

建模抓本质 迁移速解题

唐沂国

(平邑第一中学 山东 临沂 273300)

(收稿日期:2019-06-24)

摘要:模型的建立对高中物理题目的求解至关重要;而学习迁移是指一种学习对另一种学习的影响,也是利用已有的知识经验不断地获得新知识和技能的过程.新知识技能的获得能不断地使已有的知识经验得到扩充和丰富,这就是我们常说的“举一反三”“触类旁通”^[1].我们在求解物理问题时往往是将实际问题进行简化,抽象成一个容易求解的物理题解模型,熟练地运用题解模型可以大幅度提高解题效率.我们将在这篇文章中用求解物理习题的方式,对怎样更好地运用物理题解模型解题,以及知识的迁移,总结规律,提升解题速度做进一步的探究.

关键词:构建模型 学习迁移 速解问题 提升规律

2019年版考纲变化对我们的启示,在复习解决物理问题时要关注:实际情形 → 物理模型 → 物理规律 → 实际应用,……多过程考查分析综合的运用能力;2019年高考物理通过情境化试题考查考生的物理学科素养.通过分析物理情境构建题解模型,总结物理规律,进行知识迁移来解决实际问题,从而提升解题速度,达到培养学生解题能力的目标.

1 构建物理题解模型

解决物理问题,首先分析物理情境,构建物理题解模型.

【例1】物体静止在光滑的水平地面上,受到一个水平向右恒力 F_1 的作用,当速度大小为 v_1 时撤去,立即加上反向的另一个恒力 F_2 ,作用相同时间后物体回到出发点,速度大小为 v_2 ,则()

- A. $F_1 : F_2 = 1 : 2$ B. $F_1 : F_2 = 1 : 3$
C. $v_1 : v_2 = 1 : 3$ D. $v_1 : v_2 = 1 : 2$

分析:物体先做匀加速运动,后做匀减速运动回

到原处,整个过程中的位移为零.结合位移-时间公式得出加速度的关系,再结合速度-时间公式得出速度的关系.

解答:经同样时间 t 后回到原处,整个时间内物体的位移为零,设两运动过程加速度分别为 a_1 和 a_2 ,有

$$\frac{1}{2}a_1t^2 + v_1t - \frac{1}{2}a_2t^2 = 0$$

$$\text{又} \quad v_1 = a_1t$$

$$\text{解得} \quad a_2 = 3a_1$$

$$\text{因为} \quad v_2 = v_1 - a_2t = -2a_1t = -2v_1$$

$$\text{所以} \quad v_1 : v_2 = 1 : 2 \quad F_1 = ma_1 \quad F_2 = ma_2$$

$$\text{又} \quad a_1 = \frac{v_1}{t} \quad a_2 = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

$$\text{解得} \quad F_1 : F_2 = 1 : 3$$

故选项 B 和 D 正确.

点评:解决本题的关键是掌握匀变速直线运动的位移-时间公式和速度-时间公式,并能灵活运用,

么存在 3 个约束方程,分别为总长度不变、端点坐标满足曲线方程、端点处的张力方向与曲线的法向一致.对于具体的直线和双曲线,数值求解这 3 个约束方程,得到了悬链最低点纵坐标、长度参数和端点参数值,从而画出了此时悬链线的平衡位形.如果两个端点在不同的曲线上滑动,那么端点的两个参数是不对称的,本文中的式(1)和式(2)需要推广.未知参量是 5 个,最低点的长度参数、最低点的两个坐标、两个端点的参数.约束方程也恰好是 5 个,两个

端点坐标满足已知曲线方程、两个端点处链条张力方向与曲线在这点的法向向量一致,以及链条的总长度不变.5 个参数,5 个约束方程,理论上也能数值求解,有兴趣的读者不妨试试.

参考文献

- 姜付锦.悬链线的重心问题[J].物理教师,2010,31(7): 37
- 郑金.有关悬链线的问题[J].物理教师,2011,32(6):59

在解题时要注意公式的矢量性. 此题从不同角度出发, 解法有很多种, 其中利用平均速度方法求解最为简捷.

2 应用迁移速解问题

抓住题目的实际本质, 应用已有的物理题解模型, 进行知识的迁移, 可快速求解题目.

【例 2】在真空中水平放置平行板电容器, 两极板间有一个带电油滴, 电容器两板间距为 d , 当平行板电容器的电压为 U_0 时, 油滴保持静止状态, 如图 1 所示. 当给电容器突然充电使其电压增加 ΔU_1 , 油滴开始向上运动; 经时间 Δt 后, 电容器突然放电使其电压减少 ΔU_2 , 又经过时间 Δt , 油滴恰好回到原来位置. 假设油滴在运动过程中没有失去电荷, 充电和放电的过程均很短暂, 这段时间内油滴的位移可忽略不计, 重力加速度为 g . 试求:

- (1) 带电油滴所带电荷量与质量之比;
- (2) 第一个 Δt 与第二个 Δt 时间内油滴运动的加速度大小之比;
- (3) ΔU_1 与 ΔU_2 之比.

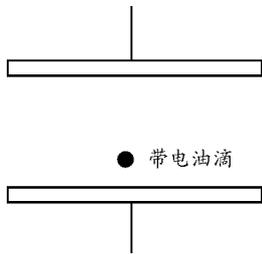


图 1 例 2 题图

分析: (1) 油滴处于静止状态, 所受电场力和重力平衡, 求出带电油滴所带电荷量与质量之比. (2) 第一个 Δt 内油滴做匀加速直线运动, 第二个 Δt 时间内油滴做匀减速直线运动, 抓住两段时间内位移大小相等, 方向相反, 根据运动学公式, 求出加速度大小之比. (3) 油滴向上加速时

$$q \frac{U_0 + \Delta U_1}{d} - mg = ma_1$$

又
$$mg = q \frac{U_0}{d}$$

所以
$$q \frac{\Delta U_1}{d} = ma_1$$

油滴向上减速运动时

$$mg - q \frac{U_0 + \Delta U_1 - \Delta U_2}{d} = ma_2$$

有
$$q \frac{\Delta U_2 - \Delta U_1}{d} = ma_2$$

根据加速度之比求出 ΔU_1 与 ΔU_2 之比.

解答: (1) 油滴静止时 $mg = q \frac{U_0}{d}$, 则

$$\frac{q}{m} = \frac{dg}{U_0}$$

(2) 设第一个 Δt 内油滴的位移为 x_1 速度为 a_1 , 第二个 Δt 内油滴的位移为 x_2 , 加速度为 a_2 , 则

$$x_1 = \frac{1}{2} a_1 \Delta t^2 \quad x_2 = v_1 \Delta t - \frac{1}{2} a_2 \Delta t^2$$

且
$$v_1 = a_1 \Delta t \quad x_1 = x_2$$

计算得出
$$a_1 : a_2 = 1 : 3$$

(3) 油滴向上加速运动时

$$q \frac{U_0 + \Delta U_1}{d} - mg = ma_1$$

即
$$q \frac{\Delta U_1}{d} = ma_1$$

油滴向上减速运动时

$$mg - q \frac{U_0 + \Delta U_1 - \Delta U_2}{d} = ma_2$$

即
$$q \frac{\Delta U_2 - \Delta U_1}{d} = ma_2$$

则
$$\frac{\Delta U_1}{\Delta U_2 - \Delta U_1} = \frac{1}{3}$$

计算得出
$$\frac{\Delta U_1}{\Delta U_2} = \frac{1}{4}$$

点评: 此题第(2)问的物理题解模型就是例 1, 只不过一个是水平方向的运动, 一个是竖直方向的运动. 用电容器突然充电使其电压增加 ΔU_1 后电场力与重力的合力来代替恒力 F_1 , 用电容器突然放电使其电压减少 ΔU_2 的电场力与重力的合力来代替恒力 F_2 . 其运动方面的求解, 与运动学的相关知识解题思路是一致的.

3 拓展综合提升规律

对于综合题目的拓展和变化, 分析其本质, 总结、归纳其规律, 提升解题速度.

【例 3】如图 2 所示, 倾角为 θ 的光滑斜面足够长, 一质量为 m 的小物体, 在沿斜面向上的恒力 F 作用下, 由静止从斜面底端沿斜面向上做匀加速直线运动, 经过时间 t , 力 F 做功为 60 J, 此后撤去力 F , 物体又经过相同的时间 t 回到斜面底端, 若以地面为零势能参考面, 则下列说法正确的是 ()

- A. 物体回到斜面底端的动能为 60 J
 B. 恒力 $F = 2mg \sin \theta$
 C. 撤出力 F 时, 物体的重力势能是 45 J
 D. 动能与势能相等的时刻一定出现在撤去力 F 之后

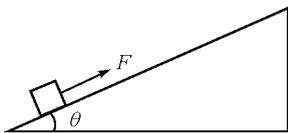


图2 例3题图

分析: 物体在沿斜面向上的恒力 F 作用下, 向上做匀加速直线运动时, 其合力为 $F - mg \sin \theta$, 就相当于例 1 中的 F_1 , 而物体沿斜面向下滑动时其合力为 $mg \sin \theta$, 就相当于例 1 中的 F_2 . F_1 与 F_2 的关系完全符合例 1 的比例关系.

解答: 选项 A, 外力 F 做功时, 小物体的机械能增加 60 J, 当撤去外力后, 小物体的机械能守恒, 再次回到斜面底端时重力势能与初始状态时相同, 则外力 F 做功完全转化为其动能, 所以物体回到斜面底端的动能为 60 J, 故选项 A 正确.

选项 B, 当小物体沿斜面上滑时, 由牛顿第二定律

$$F - mg \sin \theta = ma_1$$

由匀变速直线运动规律, 小物体位移的大小

$$s = \frac{1}{2} a_1 t^2$$

同理当小物体沿斜面向下滑时, 根据牛顿第二定律

$$mg \sin \theta = ma_2$$

由匀变速直线运动规律, 小物体位移的大小

$$s = -(a_1 t) t + \frac{1}{2} a_2 t^2$$

联立解得
$$F = \frac{4}{3} mg \sin \theta$$

故选项 B 错误.

选项 C, 小物体上滑过程中, 外力做功

$$W = Fs = \frac{4}{3} mgs \sin \theta = 60 \text{ J}$$

则重力势能 $mgh = mgs \sin \theta = 45 \text{ J}$

故选项 C 正确.

选项 D, 小物体上滑过程中, 物体重力势能

$$mgh = mgs \sin \theta = \frac{1}{6} mg^2 t^2 \sin^2 \theta$$

物体的动能

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{18} mg^2 t^2 \sin^2 \theta$$

所以在上滑过程中, 物体的动能始终比重力势能小, 而下滑过程中, 物体动能增大, 重力势能减小, 则动能与势能相等的时刻一定出现在撤去力 F 之后, 故选项 D 正确.

综上所述, 本题正确答案为选项 A, C, D.

点评: 此题的受力情况和运动情境完全与例 1 的类似, 它同时增加了对能量有关知识的考查, 其本质问题是同一个问题. 只不过一个是水平方向上的运动, 一个是斜面方向上的运动罢了. 本题易错项为 B 和 D. 考生可能误以为撤去力的瞬间小物体的速度为零; 学生可能没有掌握运用能量守恒定律解题的方法, 故易漏选选项 D, 错选选项 B.

4 高考真题展示

【例 4】(2017 年高考理综 I 卷 25 题) 真空中存在电场强度大小为 E_1 的匀强电场, 一带电油滴在该电场中竖直向上做匀速直线运动, 速度大小为 v_0 . 在油滴处于位置 A 时, 将电场强度的大小突然增大到某值, 但保持其方向不变. 持续一段时间 t_1 后, 又突然将电场反向, 但保持其大小不变; 再持续同样一段时间后, 油滴运动到 B 点. 重力加速度大小为 g .

(1) 求油滴运动到 B 点时的速度.

(2) 求增大后的电场强度的大小; 为保证后来的电场强度比原来的大, 试给出相应的 t_1 和 v_0 应满足的条件. 已知不存在电场时, 油滴以初速度 v_0 做竖直上抛运动的最大高度恰好等于 B 和 A 两点间距离的 2 倍.

本题最基本的要求是学生能进行正确的受力分析和运动过程分析, 从而列出正确的表达式. 其受力和运动情境与例 1 类似, 只是数值关系不再满足例 1 中的关系罢了. 这道题的表达式较繁琐, 要求学生的计算能力较高, 是一道区分度比较高的题目. 学生在根据题目列出正确的表达式之后, 还要求对所设情景进行讨论, 进行再分析、判断, 推理和综合.

题目详实解答不再赘述.

例 1、例 2、例 3 其运动本质是相同的, 只是方向为水平、竖直和斜面上, 所以解题思路和方法是一致的. 通过建模抓本质, 利用迁移速解题, 提高落实物理的学科素养.

参考文献

- 李宇晨. 物理模型在高中物理解题中的作用[J]. 文理导航. 2016(2):20,35