

第二章 质点动力学

王庆勇

东北师范大学物理学院

质点动力学的基本问题

质点动力学讨论的问题主要是物体（看成质点）周围的环境与物体运动的相互关系。

第一类问题

已知作用于物体（质点）上的力，由力学规律来决定该物体的运动情况或平衡状态。

第二类问题

已知物体的运动情况或平衡状态，由力学规律来推究作用于物体上诸力。

质点动力学的基本问题

质点动力学讨论的问题主要是物体（看成质点）周围的环境与物体运动的相互关系。

第一类问题

已知作用于物体 (质点) 上的力, 由力学规律来决定该物体的运动情况或平衡状态。

第二类问题

已知物体的运动情况或平衡状态, 由力学规律来推究作用于物体上诸力。

质点动力学的基本问题

质点动力学讨论的问题主要是物体（看成质点）周围的环境与物体运动的相互关系。

第一类问题

已知作用于物体（质点）上的力，由力学规律来决定该物体的运动情况或平衡状态。

第二类问题

已知物体的运动情况或平衡状态，由力学规律来推究作用于物体上诸力。

质点动力学微分方程组

质点动力学微分方程

$$m\ddot{\vec{r}} = \vec{f} = \vec{f}(\vec{r}, \dot{\vec{r}}, t) + \vec{f}'$$

约束

对物体运动的一定限制称为约束。

质点动力学微分方程组

$$\begin{cases} m\ddot{\vec{r}} = \vec{f}(\vec{r}, \dot{\vec{r}}, t) + \vec{f}' \\ \text{约束方程} \end{cases}$$

质点动力学微分方程组

质点动力学微分方程

$$m\ddot{\vec{r}} = \vec{f} = \vec{f}(\vec{r}, \dot{\vec{r}}, t) + \vec{f}'$$

约束

对物体运动的一定限制称为约束。

质点动力学微分方程组

$$\begin{cases} m\ddot{\vec{r}} = \vec{f}(\vec{r}, \dot{\vec{r}}, t) + \vec{f}' \\ \text{约束方程} \end{cases}$$

质点动力学微分方程组

质点动力学微分方程

$$m\ddot{\vec{r}} = \vec{f} = \vec{f}(\vec{r}, \dot{\vec{r}}, t) + \vec{f}'$$

约束

对物体运动的一定限制称为约束。

质点动力学微分方程组

$$\begin{cases} m\ddot{\vec{r}} = \vec{f}(\vec{r}, \dot{\vec{r}}, t) + \vec{f}' \\ \text{约束方程} \end{cases}$$

质点动力学微分方程组

质点动力学微分方程

$$m\ddot{\vec{r}} = \vec{f} = \vec{f}(\vec{r}, \dot{\vec{r}}, t) + \vec{f}'$$

约束

对物体运动的一定限制称为约束。

质点动力学微分方程组

$$\begin{cases} m\ddot{\vec{r}} = \vec{f}(\vec{r}, \dot{\vec{r}}, t) + \vec{f}' \\ \text{约束方程} \end{cases}$$

质点动力学微分方程组

质点动力学微分方程

$$m\ddot{\vec{r}} = \vec{f} = \vec{f}(\vec{r}, \dot{\vec{r}}, t) + \vec{f}'$$

约束

对物体运动的一定限制称为约束。

质点动力学微分方程组

$$\begin{cases} m\ddot{\vec{r}} = \vec{f}(\vec{r}, \dot{\vec{r}}, t) + \vec{f}' \\ \text{约束方程} \end{cases}$$

非自由质点动力学方程组

例 2.1 (单摆的运动)

不可伸长的摆线长度为 l ，一端悬于固定点 O ，一端与摆锤相连；摆锤质量为 m ，可视为质点；系统在过 O 点的竖直平面内运动。试求单摆在小摆角情况下的运动学方程和摆线内的张力。

非自由质点动力学方程组

例 2.2 (阿特伍德机)

用一细绳跨过一定滑轮，在绳的两端各悬质量为 m_1 和 m_2 的物体，其中 $m_1 < m_2$ ，求它们的加速度及绳端的拉力。设滑轮和绳子质量可忽略，绳子与滑轮间没有相对滑动。

非自由质点动力学方程组

例 2.3 (沿斜面下滑的物体)

一质量为 m 的木块静置于质量为 M ，倾角为 θ ，高为 h 的斜面的顶部，斜面置于水平面上，所有的接触面都是光滑的。求木块 m 相对斜面的加速度。

自由质点动力学方程

例 2.4 (有空气阻力的抛体运动)

如果空气阻力不能忽略，并设阻力与速度成正比，求抛射体的运动。设抛射体初速度的大小为 v_0 ，方向与地面成 θ 角。

$$y = \left(\frac{mg}{kv_0x} + \frac{v_{0y}}{v_{0x}} \right) + \frac{m^2g}{k^2} \ln\left(1 - \frac{kx}{mv_{0x}}\right)$$

自由质点动力学方程

例 2.4 (有空气阻力的抛体运动)

如果空气阻力不能忽略，并设阻力与速度成正比，求抛射体的运动。设抛射体初速度的大小为 v_0 ，方向与地面成 θ 角。

$$y = \left(\frac{mg}{kv_{0x}} + \frac{v_{0y}}{v_{0x}} \right) + \frac{m^2 g}{k^2} \ln \left(1 - \frac{kx}{mv_{0x}} \right)$$