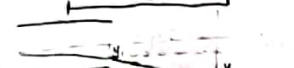


第一章 原模型初探

1. 半圆半径为 $r = \frac{1}{2} \left(\frac{A}{\rho A n} \right)^2$

半径 $r \sim A$

2. 电子的轨迹 (经典理论)



$y = y_0 = \frac{qVl}{m\omega v}$

加上洛伦兹力 $v \cdot \frac{1}{c}$ 修正

$\Rightarrow \frac{q}{m} = \frac{4\pi}{\omega l B}$

3. 电荷分布模型

电荷分布 $\rho(r)$

$\rightarrow \rho \rightarrow \text{电势}$

$\rightarrow \rho \rightarrow \text{电势}$

$\rightarrow \rho \rightarrow \text{电势}$

4. 又电子运动

结果: $\frac{1}{\omega}$ 的量子化 $\omega > 0$

电荷分布: 只取正电荷

$\rho_{max} = F_{max} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2Ze^2}{R^2} \cdot \frac{2k}{v}$

$\rho_{min} = \frac{q}{V} = 2.9n \cdot \frac{2Ze^2}{E} = 2.9n \cdot \frac{2k}{v} \dots$

巴不列多模型

$f(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}$

$\sigma > 0, \rho < \infty$

注意: 给小 R 时好组!

5. 建立: 电荷分布模型

列在正方向的电荷量

$V_i = V_0 \sin \theta$

$I = F \sin \theta$

$\Rightarrow \cot \frac{\theta}{2} = \frac{2b}{D}$

$\Rightarrow D = \frac{1}{\tan \frac{\theta}{2}} \frac{2Ze^2}{E_0}$

$\frac{d\theta}{dR} = \frac{D^2}{16} \sin^2 \frac{\theta}{2}$

$\frac{d\theta}{dR} = \frac{D^2}{16} \sin^2 \frac{\theta}{2}$

$\frac{d\theta}{dR} = \frac{D^2}{16} \sin^2 \frac{\theta}{2}$

$\frac{d\theta}{dR} = \frac{D^2}{16} \sin^2 \frac{\theta}{2}$

$\frac{d\theta}{dR} = \frac{D^2}{16} \sin^2 \frac{\theta}{2}$

$\frac{d\theta}{dR} = \frac{D^2}{16} \sin^2 \frac{\theta}{2}$

$\frac{d\theta}{dR} = \frac{D^2}{16} \sin^2 \frac{\theta}{2}$

$\frac{d\theta}{dR} = \frac{D^2}{16} \sin^2 \frac{\theta}{2}$

$\frac{d\theta}{dR} = \frac{D^2}{16} \sin^2 \frac{\theta}{2}$

$\frac{d\theta}{dR} = \frac{D^2}{16} \sin^2 \frac{\theta}{2}$

$\frac{d\theta}{dR} = \frac{D^2}{16} \sin^2 \frac{\theta}{2}$

$\frac{d\theta}{dR} = \frac{D^2}{16} \sin^2 \frac{\theta}{2}$

$\frac{d\theta}{dR} = \frac{D^2}{16} \sin^2 \frac{\theta}{2}$

$\frac{d\theta}{dR} = \frac{D^2}{16} \sin^2 \frac{\theta}{2}$

$\frac{d\theta}{dR} = \frac{D^2}{16} \sin^2 \frac{\theta}{2}$

$\frac{d\theta}{dR} = \frac{D^2}{16} \sin^2 \frac{\theta}{2}$

$\frac{d\theta}{dR} = \frac{D^2}{16} \sin^2 \frac{\theta}{2}$

$\frac{d\theta}{dR} = \frac{D^2}{16} \sin^2 \frac{\theta}{2}$

$\frac{d\theta}{dR} = \frac{D^2}{16} \sin^2 \frac{\theta}{2}$

$\frac{d\theta}{dR} = \frac{D^2}{16} \sin^2 \frac{\theta}{2}$

$\frac{d\theta}{dR} = \frac{D^2}{16} \sin^2 \frac{\theta}{2}$

2. 电荷分布模型

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$= \int_0^r \frac{1}{4\pi r^2} \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

$\rho(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \int_0^r \rho(r') 4\pi r'^2 dr'$

15. 量子力学

$E_n = \frac{1}{2} m \omega^2 r_n^2$

$r_n = \sqrt{\frac{2n+1}{2}} \frac{\hbar}{m\omega}$

量子力学 半径大小

可以排布电子

其他电子可以排

布, 电子

电子排布: $e^+ e^-$

$E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{eV}$

$D_n = 2n^2 a_0$

16. 弗兰克-赫兹实验

非光波动的电子

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

0 \times 0 \neq 0

0 \neq 0 \neq 0

我们取 $E=0$

若 $[A, B] = 0$ 则

以同时成立, 否则不行

$[H, L] = 0$

$[L_x, L_y] \neq 0$

例: $[L_z, p_x] = \hbar p_y$

$= -i\hbar p_y$

$= i\hbar p_y$

7. 量子

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

量子化

$\omega = \sqrt{k(x-x_0)}$

平均值的平方根

\Rightarrow 平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

平均值的平方根

1. 空间量子化
Lz, Lx, Ly 不确定



11. 中心势的波函数(多电子原子)

量子态的表示

$$E = E_{nl} = -\frac{Z^2 R_H}{n^2} - \frac{Z^2 R_H \alpha^2}{n^2} \left(\frac{l(l+1)}{2n^2} \right)$$

波函数的表示
波函数的表示
波函数的表示

12. 选择定则
有光子参与
有光子参与

选择定则

$$\Delta l = \pm 1$$

$$\Delta m_l = 0, \pm 1$$

第三讲 原子的能级结构与光谱

1. 引力的作用 - 几个问题
轨道磁矩: $\vec{\mu} = -\frac{e}{2m_e} \vec{L}$
 $\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e}$

2. 全同性
波函数的对称性

波函数的对称性
波函数的对称性

例如: $\psi_{nlm}(r, \theta, \phi) = Y_{lm}(\theta, \phi) R_{nl}(r)$
 $\psi_{nlm}(r, \theta, \phi) = \frac{1}{\sqrt{2}} [\psi_{nlm}(r, \theta, \phi) + \psi_{nlm}(r, \theta, \phi)]$

3. Pauli 不相容原理
波函数的对称性

5. 原子的定态波函数 (n, l)
无简并: KLMNOPQR
无简并: spdfghi

6. 自旋 - 轨道相互作用 (L, S)
自旋磁矩: $\vec{\mu}_s = \frac{e}{m_e} \vec{S}$
轨道磁矩: $\vec{\mu}_l = -\frac{e}{2m_e} \vec{L}$

波函数的对称性
波函数的对称性

③ 轨道角动量
 $l = 0, 1, 2, \dots$
 $m_l = -l, -(l-1), \dots, (l-1), l$

④ 电子自旋角动量
自旋磁矩: $\vec{\mu}_s = \frac{e}{m_e} \vec{S}$

⑤ 总角动量
总磁矩: $\vec{\mu}_j = -g \frac{e}{2m_e} \vec{J}$

⑥ 多电子原子的能级结构
LS 耦合 (轻原子型)
jj 耦合 (重原子型)

⑦ 原子光谱
选择定则

9. 朗德间隔定则
朗德间隔定则

朗德间隔定则
朗德间隔定则

朗德间隔定则
朗德间隔定则

朗德间隔定则
朗德间隔定则

朗德间隔定则
朗德间隔定则

原子中的原子

1. 原子轨道
 $\vec{J} = \vec{L} + \vec{S}$
 $\vec{J}^2 = \vec{L}^2 + \vec{S}^2 + 2\vec{L} \cdot \vec{S} = -\frac{h^2}{4\pi^2} (g_L \vec{L} + g_S \vec{S}) \cdot \frac{g_L \vec{L} + g_S \vec{S}}{2} = \frac{h^2}{4\pi^2} (J^2 + S^2 - L^2)$

2. 原子轨道的量子化
 $\vec{J} = \frac{h}{2\pi} \vec{J}$
 $\vec{J}^2 = \frac{h^2}{4\pi^2} J(J+1)$

3. 原子轨道的量子化
 $\vec{J} = \frac{h}{2\pi} (J_x + iJ_y - iJ_x - J_y) = \frac{h}{2\pi} (J_x + iJ_y - iJ_x - J_y)$
 $\Rightarrow \vec{J} = -\frac{h}{2\pi} (1 + \frac{J_x + iJ_y - iJ_x - J_y}{2J}) \vec{J} = -\frac{h}{2\pi} \vec{J}$

4. 原子轨道的量子化
 $g_L = 1 + \frac{J(J+1) + S(S+1) - L(L+1)}{2J(J+1)}$
 $\Rightarrow g_L = 1 + \frac{J(J+1) + S(S+1) - L(L+1)}{2J(J+1)}$

5. 原子轨道的量子化
 PS: 以上适用于原子核, 不适用于分子。
 2. 量子化效应 - 原子核与分子的相互作用
 正常量子化: 洛伦兹力为量子 (Lorentz 的量子)
 反常量子化: 不为量子, 但随量子化而量子化 (P-B)

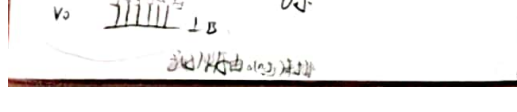
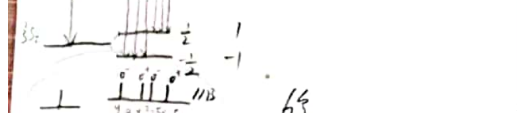
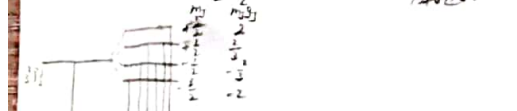
6. 原子轨道的量子化
 $U = -\vec{\mu} \cdot \vec{B} = -\mu_B g_L m_J B$
 $\Rightarrow E_J = E_0 + m_J g_L \mu_B B$

7. 原子轨道的量子化
 $h\nu = h\nu_0 + (m_J g_L - m_J g_L) \mu_B B$
 $\Rightarrow \Delta E = \mu_B B$

8. 原子轨道的量子化
 注意: 选择规则: $\Delta m_J = 0, \pm 1$ ($\Delta m_J = 0$ 除外)

9. 原子轨道的量子化
 大核反常量子化
 $\Delta m_J = 1 \rightarrow 1B: 0^1$
 $\Delta m_J = 1 \rightarrow 1B: 0^0$
 $\Delta m_J = 2 \rightarrow 1B: 无$

10. 原子轨道的量子化
 $3P_2 \quad g_L = 1 + \frac{2 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} - 1 \times 2}{2 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}} = \frac{4}{3}$
 $3S_2 \quad g_L = 1 + \frac{2 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} - 0}{2 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}} = 2$



原子中的原子 - 洛伦兹力与磁矩

1. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q(\vec{v} + \vec{v} \times \vec{B})$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

2. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

3. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$



4. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

5. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

6. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

7. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

8. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

9. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

10. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

11. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

12. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

原子中的原子 - 洛伦兹力与磁矩

1. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q(\vec{v} + \vec{v} \times \vec{B})$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

2. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

3. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

4. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

5. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

6. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

7. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

8. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

9. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

10. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

11. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

12. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

13. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

原子中的原子 - 洛伦兹力与磁矩

1. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q(\vec{v} + \vec{v} \times \vec{B})$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

2. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

3. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

4. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

5. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

6. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

7. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

8. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

9. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

10. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

11. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

12. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$

13. 洛伦兹力与磁矩
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$
 $\vec{F} = q\vec{v} + q\vec{v} \times \vec{B}$