

基于核心素养下科学思维的养成

——以动力学角度谈“传送带”问题为例

关健波

(昆明市第十四中学 云南 昆明 650106)

(收稿日期:2020-02-07)

摘要:物理核心素养是高中物理考试的热点,如何建立科学思维是其中很重要的一点,通过“传送带”问题题型分析、典例示范及其变式分析,强化“传送带”模型中运动过程的判断,从而得到解决该类模型问题的思路和方法,以提高学生的思维能力.

关键词:核心素养 传送带模型 过程 思路和方法

核心素养是学科育人的集中体现,是学生通过学科学习而逐渐形成的正确的价值观念、必备品格和关键能力.现阶段提出的核心素养主要由“物理观念”“科学思维”“实验探究”“科学态度与责任”4个方面的关键素养组成^[1].结合现在教学实际,让学生形成科学思维是当前高考中的热点与重点问题.而在科学思维的建构中,物理模型的构建显得非常重要,也是历年高考中出题的热点问题,那么如何构建物理模型?

本文通过对“传送带”模型的分析来体现科学思维能力的构建.从而让学生具有构建模型的意识 and 能力,掌握科学思维方法;从定性到定量两个方面对传送带模型进行题型特点介绍、典例示范及其变式分析,总结出该类模型问题的处理思路和方法.

1 题型特点

在一般情况下,“传送带”题型组成包括研究对象(包含对象模型)、过程发生的条件(条件模型及相关语句)、发生的过程(过程模型及相关语句)^[2].我们需要学生做的是,通过对题目包含的对象模型、条件模型、过程模型的识别,结合理论模型和问题模型,完成对问题的表征,即通过图1的程序进行题目分析.

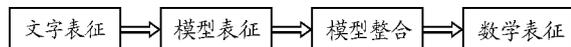


图1 “传送带”分析程序

2 题型示范

【例1】如图2所示,水平传送带始终保持 $v = 4 \text{ m/s}$ 的恒定速率运行,在传送带A端静止释放质量 $m = 1 \text{ kg}$ 的小物块(可视为质点),已知传送带两端A,B间距离 $L = 6 \text{ m}$,物块与传送带间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$,求物块从传送带A端到达B端所用的时间.(重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$)

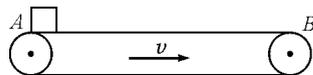


图2 例1题图

分析:对物块进行受力分析可知,物块最初向右做加速度为 a 的匀加速直线运动,若物块到达B端时速度仍没有加到与传送带速度相等,说明物块在传送带上一直做匀加速直线运动;若物块在到达B端之前的速度就与传送带相等,说明物块先做匀加速直线运动,之后物块与传送带保持相对静止,做匀速直线运动.

解答:以物块为研究对象,根据牛顿运动定律得

$$\mu mg = ma$$

解得

$$a = 2 \text{ m/s}^2$$

假设经过时间 t_1 物块与传送带能够达到共速, 则有

$$v = at_1$$

解得 $t_1 = 2 \text{ s}$

此时物块的位移为

$$x_1 = \frac{1}{2}at_1^2$$

解得 $x_1 = 4 \text{ m}$

因为 $x_1 < L$, 说明物块先做匀加速直线运动到与传送带共速, 之后与传送带保持相对静止做匀速直线运动.

设从与传送带共速至到达传送带右端用时 t_2 , 有

$$L - x_1 = vt_2$$

解得 $t_2 = 0.5 \text{ s}$

故物块从 A 到达 B 端所用时间

$$t = t_1 + t_2 = 2.5 \text{ s}$$

【变式 1】在典例中给物块一个水平向右的初速度 v_0 , 如图 3 所示, 其他条件不变. 求:

(1) $v_0 = 2 \text{ m/s}$ 时, 物块从 A 端到达 B 端所用的时间;

(2) $v_0 = 6 \text{ m/s}$ 时, 物块从 A 端到达 B 端所用的时间.

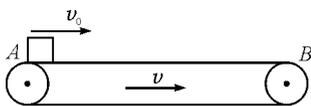


图 3 变式 1 题图

分析:对物块受力分析可知, $v_0 = 2 \text{ m/s}$ 时, 物块最初做匀加速直线运动, 若物块到达 B 端时速度仍没有加到与传送带速度相等, 说明物块在传送带上一直做匀加速直线运动; 若物块在到达 B 端之前的速度就与传送带相等, 说明物块先做匀加速直线运动, 之后物块与传送带保持相对静止, 做匀速直线运动. 当 $v_0 = 6 \text{ m/s}$ 时, 物块最初做匀减速直线运动, 若物块到达 B 端时速度仍没有减到与传送带速度相等, 说明物块在传送带上一直做匀减速直线运动; 若物块在到达 B 端之前的速度就与传送带相等, 说明物块先做匀减速直线运动, 之后与传送带保持

相对静止, 做匀速直线运动.

解答:(1) 以物块为研究对象, 根据牛顿运动定律得

$$\mu mg = ma$$

解得 $a = 2 \text{ m/s}^2$

假设物块与传送带能够达到共速, 则有

$$v = v_0 + at_1$$

解得 $t_1 = 1 \text{ s}$

此时物块的位移为

$$x_1 = v_0 t_1 + \frac{1}{2}at_1^2$$

解得 $x_1 = 3 \text{ m}$

因为 $x_1 < L$, 说明物块先做匀加速直线运动到与传送带共速, 之后与传送带保持相对静止做匀速直线运动.

从与传送带共速至到达传送带右端有

$$L - x_1 = vt_2$$

解得 $t_2 = 0.75 \text{ s}$

故物块从 A 到达 B 端所用时间

$$t = t_1 + t_2 = 1.75 \text{ s}$$

(2) 以物块为研究对象, 根据牛顿运动定律得

$$\mu mg = ma$$

解得 $a = 2 \text{ m/s}^2$

假设物块与传送带能够到达共速, 则有

$$v = v_0 - at_1$$

解得 $t_1 = 1 \text{ s}$

此时物块的位移为

$$x_1 = v_0 t_1 - \frac{1}{2}at_1^2$$

解得 $x_1 = 5 \text{ m}$

因为 $x_1 < L$, 说明物块先做匀减速直线运动到与传送带共速, 之后与传送带保持相对静止做匀速直线运动.

从与传送带共速至到达传送带右端有

$$L - x_1 = vt_2$$

解得 $t_2 = 0.25 \text{ s}$

故物块从 A 到达 B 端所用时间

$$t = t_1 + t_2 = 1.25 \text{ s}$$

我们也可以改变典例中速度的方向,如给物块一个水平向左的初速度 v_0 ,其他条件不变.当初速度分别为 $v_0=2\text{ m/s}$ 和 $v_0=6\text{ m/s}$ 时,求物块分别从 A 端到达 B 端的所用的时间.

【变式 2】在变式 1 中将传送带变为与水平方向夹角 $\theta=37^\circ$,如图 4 所示,物块与传送带间动摩擦因数 $\mu=0.5$,其他条件不变.求:

(1) $v_0=2\text{ m/s}$ 时,物块从 A 端到达 B 端所用的时间;

(2) $v_0=6\text{ m/s}$ 时,物块从 A 端到达 B 端所用的时间.

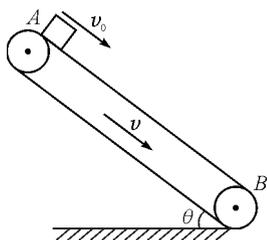


图 4 变式 2 题图

分析:对物块受力分析可知, $v_0=2\text{ m/s}$ 时,物块最初做匀加速直线运动,若物块到达 B 端时速度仍没有加到与传送带速度相等,说明物块在传送带上一直做匀加速直线运动;若物块在到达 B 端之前的速度就与传送带相等,说明物块先做加速度为 a_1 的匀加速直线运动,当速度与传送带速度相等后摩擦力方向发生改变,物块以另一个加速度 a_2 做匀加速运动(重力沿传送带向下的分力大于最大静摩擦力).当 $v_0=6\text{ m/s}$ 时,物块受到的合力始终沿传送带向下,所以物块一直做匀加速运动.

解答:(1)以物块为研究对象根据牛顿运动定律得

$$mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta = ma_1$$

解得 $a_1 = 10\text{ m/s}^2$

假设物块与传送带能够到达共速,则有

$$v = v_0 + a_1 t_1$$

解得 $t_1 = 0.2\text{ s}$

此时物块的位移为

$$x_1 = v_0 t_1 + \frac{1}{2} a_1 t_1^2$$

解得 $x_1 = 0.6\text{ m}$

因为 $x_1 < L$,说明物块先做匀加速直线运动到与传送带共速,之后以另一加速度做匀加速直线运动.

根据牛顿运动定律得

$$mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma_2$$

解得 $a_2 = 2\text{ m/s}^2$

从与传送带共速至到达传送带最下端有

$$L - x_1 = vt_2 + \frac{1}{2} a_2 t_2^2$$

解得 $t_2 \approx 1.1\text{ s}$

故物块从 A 到达 B 端所用时间

$$t = t_1 + t_2 = 1.3\text{ s}$$

(2)以物块为研究对象根据牛顿运动定律得

$$mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma$$

解得 $a = 2\text{ m/s}^2$

此时物块的位移为

$$L = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

解得 $t \approx 0.65\text{ s}$

我们也可以把图 2 和图 3 中左端或右端垫高,使传送带与水平面之间形成一定的夹角,或者改变摩擦因数的大小就会使物块的受力情况发生改变,就会构建出不同的传送带模型.

3 解法总结

传送带问题看似比较复杂,但是我们通过以上的典例和变式可以总结出传送带问题的主要难点就在于摩擦力变化“位置”的寻找,找到摩擦力变化的“位置”,我们就可以建立物理情境,分析好它的运动过程,这类问题就会迎刃而解.

通过传送带模型的分析方法,可以帮助学生建立科学思维的一般方法,也为学生思维构建提供了素材.我们在教学过程中注重“模型”的教学,那么学生的思维能力将会有较大的提升.

参考文献

- 1 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017年版)[S].北京:人民教育出版社,2018.4~5