

力学2 质点系力学

基本内容及基本教学要求

- 1.掌握质点系的内力特点
- 2.掌握保守力的定义，知道常见的保守力与相应势能的关系 会从势能函数求保守力
- 3.掌握牛顿力学的运动定理和相应守恒定律
熟练运用运动定理和守恒定律解题
- 4.会计算简单形状质点系的质心位置，会用质心运动定理解题

质点系的三个运动定理

动量定理

$$\int_{t_1}^{t_2} \vec{F}_{\text{外}} dt = \Delta \vec{P}$$

角动量定理

$$\int_{t_1}^{t_2} \vec{M}_{\text{外}} dt = \Delta \vec{L}$$

动能定理

$$A_{\text{外}} + A_{\text{内}} = \Delta E_K$$

$$A_{\text{内}} = A_{\text{保}} + A_{\text{非保}}$$

$$A_{\text{保}} = -\Delta E_P$$

$$E = E_k + E_P$$

$$A_{\text{外}} + A_{\text{非保}} = \Delta E$$

三个守恒定律

动量守恒

$$\vec{F} = 0$$

$$\Delta \vec{P} = 0$$

角动量守恒

$$\vec{M} = 0$$

$$\Delta \vec{L} = 0$$

机械能守恒

$$A_{\text{外}} = 0, \quad A_{\text{非保}} = 0$$

$$\Delta E = 0$$

质点系内力的特点

1.质点系内力之和一定为零 $\sum \vec{f}_i = 0$

2.质点系内力冲量之和一定为零

$$\int_{t_1}^{t_2} (\sum \vec{f}_i dt) = (\int_{t_1}^{t_2} \sum \vec{f}_i) dt = 0 \quad \text{因为时间的绝对性}$$

3.质点系内力做功之和不一定为零

$$\int_{(\text{初})}^{(\text{末})} (\sum \vec{f}_i \cdot d\vec{S}_i) \neq (\int_{(\text{初})}^{(\text{末})} \sum \vec{f}_i) \cdot d\vec{S} \quad \text{各质点的位移不一定相等}$$

4.质点系内力对定点的力矩之和一定为零

$$\sum_i \vec{r}_i \times \vec{f}_i = 0$$

辨析题

**1. 小球在不光滑的地面上滑动，能量是否守恒？
机械能是否守恒？**

2. 考虑真空中的两个点电荷 q_1 和 q_2 , 在某一惯性参考系下 , q_1 静止 , q_2 以速度 \vec{v} 运动 , 根据电动力学知识 , 可以得到它们之间的相互作用力分别为

$$\vec{f}_{12} = \frac{q_2 q_1}{4\pi\epsilon_0 r_{12}^2} \hat{r}_{12} \quad \vec{f}_{21} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r_{12}^2} \frac{(1 - \frac{v^2}{c^2}) \hat{r}_{12}}{[(1 - \frac{v^2}{c^2}) + (\frac{\vec{v} \cdot \vec{r}}{c r_{12}})^2]^{\frac{3}{2}}}$$

请问 , 在这个系统中 , 动量是否守恒 ?

3.设想我们乘坐一个相对地面速度 $v = 9.8\text{m/s}$

下落的电梯内观察质量为 m 的物体自由落体运动。在 0s 时，落体高 h ，此时，落体机械能为

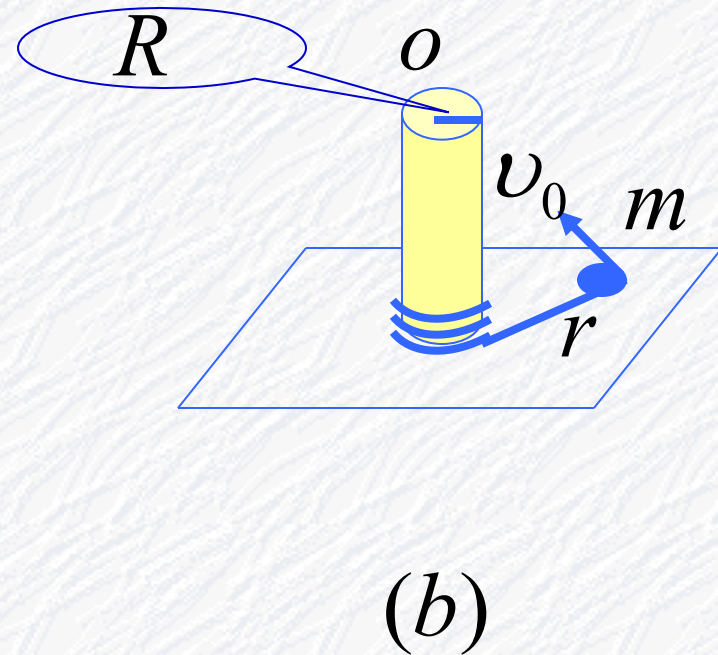
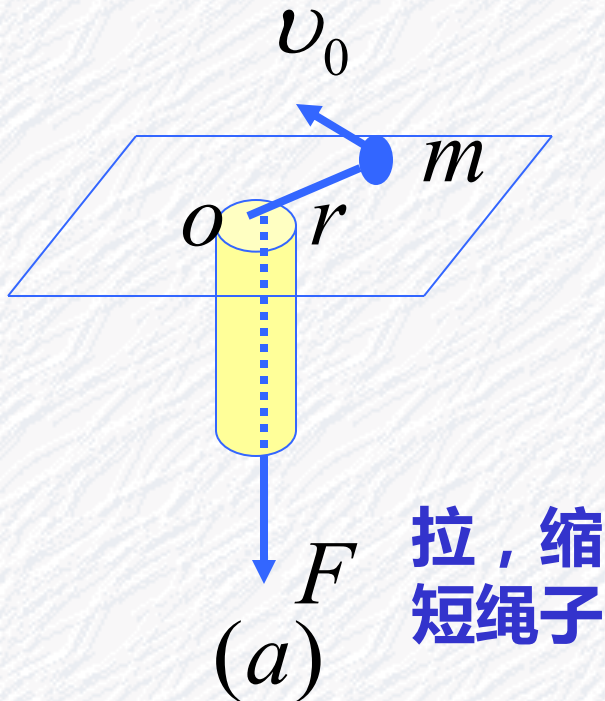
$$E_0 = mgh + \frac{1}{2}mv^2$$

那么 1s 后，机械能为 $E = mg(h - 4.9) + \frac{1}{2}m(v - v)^2$

很显然，二者并不相等。这是为什么？

如果把条件改为乘坐相对落体与地球质心速度为
 $v = 9.8\text{m/s}$ 下落的电梯观察自由落体，结论又如何？

4. 质量为 m 的小球用绳子系住，并和一半径为 R 的立柱连在一起，放在光滑的水平面上，如图(a)(b)



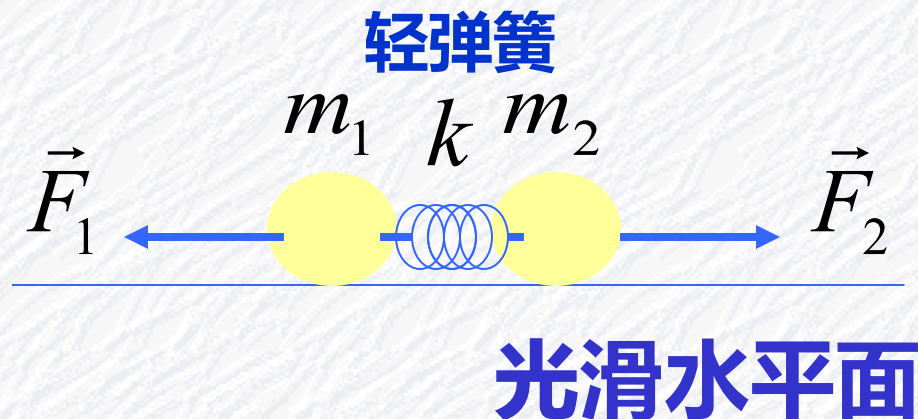
开始时，小球距立柱中心为 r 切向速度 v_0

求：质点碰到立柱时的速率

5.对于下述系统，可以使用哪些守恒定律？

系统： $m_1 + m_2$

已知： $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$



过程：从弹簧原长开始的拉长过程

分析： $\sum_i \vec{F}_{i\text{外}}$?

$\sum_i A_{i\text{外}}$? 是否存在非保守内力

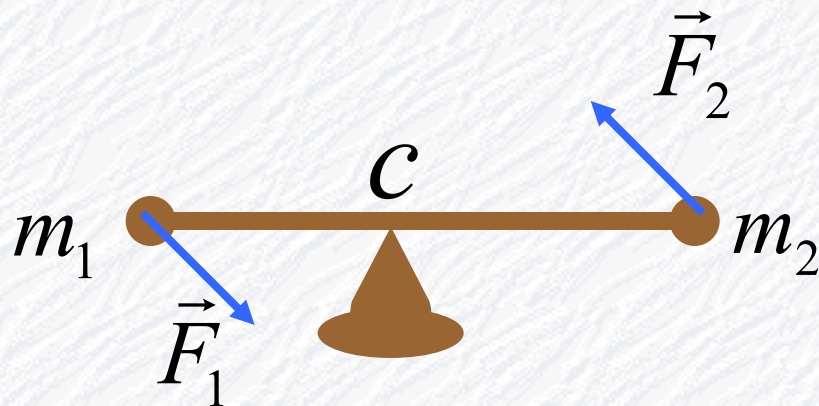
6. 轻杆连接着两质点 m_1 m_2

分别受水平力 $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

在水平面内绕过质心 C 的轴转动

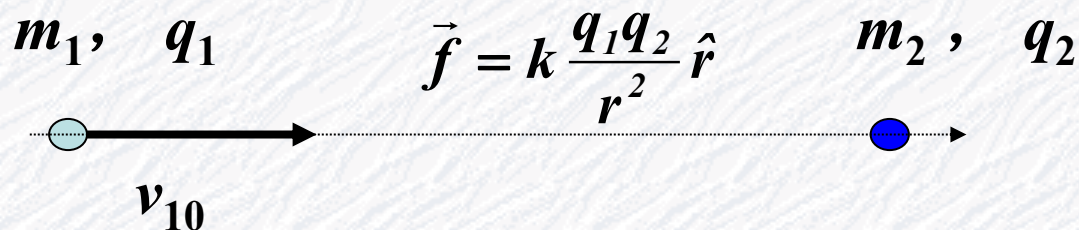
以两球 m_1 m_2 为研究系统

分析守恒量



运动定理 守恒定律 的应用

1. 已知两带电粒子之间的静电力服从库仑定律

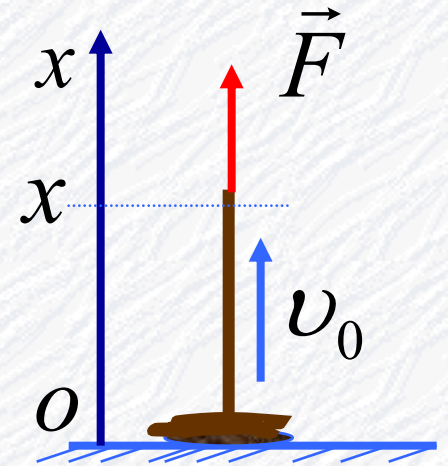


如上图，带电粒子1以某一初速度正对远处的静止带电粒子2运动，已知： m_1 ， q_1 ， v_{10} ， m_2 ， q_2 ，粒子电荷同号。求：两粒子的最近距离（万有引力远小于库仑力）。

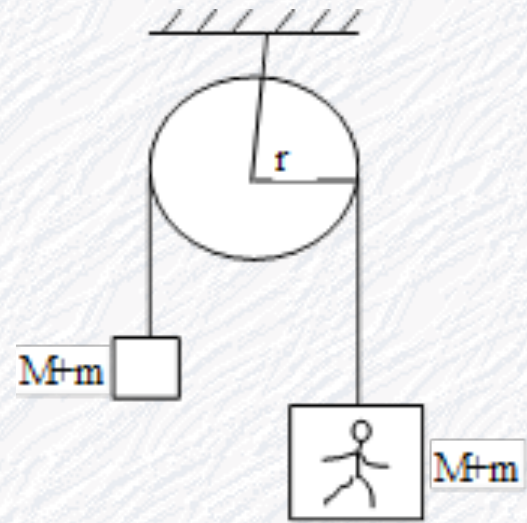
2. 柔软的绳盘在桌面上，总质量为 m_0 ，总长度 l

质量均匀分布，均匀地以速度 v_0 提绳。

求：绳子被拉上任一段后，绳端的拉力 F



3.轻绳跨过光滑滑轮。滑轮一端系升降亭，亭中人的质量为 m ，绳的另一端系一重物与升降亭平衡。设人在地面上时所能达到的最大高度为 h ，若人在升降亭中消耗同样的能量上跳。试问最大高度是多少？忽略滑轮的质量，设升降亭的质量为 M 。



4.光滑水平面上，有两个质量都是 m 的质点，由长度为 a 的一根轻质硬杆连接在一起。系统以角速度

ω 绕质心转动。杆上的一个质点与第三个质量也是 m ，但静止的质点

发生碰撞，结果黏在



一起。（1）碰撞前一瞬间三个质点的质心在何处？此质心的速度多大？

（2）碰撞前一瞬间这三个质点对它们的质心的总角动量是多少？碰后一瞬间又是多少？

（3）碰撞后整个系统绕质心转动的角速度多大？