}$

无限长杆：$E=\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 a}$

无限大平面：$E=\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

球面：$E=\begin{cases}0, r<R\\ \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{r^2}, r>R\end{cases}$

2. 电势

(1) 已知电场分布：$\varphi=\int_p^{“0”}\vec{E}\cdot d\vec{l}$，$\varphi_{ab}=\int_a^b\vec{E}\cdot d\vec{l}$

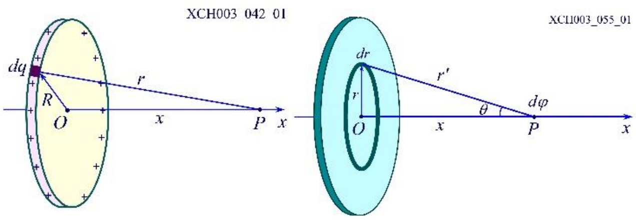
(2) 已知电荷分布：

①点电荷：$\varphi=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{r}$

②点电荷系：$\varphi=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_i\dfrac{q}{r_i}$

③连续带电体：$\varphi=\int_Q\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{dq}{r}$，其中$dq=\begin{cases}\lambda dl\\ \sigma ds\\ \rho dv\end{cases}$

(3) 典型电势分布



环：$\varphi=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{r}=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{\sqrt{x^2+R^2}}$

盘：$\varphi=\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}(r-x)=\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(\sqrt{x^2+R^2}-x\right)$

球面：$\varphi=\begin{cases}\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{R}, r<R\\ \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{r}, r>R\end{cases}$

3. 导体重的静电场

(1) 静电平衡条件

电场：$\begin{cases}\vec{E}_{内}=0\\ \vec{E}_s\perp Surface\end{cases}$，$E_{外}=\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}$

电势：导体是等势体，导体表面是等势面

(2) 电荷分布
①实心
②腔内无电荷
③腔内有电荷
④电荷分布与曲律
书上例题 6-3,6-4 看看
4. 电容

(1) $C=\frac{q}{\varphi}$，或$C=\frac{q}{U}$

(2) 求电容步骤

①电场：$\vec{E}$

②电势差：$U=\int\vec{E}\cdot d\vec{r}$

③$C=\frac{q}{U}$

(3) 典型电容（你会求吗？）

孤立球形导体：$C=4\pi\varepsilon_0 R$

平行板电容器：$C=\frac{\varepsilon_0 S}{d}$

球形电容器：$C=\frac{4\pi\varepsilon_0 R_1 R_2}{R_2-R_1}$

柱形电容器：$C=\frac{2\pi\varepsilon_0 L}{\ln(R_2/R_1)}$

(4) 串并联电容

串联：$\frac{1}{C}=\sum\frac{1}{C_i}$

并联：$C=\sum C_i$

五、稳恒磁场

1.求磁场分布

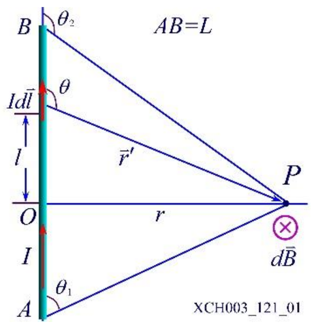
①运动电荷：$\vec{B}=\dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{q\vec{v}\times\vec{r}_0}{r^2}$

②电流元：$d\vec{B}=\dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{Id\vec{l}\times\vec{r}_0}{r^2}$

③安培环路定理：$\oint_L\vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0\sum I$

④典型磁场分布

直导线：$B=\dfrac{\mu_0 I}{4\pi r}(\cos\theta_1-\cos\theta_2)$



长直导线：$B=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$

圆电流：$B=\dfrac{\mu_0 I}{2R}$

长直螺线管：$B=\mu_0 nI$

2.磁力

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

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

(3)磁力矩：$M=\vec{p}_m\times\vec{B}=IS\vec{n}\times\vec{B}$

(4)带电粒子在均匀磁场中的运动

①$\vec{v}\,/\!/\,\vec{B}$，匀速直线运动

②$\vec{v}\perp\vec{B}$，匀速圆周运动。半径，周期

③其他，螺旋线。回旋半径，螺距

(5)霍尔效应

六、变化的电磁场

1.求电动势

(1)法拉第电磁感应定律

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\frac{d}{dt}\iint_s \vec{B} d\vec{S}$$

①规定绕行方向，②求磁通量，③关于时间 t 求导

(2)动生电动势

$$\varepsilon = \int_l \vec{E}_k \cdot d\vec{l} = \int_l \vec{V} \times \vec{B} \cdot d\vec{l}$$

(3)感生电动势

$$\varepsilon = \int_l \vec{E}_i \cdot d\vec{l} = -\iint_s \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}$$

2.位移电流

$$I_D = \frac{d\Phi_D}{dt} = \iint_s \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} d\vec{S}$$

3.麦克斯韦方程组

找几道作业做做（选择填空）