

物理

系统机械能守恒定律典型问题分析

北京景山学校远洋分校教师 吴俊晓 闫冰

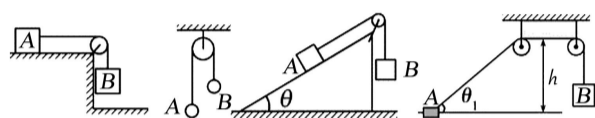
机械能守恒定律是高中阶段学习的重要规律,在实践中,考生常常需要应用机械能守恒定律分析多个物体组成的系统的动力学问题,系统机械能守恒定律的使用是一个难点。

当系统满足机械能守恒条件时,任意两个状态的机械能都相等,因此,对于具体的问题,可以不用考虑中间过程,只考虑初末状态,处理问题比较简便。下面将对一些系统机械能守恒相关的常见模型和情境进行归纳分析,并给出一些连续性物体的机械能守恒问题。在这些模型中,研究对象的确定通常会成为一个难点,如何选取研究对象,建立模型,是利用机械能守恒处理问题的关键。

一、系统机械能守恒的常见情境

1. 轻绳连接的物体系统

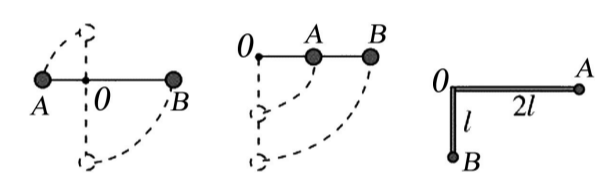
常见图景:



说明:对于单个物体,一般绳上的力要做功,机械能不守恒;但对于绳连接的系统,机械能可能守恒。

2. 轻杆连接的物体系统

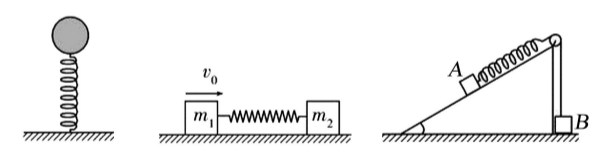
常见图景:



说明:杆对物体的作用力并不总是沿杆的方向,杆对物体做功,单个物体机械能不守恒;对于杆和球组成的系统,忽略阻力且没有其他外力对系统做功时,系统机械能守恒。

3. 轻弹簧连接的物体系统

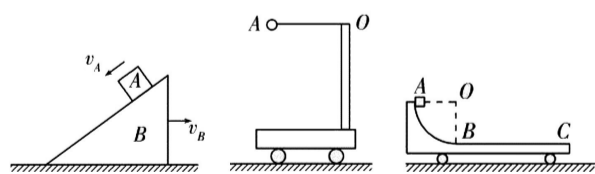
常见图景:



说明:由轻弹簧连接的物体系统,一般既有重力做功又有弹簧弹力做功,这时系统内物体的动能、重力势能和弹簧的弹性势能相互转化,而总的机械能守恒。

4. “光滑斜(平)面-滑块”类

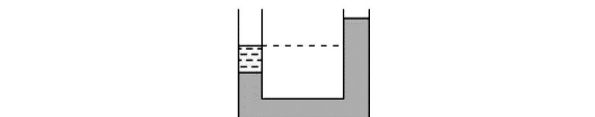
常见图景:



说明:在滑(摆)动过程中,滑块(小球)与斜面体(小车)的相互作用力做功,单个物体机械能不守恒;如没有机械能与其他形式能量的转换,系统机械能守恒。

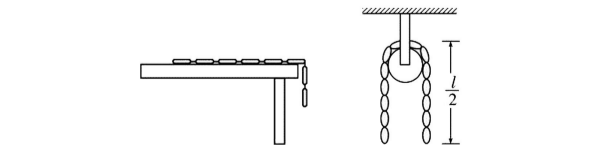
5. “液柱”类

常见图景:



“链条”类

常见图景:



说明:

(1)像“液柱”“链条”类物体,在其运动过程中,重心位置相对物体会发生变化,不能再视为质点来处理。但因只有重力做功,物体整体机械能守恒。

(2)在确定物体重力势能的变化量时,要根据情况,将物体分段处理,确定好各部分的重心及重心高度的变化量。

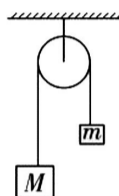
(3)注意非质点类物体各部分是否都在运动,运动的速度大小是否相同,若相同,则物体的动能可表示为 $\frac{1}{2}mv^2$ 。

二、系统机械能守恒常见典型例题

类型一:轻绳连接的系统

1.(多选)如图所示,细绳跨过定滑轮悬挂两物体 M 和 m ,且 M 的质量大于 m 的质量,不计摩擦,系统由静止开始运动的过程中:

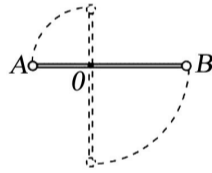
- A. M 、 m 各自的机械能分别守恒
- B. M 减少的机械能等于 m 增加的机械能
- C. M 减少的重力势能等于 m 增加的重力势能
- D. M 和 m 组成的系统机械能守恒



【解析】 M 下落过程中,绳的拉力对 M 做负功, M 的机械能减少, m 上升过程中,绳的拉力对 m 做正功, m 的机械能增加,A 错误;对 M 、 m 组成的系统,机械能守恒,得 B、D 正确; M 减少的重力势能并没有全部转化为 m 的重力势能,还有一部分转化为 M 和 m 的动能,所以 C 错误。

类型二:轻杆连接物体系统

2.(多选)如图所示, A 和 B 两个小球固定在一根轻杆的两端, A 球的质量为 m , B 球的质量为 $2m$,此杆可绕穿过 O 点的水平轴无摩擦地转动。现使轻杆从水平位置由静止释放,则在杆从释放到转过 90° 的过程中,下列说法正确的是

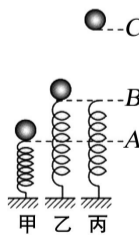


- A. A 球的机械能增加
- B. 杆对 A 球始终不做功
- C. B 球重力势能的减少量等于 B 球动能的增加量
- D. A 球和 B 球的总机械能守恒

【解析】 A 球由静止向上运动,重力势能增大,动能也增大,所以机械能增大,杆一定对 A 球做功,A 项正确,B 项错误;由于无摩擦力做功,系统只有重力做功, A 球和 B 球的总机械能守恒, A 球机械能增加, B 球的机械能一定减少,故 D 项正确; B 球重力势能的减少量等于两球总动能的增加量与 A 球重力势能增加量之和,C 项错误。

类型三:轻弹簧连接物体系统

3.把一小球放在竖立的轻弹簧上,并把小球往下按至 A 的位置,如图甲所示。迅速放手后,弹簧把小球弹起,小球升至最高位置 C (图丙),途中经过位置 B 时弹簧正好处于自由状态(图乙)。不计空气阻力,下列说法正确的是

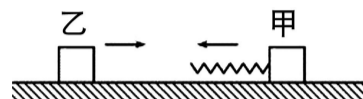


- A. 小球从 A 运动到 B 的过程中,弹簧的弹性势能全都转化为小球的重力势能
- B. 小球从 A 运动到 C 的过程中,弹簧的弹性势能全都转化为小球的重力势能
- C. 小球从 A 运动到 B 的过程中,动能一直增大
- D. 小球从 A 运动到 B 的过程中,动能最大的位置为 AB 的中点

【解析】小球从 A 运动到 B 的过程中,弹簧的弹性势能转化为小球的重力势能与动能,当小球重力与弹簧弹力相等时,小球具有最大速度,故 A、C、D 错误。小球从 A 运动到 C 的过程中,由能量守恒定律可知,弹簧的弹性势能全都转化为小球的重力势能,故 B 正确。

类型四:“光滑斜(平)面-滑块”类

4.质量为 m 的物块甲以 3 m/s 的速度在光滑水平面上运动,有一轻弹簧固定于其左端,另一质量也为 m 的物块乙以 4 m/s 的速度与甲相向运动,如图所示。则

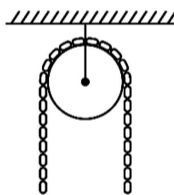


- A. 甲、乙两物块在弹簧压缩过程中,由于弹力作用,系统动量不守恒
- B. 当两物块相距最近时,甲物块的速率为零
- C. 当甲物块的速率为 1 m/s 时,乙物块的速率可能为 2 m/s ,也可能为零
- D. 甲物块的速率可能达到 5 m/s

【解析】甲、乙两物块在弹簧压缩过程中,由于弹力是系统内力,系统所受合外力为零,所以系统动量守恒,选项 A 错误;当两物块相距最近时,它们的速度相同,设为 v ,取水平向右为正方向,根据动量守恒定律有 $mv_{乙} - mv_{甲} = 2mv$,代入数据,可得 $v = 0.5\text{ m/s}$,选项 B 错误;当甲物块的速率为 1 m/s 时,其速度方向可能水平向左,也可能水平向右,水平向左时,根据动量守恒定律可得,乙物块的速率为 2 m/s ,水平向右时,根据动量守恒定律可得,乙物块的速率为零,所以选项 C 正确;因为整个过程中,系统的机械能不可能增加,若甲物块的速率达到 5 m/s ,那么乙物块的速率肯定不为零,这样系统的机械能就增加了,所以选项 D 错误。

类型五:“链条”类、“液柱”类

5.如图所示,一长为 L 的均匀铁链对称挂在一轻质小滑轮上,由于某一微小扰动使得链条向一侧滑动,滑轮离地面足够高,重力加速度大小为 g ,则铁链滑动过程机械能____(选填“守恒”或“不守恒”),铁链完全离开滑轮时的速度大小为_____。



【解析】(1)铁链从开始滑动到完全离开滑轮的过程中,只有重力做功,铁链机械能守恒;

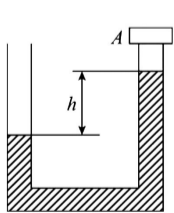
铁链重心下降的高度为 $h = \frac{L}{2} - \frac{L}{4} = \frac{L}{4}$

(2)铁链下落过程,由机械能守恒定律得: $mg \cdot \frac{L}{4} = \frac{1}{2}mv^2$

解得 $v = \sqrt{\frac{gL}{2}}$

解题关键:此题找到物体的重心是关键,只要找到初末位置的重心变化,就可以利用机械能守恒解决问题了。

6.如图所示,U形管内装有同种液体,右管管口用盖板 A 密闭,两液面的高度差为 h ,U形管中液体总长度为 $4h$,U形管中横截面处处相同。先拿去盖板 A ,液体开始流动(不计一切摩擦),当两液面高度相平时,右侧液体下降的速度为()



- A. $\sqrt{\frac{gh}{2}}$
- B. $\sqrt{\frac{gh}{4}}$
- C. $\sqrt{\frac{gh}{6}}$
- D. $\sqrt{\frac{gh}{8}}$

【解析】设U型管内单位长度的液体质量为 m_0 ,因为不计任何摩擦,大气压对液体做功为零,所以液体的机械能守恒: $m_0 \frac{h}{2} g \frac{h}{2} = \frac{1}{2} 4m_0 h v^2$,解得: $v = \sqrt{\frac{gh}{8}}$

解题关键:此题关键是找到研究对象,当两液面高度相平时,相当于右边液体的一半下落到左边容器内,所以液体的重心下移了 $\frac{h}{2}$,就可以利用机械能守恒解决问题了。