

“大学物理云端授课最美笔记评选”参评笔记

大学物理（B）（第三章）

訾宇哲1190202006
计算机与电子通信
19L0220班

目录

1 第三讲 动量定理 动量守恒定律	3
1.1 质点动量定理	3
1.1.1 质点动量定理	3
1.1.2 质点系动量定理	3
1.1.3 动量守恒定律	4
1.2 质心, 质心运动定理	4
1.2.1 质心	4
1.2.2 质心运动定理	4
1.3 碰撞	5

1 第三讲 动量定理 动量守恒定律

1.1 质点动量定理

动量: $\vec{P} = m\vec{v}$, 单位: $kg \cdot m/s$

质点动量定理微分形式:

$$\vec{F}dt = d\vec{P}$$

质点动量定理积分形式:

$$\vec{I} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}dt = \int_{P_1}^{P_2} d\vec{P} = \vec{P}_2 - \vec{P}_1$$

1.1.1 质点动量定理

$\vec{I} = \vec{P}_2 - \vec{P}_1$, 过程量等于两状态量之差

分量形式: $I_i = P_{2i} - P_{1i}$ ($i = x, y, z$), 只适用于惯性系

1.1.2 质点系动量定理

质点系内部 n 个质点, 外部 m 个质点

第 i 个质点所受力

$$\vec{F}_i = \frac{d\vec{P}_i}{dt} = \sum_{\substack{i \neq j \\ j=1}}^{m+n} \vec{F}_{ij} \quad \vec{F}_i = \vec{F}_{i外} + \vec{F}_{i内}$$

$$\vec{F}_{i外} = \sum_{\substack{i \neq j \\ j=n+1}}^{m+n} \vec{F}_{ij} \quad \vec{F}_i = \frac{d\vec{P}_i}{dt} \quad \sum_{i=1}^n = \frac{d}{dt} \sum_{i=1}^n \vec{P}_i$$

系统内力之和为零, 质点系总动量 $P = \sum_{i=1}^n \vec{P}_i$

质点系动量定理: $\vec{F}_{外} = \frac{d\vec{P}}{dt}$ 系统受到的合外力等于系统动量对时间的变化率

说明: 内力能使系统内各个质点的动量发生改变 (相互交换动量), 但他们对系统的总动量没有任何影响

1.1.3 动量守恒定律

由质点系动量定理 $\vec{F}_{\text{外}} = \frac{d\vec{P}}{dt}$, 当系统所受的合外力为0, 即 $\vec{F}_{\text{外}} = 0$

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = 0 \quad \vec{P} = \sum_i \vec{P}_i = \sum_i m\vec{v}_i \text{ 常矢量}$$

动量守恒定律: 当一个质点系受到的合外力为零时, 该系统的总动量保持不变

1.2 质心, 质心运动定理

1.2.1 质心

质心:

$$\vec{r}_c = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \vec{r}_i}{m} \quad (m = \sum_i m_i)$$

质心坐标:

$$x_c = \frac{\sum_i m_i x_i}{m} \quad y_c = \frac{\sum_i m_i y_i}{m} \quad z_c = \frac{\sum_i m_i z_i}{m}$$

质量连续分布的物体:

$$r_c = \frac{\int \vec{r} dm}{m} \quad x_c = \frac{\int x dm}{m} \quad y_c = \frac{\int y dm}{m} \quad z_c = \frac{\int z dm}{m}$$

说明: 质心的定义与坐标原点的选择有关

1.2.2 质心运动定理

由质心定义:

$$\vec{r}_c = \frac{\sum m_i \vec{r}_i}{m}$$

质心速度:

$$\vec{v}_c = \frac{d\vec{r}_c}{dt} = \frac{\sum m_i \vec{v}_i}{m}$$

质心加速度:

$$\vec{a}_c = \frac{d^2 \vec{r}_c}{dt^2} = \frac{\sum m_i \vec{a}_i}{m}$$

质点系的动量是质点系内各质点动量的矢量和

$$\vec{P} = \sum_i m_i \vec{v}_i = m \frac{\sum_i m_i \vec{v}_i}{m} = m \vec{v}_c$$

$$\vec{P} = m\vec{v}_c \quad \vec{F}_{\text{外}} = \frac{d\vec{P}}{dt} = m \frac{d\vec{v}_c}{dt} = m\vec{a}_c \quad \vec{F}_{\text{外}} = m\vec{a}_c \text{——质心运动定理}$$

当物体只做平动时，质心运动代表整个物体的运动

1.3 碰撞

特点：相互作用时间短；冲击力大→其它力相对很小→只有内力→整个系统动量守恒

$$\text{两球对心碰撞：} m_1 v_{10} + m_2 v_{20} = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

引入“恢复系数”：

$$e = \left| \frac{v_2 - v_1}{v_{10} - v_{20}} \right|$$

可得

$$v_1 = v_{10} - \frac{(1+e)m_2(v_{10} - v_{20})}{m_1 + m_2} \quad v_2 = v_{20} + \frac{(1+e)m_1(v_{10} - v_{20})}{m_1 + m_2}$$

完全弹性碰撞： $e = 1$ ；

完全非弹性碰撞： $e = 0$ ；损失的机械能→体系的内能

非弹性碰撞： $0 < e < 1$ ；