大学物理 B1

- 半期考试范围：第3-8章
- 期末考试范围：第3-11章
  (第3-8章约30%，第9-11章约70%)

4道计算题。

第二篇 实物的运动规律

- 第3章 运动的描述
- 第4章 动量 动量守恒定律
- 第5章 角动量 角动量守恒定律
- 第6章 机械能 机械能守恒定律
- 第8章 狭义相对论基础

题型：选择、判断、填空。

第三篇 电磁相互作用和电磁场

- 第9章 电相互作用和静电场
- 第10章 运动电荷间的相互作用和恒定磁场
- 第11章 变化中的磁场和电场

题型：选择、判断、填空、计算。

□ 质点运动 □ 刚体定轴转动

● 运动学方程（描述质点位置或刚体角位置随时间的变化规律）

$$\vec{r} = \vec{r}(t)$$

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

分量式
$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases}$$

角坐标 $\theta = \theta(t)$

● 位移和角位移（反映质点或刚体的始末位置变化）

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

角位移

$$\Delta\theta = \theta(t+\Delta t) - \theta(t)$$

□ 质点运动

□ 刚体定轴转动

- **速度和角速度（描述质点运动状态或刚体的转动状态的快慢）**

$$\vec{v}=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}=\frac{\mathrm{d}\vec{r}}{\mathrm{d}t}$$

$$\vec{v}=\frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}\vec{e}_t=v\vec{e}_t$$

角速度矢量

$$\omega=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta\theta}{\Delta t}=\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}$$

$\vec{\omega}$ 方向：右手螺旋方向

- **加速度和角加速度（反映速度或角速度变化的快慢）**

$$\vec{a}=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}=\frac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{\mathrm{d}\vec{r}}{\mathrm{d}t}\right)=\frac{\mathrm{d}^2\vec{r}}{\mathrm{d}t^2}$$

自然坐标表示

$$\begin{cases}\vec{a}=a_\tau\vec{e}_t+a_n\vec{e}_n\\ a_\tau=\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=\dfrac{\mathrm{d}^2s}{\mathrm{d}t^2}\\ a_n=\omega^2 r=\dfrac{v^2}{r}\end{cases}$$

角加速度

$$\vec{\beta}=\frac{\mathrm{d}\vec{\omega}}{\mathrm{d}t}$$

大小 $\beta=\dfrac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t}$

□ 质点运动

□ 刚体定轴转动

● 质量和转动惯量

m

--- 质点平动惯性的量度

$$J = \sum_i r_i^2 m_i$$

$$J = \int r^2 \, \mathrm{d}m$$

--- 刚体转动惯性的量度

● 力和力矩

$\vec{F}$

--- 质点运动状态改变的原因

$\vec{F}$ 对转轴 z 的力矩

$$\overrightarrow{M_Z} = \vec{r} \times \vec{F}_\perp$$

$$M_z = rF_\perp \sin\theta$$

--- 刚体定轴转动状态改变的原因

□ 质点运动

□ 刚体定轴转动

- 牛顿运动定律和刚体定轴转动定律

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

--- 牛顿第二定律

$$M_z = J_z\beta = J_z\frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t}$$

--- 刚体定轴转动定律

- 动量和动量矩（角动量）

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

质点：$\vec{L} = \vec{r} \times m\vec{v}$

刚体：$L = J\omega$

- 冲量和冲量矩（力的时间累积效应）

$$\vec{I} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} \cdot \mathrm{d}t$$

冲量矩 $\int_{t_1}^{t_2} \overrightarrow{M} \mathrm{d}t$

□ 质点运动 □ 刚体定轴转动

● 动量定理和动量矩定理

质点：

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

$$\int_{t_1}^{t_2}\vec{F}\mathrm{d}t=m\vec{v}_2-m\vec{v}_1$$

质点系：

$$\int_{t_1}^{t_2}\vec{F}_{外}\mathrm{d}t=\sum_{i=1}^{n}m_i\vec{v}_i-\sum_{i=1}^{n}m_i\vec{v}_{i0}$$

✓ 动量定理在某一个方向上仍然成立；
内力不会改变系统的总动量。

质点的动量矩定理：

$$\vec{M}\mathrm{d}t=\mathrm{d}\vec{L}$$

$$\int_{t_1}^{t_2}\vec{M}\mathrm{d}t=\vec{L}_2-\vec{L}_1$$

刚体定轴转动：

$$M\mathrm{d}t=\mathrm{d}L=\mathrm{d}(J\omega)$$

$$\int_{t_1}^{t_2}M\mathrm{d}t=J\omega_2-J\omega_1$$

□ 质点运动

□ 刚体定轴转动

● 动量守恒定律和动量矩守恒定律

若 $\vec{F}_{外} = \sum_i \vec{F}_{外i} = \mathbf{0}$

则 $\vec{p} = \left(\sum_i m_i \vec{v}_i\right) = 常矢量$

✓ 动量守恒定理在某一个方向上仍然成立；内力不会改变系统的总动量。

若 $M = 0$

则 $L = \sum_i L_i = 常量$

✓ 内力矩不改变系统的总角动量。

在冲击等问题中

$\because M_{内} >> M_{外}$

$\therefore L \approx 常量$

✓ 动量守恒和角动量守恒定律是自然界的基本守恒定律。

□ 质点运动

□ 刚体定轴转动

● 功（力的空间累积效应）

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

$$A = \int \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int F \cos\theta \, ds$$

$$dA = M d\theta$$

$$A = \int_{\theta_1}^{\theta_2} M d\theta$$

● 动能和转动动能

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} J \omega^2$$

● 动能定理

$$A = \Delta E_k$$

$$A = \int_{\theta_1}^{\theta_2} M d\theta = \frac{1}{2} J \omega_2^2 - \frac{1}{2} J \omega_1^2$$

□ 质点运动　　　　□ 刚体定轴转动

● 机械能守恒定律

$$E = E_{\mathrm{k}} + E_{\mathrm{p}} = 常量$$

✓ 当只有保守内力做功时，系统的机械能守恒。

✓ 势能具有相对性，势能大小与势能零点的选取有关。

$$E_p = \int_p^{零势能点} \vec{F} \cdot \mathrm{d}\vec{r}$$

✓ 势能属于系统。

✓ 保守力做功与势能的关系 $A = -\Delta E_p$

✓ 对刚体，重力势能 $E_p = mgh_C$，其中C是质心。

□ 重要的基本计算：

- 运动学的两类基本问题
  - 直线运动；
  - 圆周运动；
  - 一般曲线运动。

- 惯性系中的力学定律
  - 动量定理（变力冲量）；
  - 动能定理（变力做功）；
  - 角动量定理；
  - 刚体定轴转动定律。

- 动量、机械能、角动量守恒定律及其应用

□ 狭义相对论的两个基本假设

● 光速不变原理

✓ 在所有惯性系中，光在真空中的传播速率具有相同的值。

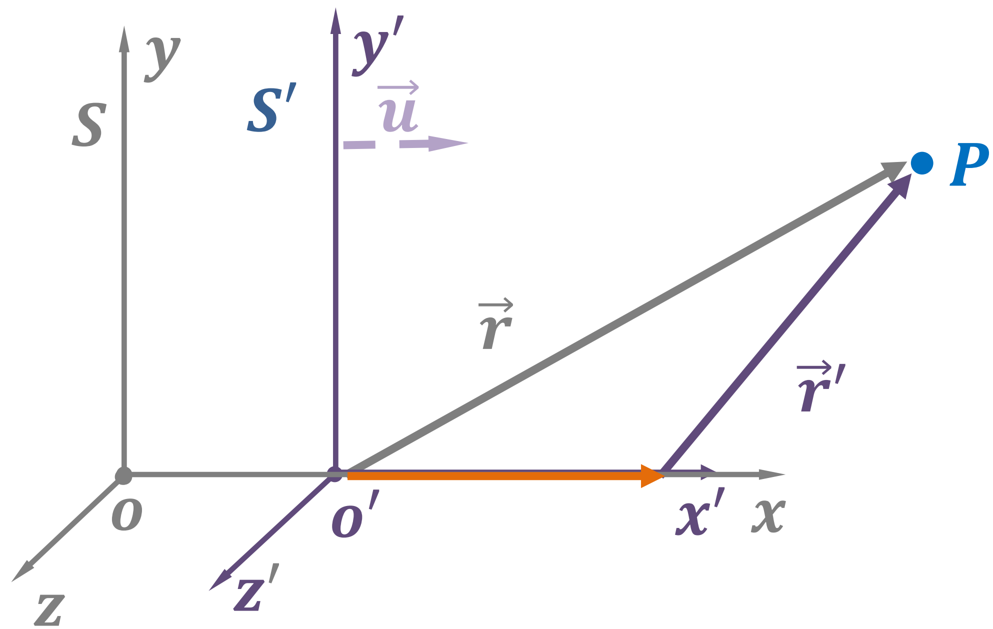
- 光速不随观察者的运动而变化。 $c \sim 3\times 10^{8}\ \mathrm{m/s}$
- 光速不随光源的运动而变化。

● 相对性原理

✓ 一切物理规律在所有惯性系中具有相同的形式。

✓ 所有惯性系都完全处于平等地位，没有任何理由选某一个参考系，把它置于特殊的地位。

□ 洛伦兹变换



事件P S系：$P(x,y,z,t)$
S'系：$P(x',y',z',t')$

S'系相对于S系沿$+x$方向以速度u做匀速直线运动。

- **正变换**

$$x' = \gamma(x - ut)$$
$$t' = \gamma\left(t - \frac{u}{c^2}x\right)$$

- **逆变换** $u \to -u$

$$x = \gamma(x' + ut')$$
$$t = \gamma\left(t' + \frac{u}{c^2}x'\right)$$

$$\Delta x' = \gamma(\Delta x - u\Delta t)$$
$$\Delta t' = \gamma\left(\Delta t - \frac{u}{c^2}\Delta x\right)$$

$$\Delta x = \gamma(\Delta x' + u\Delta t')$$
$$\Delta t = \gamma\left(\Delta t' + \frac{u}{c^2}\Delta x'\right)$$

相对论因子

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

□ 狭义相对论的时空观

● 同时的相对性

- ✓ 两独立事件间的时序可能会颠倒。
- ✓ 有因果律事件的时序不会颠倒。
- ✓ 同地发生的两事件间的时序部不会颠倒，但是在其它惯性系中不是同地发生的，而且时间间隔会发生变化。

● 时间延缓效应

- ✓ 在某惯性系中同地发生的两个事件的时间间隔$\Delta\tau$---原时（固有时间、本征时间），在另一惯性系中则为异地事件，其时间间隔Δt---非原时（运动时间） 总是比$\Delta\tau$要大。 $\Delta t=\gamma\Delta\tau$

● ）长度收缩效应

- ✓ 沿尺长度方向相对尺运动的观测者测得的尺长L---非原长（观测长度），较相对尺静止观测者测得的同一尺的原长 L_0要短。$L=\gamma^{-1}L_0$

□ 狭义相对论质点动力学简介

- 质速关系 $m=\gamma m_0=\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$
  - 相对论动量 $\vec{p}=m\vec{v}=\gamma m_0=\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\vec{v}$

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

- 质能关系
  - 静止能量：$E_0=m_0c^2$
  - 总能： $E=mc^2$
  - 动能： $E_K=mc^2-m_0c^2$

□ 静电场

□ 稳恒磁场

● 场、力的基本实验定律

库仑力和电场力：

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2 \vec{r}}{r^3}$$

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

安培力和洛伦兹力：

$$\mathrm{d}\vec{F} = I\mathrm{d}\vec{l} \times \vec{B}$$

$$\vec{F} = \int \mathrm{d}\vec{F} = \int I\mathrm{d}\vec{l} \times \vec{B}$$

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

■ 平面载流线圈在均匀磁场中

$$\sum \vec{F}_i = 0$$

$$\vec{M} = \vec{p}_\mathrm{m} \times \vec{B}$$

$$\vec{p}_\mathrm{m} = I\,\vec{S} = IS\vec{e}_n$$

■ 载流导线在均匀磁场中

$$\vec{F} = \int_L I\,\mathrm{d}\vec{l} \times \vec{B} = I\,\vec{L} \times \vec{B}$$

□ 静电场

□ 稳恒磁场

● 场的叠加原理

点电荷系

$$\vec{E}=\sum_i \frac{q_i}{4\pi\varepsilon_0 r_i^3}\vec{r}_i$$

连续带电体

$$\mathrm{d}\vec{E}=\frac{\mathrm{d}q\,\vec{r}}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$$

$$\vec{E}=\int \mathrm{d}\vec{E}$$

毕奥---萨伐尔定律

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

$$\vec{B}=\int \mathrm{d}\vec{B}$$

运动电荷

$$\mathrm{d}\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{\mathrm{d}q\,\vec{u}\times\vec{r}}{r^3}$$

□ 静电场

□ 稳恒磁场

● 场的通量定理

高斯定理

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

静电场的高斯定理反映了静电场的有源性，
说明静电场是有源场。

高斯定理

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

磁场的高斯定理反映了磁场的无源性，
说明磁场是无源场。

● 场的环量定理

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

静电场的环路定理反映了静电场的无旋性，
说明静电场是无旋场。

$$\oint_L \vec{B} \cdot \mathrm{d}\vec{l} = \mu_0 \sum_{穿过L} I_i$$

恒定磁场的环路定理反映了磁场的有旋性，
说明磁场是涡旋场。

□ 电势的计算（两种基本方法）

● 场强积分法（由定义求）

$$U_a = \int_a^{零势点} \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = \int_a^{零势点} E\cos\theta\,\mathrm{d}l$$

● 叠加法

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

$$U = \int \mathrm{d}U$$

典型带电体$\vec{E}$分布

◆ 无限长均匀带电直线

$$E=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$$ 垂直于带电直线

◆ 均匀带电圆环轴线上：

$$\vec{E}=\frac{qx\vec{i}}{4\pi\varepsilon_0\left(R^2+x^2\right)^{3/2}}$$ 平行轴线

◆ 无限大均匀带电平面

$$E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$ 垂直于带电面

◆ 均匀带电球面

$$\vec{E}_{内}=0,\quad U_{内}=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$$

$$\vec{E}_{外}=\frac{q\vec{r}}{4\pi\varepsilon_0 r^3},\quad U_{外}=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

电场方向沿径向

典型电流磁场$\vec{B}$分布

◆ 直电流：

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

◆ 无、半限长直电流：

$$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}、\quad B=\frac{\mu_0 I}{4\pi r}$$

延长线上 $B=0$

◆ 圆电流轴线上磁场：

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

◆ 圆电流圆心处磁场：

$$B_O=\frac{\mu_0 I}{2R}$$

圆弧形电流在圆心处的磁场 $B=\frac{\mu_0 I}{2R}\frac{\theta}{2\pi}$

◆无限长载流直螺线管内的磁场

$$B=\mu_0 nI$$

● 静电场中的导体

■ 静电平衡：(1)导体内部电场处处为零，
表面电场垂直于表面；
导体是等势体，表面是等势面。
(一般选地球的电势为零。)

■ 静电平衡导体主要由(1) 和(2)两条计算电荷和电场分布。

◆ 实心导体净电荷只分布于表面；

◆ 腔内无电荷的空腔导体，内表面不带电，
净电荷只分布于外表面（内部不受外电场影响，即静电屏蔽）。

◆ 腔内有电荷q的空腔导体，内表面带电$-q$，
外表面带电由(2)电荷守恒定律决定。

● 法拉第电磁感应定律

$$\varepsilon = -\frac{\mathrm{d}\Psi_m}{\mathrm{d}t} = -N\frac{\mathrm{d}\Phi_m}{\mathrm{d}t}$$ （楞次定律判断方向）

■ 动生电动势

$$\varepsilon_{动} = \int_{-\,(经内电路)}^{+} (\vec{v}\times\vec{B})\cdot \mathrm{d}\vec{l}$$

$$\varepsilon_{动} = \oint_L (\vec{v}\times\vec{B})\cdot \mathrm{d}\vec{l}$$

- 磁场不变，导体运动
- 非静电力：洛仑兹力 $\vec{F}_k = q\vec{v}\times\vec{B}$
- 非静电场强：$\vec{E}_k = \vec{v}\times\vec{B}$

■ 感生电动势（只涉及到简单的比如长直螺线管中磁场变化产生的感生电场）

$$\varepsilon_{感} = \int_{-\,(经内电路)}^{+} \vec{E}_{感}\cdot \mathrm{d}\vec{l}$$

$$\varepsilon_{感} = \oint_L \vec{E}_{感}\cdot \mathrm{d}\vec{l}$$

- 磁场变化， 导体不动
- 非静电力：感生电场
- 非静电场强：感生场强

$$\vec{E}_k = \vec{E}_{感}$$

● 位移电流

● **位移电流和位移电流密度:**

$$I_{\mathrm{d}}=\frac{\mathrm{d}\Phi_D}{\mathrm{d}t}=\int_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\cdot \mathrm{d}\vec{S} \qquad \vec{j}_{\mathrm{d}}=\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$\oint_L \vec{H}\cdot \mathrm{d}\vec{l}=\int_S\left(\vec{j}+\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\right)\cdot \mathrm{d}\vec{S}$$

● 麦克斯韦方程组

麦克斯韦方程组

积分形式	实验基础	意义
$\oint_S \vec{D}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = \int_V \rho \mathrm{d}V = \sum_{s内} q_0$	库仑定律 感生电场假设	电场性质
$\oint_S \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = 0$	未发现磁单极	磁场性质
$\oint_L \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\cdot \mathrm{d}\vec{S}$	法拉第电磁 感应定律	变化磁场 产生电场
$\oint_L \vec{H}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = \int_S \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\cdot \mathrm{d}\vec{S}\right)$	安培定律 位移电流假设	变化电场 产生磁场

$\vec{E}$ 的计算

- 叠加法　$\mathrm{d}q$（各种典型带电体）$\rightarrow \mathrm{d}\vec{E} \rightarrow \vec{E}$
- 高斯定理 (对称性)
- 电势梯度　$\vec{E} = -\nabla U$

电通量 Φ_e

$$\Phi_e = \int_S \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{S}$$

U 的计算

- 叠加法　$\mathrm{d}q$（各种典型带电体）$\rightarrow \mathrm{d}U \rightarrow U$
- 场强积分　$U_P = \int_P^{\text{零势点}} \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{l}$

零势点选取；分段积分

典型带电体的电场分布

$\vec{B}$ 的计算

- 叠加法
  - $I\mathrm{d}\vec{l} \to \mathrm{d}\vec{B}$（毕---萨定律）$\to \vec{B}$
  - $\mathrm{d}I$（各种典型电流元）$\to \mathrm{d}\vec{B} \to \vec{B}$
  - 带电体旋转 $\mathrm{d}I = \mathrm{d}q\,\frac{\omega}{2\pi}$
- 安培环路定理（对称性）

磁通量 Φ_m

$$\Phi_m = \int_S \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{S}$$

磁矩 $\vec{P}_m$

$$\mathrm{d}\vec{P}_m = \mathrm{d}I\, S\vec{e}_n$$

$$\vec{P}_m = \int \mathrm{d}\vec{P}_m$$

磁力 $\vec{F}_m$、磁力矩 $\vec{M}$

$$\vec{F} = q\vec{v}\times\vec{B}$$

$$\mathrm{d}\vec{F} = I\mathrm{d}\vec{l}\times\vec{B}$$

$$\vec{F} = \int \mathrm{d}\vec{F}$$

$$\vec{M} = \vec{P}_m\times\vec{B}$$

典型电流的磁场分布

感应电动势的计算

□ 由电动势定义求

$$\varepsilon = \oint_L \vec{E}_k \cdot \mathrm{d}\vec{l} = \oint_L (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot \mathrm{d}\vec{l} + \oint_L \vec{E}_{\text{感}} \cdot \mathrm{d}\vec{l}$$

$$\varepsilon = \int_{\text{经内电路}\ -}^{+} (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot \mathrm{d}\vec{l} + \int_{\text{经内电路}\ -}^{+} \vec{E}_{\text{感}} \cdot \mathrm{d}\vec{l}$$

□ 由法拉第定律求

$$\varepsilon = -\frac{\mathrm{d}\Psi_m}{\mathrm{d}t} = -N\frac{\mathrm{d}\Phi_m}{\mathrm{d}t} = -N\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\int_S \vec{B} \cdot \mathrm{d}\vec{S}$$

- 如果回路不闭合，需加辅助线使其闭合。ε 大小和方向可分别确定。


Fail
Pass


Live Simply
Laugh Often
Love Deeply