

应用逆向转换法解物理问题

陈占宏

逆向过程处理(逆向思维法)是把运动过程的“末态”作为“初态”的反向研究问题的方法,如把物体的加速运动看成反向的减速运动,物体的减速运动看成反向的加速运动的处理,该方法一般用在末状态已知情况,特别是末速度为零的情况,若用常规解法,未知量多,列出的方程多,解的过程繁锁,巧用逆过程,恰好转化为熟悉的初速度为零的匀加速直线运动的各量的比例关系。

[例 1] 一物体由斜面底端上滑到顶端恰好静止,历时 $\sqrt{2}s$, 那么它从斜面中点到顶端所用的时间是多少?

[解析] 本题的常规解法是顺着运动的过程考虑,即作为匀减速直线运动来处理,求解难度较大,技巧解法是将运动反过来,也就是逆向处理,求解就非常方便,这是因为反过来后它是一个初速度为零的匀加速直线运动,这时可以用简单的比例关系求解,现将两种方法对比如下。

[解法一] 正向处理

如图 1 所示, B 为斜面的中点, 设斜面长为 l , 初速度为 v_0 , 加速度大小为 a , 由匀变速运动规律, A → C 过程:

$$l = v_0 t - \frac{1}{2} a t^2, \quad (1)$$

$$0 = v_0 - a t. \quad (2)$$

$$A \rightarrow B \text{ 过程: } \frac{l}{2} = v_0 t' - \frac{1}{2} a t'^2. \quad (3)$$

将 $t = \sqrt{2}s$ 代入①、②、③得 $t'^2 - 2\sqrt{2}t' + 1 = 0$ ④

解得 $t' = (\sqrt{2} - 1)s$

因此 $B \rightarrow C$ 历时 $t'' = t - t' = 1s$

[解法二] 逆向处理

$$C \rightarrow A \text{ 过程: } l = \frac{1}{2} a t^2, \quad (5)$$

$$C \rightarrow B \text{ 过程: } \frac{l}{2} = \frac{1}{2} a t''^2 \quad (6)$$

⑥/⑤解得 $t'' = 1s$

[评注] 在上述解法一中要求解关于 t' 的一元二次方程④, 根据数学知识可知, 二次方程应有两个根 t'_1, t'_2 , 必须注意合理取舍, 由④可解得: $t'_1 = (\sqrt{2} - 1)s$, $t'_2 = (\sqrt{2} + 1)s$ 因为 $A \rightarrow C$ 全程时间 $t = \sqrt{2}s$, 故有 $t' < t, t'_2$ 这个根应舍去。

[思考] (1) 方程④的另一个根 $t'_2 = (\sqrt{2} + 1)s$ 有什么物理意义呢? 设想 AC 为一光滑斜面, 则物体由 A 到 C 为末速度为零的匀减速运动, 然后物体将从 C 向 A 做初速度为零的匀加速运动, 前后两阶段加速度的大小和方向均相同 ($a = g \sin \alpha$, 沿斜面向下), 因此全过程 $A \rightarrow C \rightarrow A$ 为匀变速运动, 类似竖直上抛运动, $A \rightarrow C$ 与 $C \rightarrow A$ 的运动具有对称性, 这正是上述解法二的理论依据, 可见解得 t'_2 乃是 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow B$ 这一过程所经历的时间。

如果这一问题的实际背景是人骑自行车减速上坡, 则 t'_2 这个根就不合理了, 一是骑车人到斜坡顶端后不可能向后倒退; 二是即使倒退, 加速度与上坡时也不相同了, 这时上坡和下坡不可以作为统一的匀变速直线运动来处理。

(2) 本题将运动反过来后, 也可由 $t_{CB} : t_{BA} = 1 : (\sqrt{2} - 1)$ 直接得到 $t_{BC} = 1s$, 一般来说, 初速度为零的匀加速直线运动, 通过连续相等的位移所用时间之比为 $t_1 : t_2 : t_3 : \dots : t_n = 1 : (\sqrt{2} - 1) : (\sqrt{3} - \sqrt{2}) : \dots : (\sqrt{n} - \sqrt{n-1})$

[例 2] 子弹以水平初速度连续射穿三个并排着的完全相同的静止并固定的木块后速度恰好减为零, 如图 2 所示,

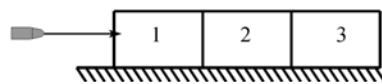


图 2

则它在射穿每个木块的速度之比为_____, 穿过每个木块所用时间之比为_____。(假设子弹穿过三块木块时所受阻力相同)。

[解析] 将此运动反演成从终点开始沿反方向做初速度为零的匀加速直线运动, 设加速度大小为 a , 每个木块长为 L 。

$$\text{由 } 2as=v^2 \text{ 得 } v_3 = \sqrt{2aL}; v_2 = \sqrt{2a \cdot 2L};$$

$$v_1 = \sqrt{2a \cdot 3L} \text{ 即 } v_1 : v_2 : v_3 = \sqrt{3} : \sqrt{2} : 1$$

根据初速度为零的匀加速直线运动的相邻相同

位移的时间比为:

$$t_3 : t_2 : t_1 = 1 : (\sqrt{2} - 1) : (\sqrt{3} - \sqrt{2}),$$

所以子弹正向依次穿过木块的时间比为:

$$t_1 : t_2 : t_3 = (\sqrt{3} - \sqrt{2}) : (\sqrt{2} - 1) : 1$$

$$[\text{答案}] \quad \sqrt{3} : \sqrt{2} : 1 \quad (\sqrt{3} - \sqrt{2}) : (\sqrt{2} - 1) : 1$$

(甘肃省高台县第一中学 734300)