

## 2022年高考全国乙卷理综第25题赏析与启示

张旭

(柳州市第二中学 广西柳州 545006)

陈衍詠

(柳州高级中学 广西柳州 545006)

(收稿日期:2022-06-26)

**摘要:**对2022年高考全国乙卷理综第25题的多种解法进行探析,展示不同思维下的解题思路,研究核心素养下的物理考查要求,以学科知识整合出发,从中总结经验为科学备考提供参考。

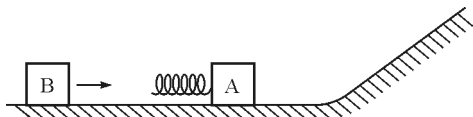
**关键词:**人船模型;运动关联;图像法;质心;简谐振动

2022年高考全国乙卷理综第25题设问层次分明,第一问主要考查学生动量守恒基础知识掌握程度,第三问主要是对计算能力的提升,第二问则是对学生数学能力、物理模型、处理物理问题能力的考查.这一理念和物理学科核心素养的人才观,对中学物理教学及学生能力的培养有很好的导向性,也为中学教师自己命题时的侧重考点提供重要参考。

## 1 原题呈现

如图1(a)所示,一质量为 $m$ 的物块A与轻质弹簧连接,静止在光滑水平面上;物块B向A运动, $t=0$ 时与弹簧接触,到 $t=2t_0$ 时与弹簧分离,第一次碰撞结束,A、B的 $v-t$ 图像如图1(b)所示.已知从 $t=0$ 到 $t=t_0$ 时间内,物块A运动的距离为 $0.36v_0t_0$ .A、B分离后,A滑上粗糙斜面,然后滑下,与一直在水平面上运动的B再次碰撞,之后A再次滑上斜面,达到的最高点与前一次相同.斜面倾角为 $\theta$ ( $\sin\theta=0.6$ ),与水平面光滑连接.碰撞过程中弹簧始终处于弹性限度内.求:

- (1) 第一次碰撞过程中,弹簧弹性势能的最大值;
- (2) 第一次碰撞过程中,弹簧压缩量的最大值;
- (3) 物块A与斜面间的动摩擦因数.



(a)

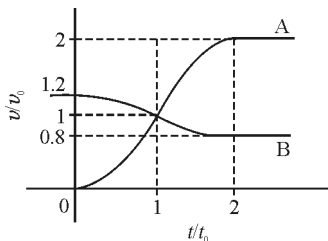


图1 题图

**答案:**(1) $0.6mv_0^2$ ;(2) $0.768v_0t_0$ ;(3) $0.45$ .

**详解:**(1)当弹簧被压缩最短时,弹簧弹性势能最大,此时A、B速度相等,即 $t=t_0$ 时刻,根据动量守恒定律

$$m_B \cdot 1.2v_0 = (m_B + m)v_0$$

根据能量守恒定律

$$E_{p\max} = \frac{1}{2}m_B(1.2v_0)^2 - \frac{1}{2}(m_B + m)v_0^2$$

联立解得

$$m_B = 5m \quad E_{p\max} = 0.6mv_0^2$$

(2)同一时刻弹簧对A、B的弹力大小相等,根据牛顿第二定律 $F=ma$ ,可知同一时刻

$$a_A = 5a_B$$

则同一时刻A、B的瞬时速度分别为

$$v_A = a_A t$$

$$v_B = 1.2v_0 - \frac{a_A t}{5}$$

根据位移等速度在时间上的累积可得

$$s_A = v_A t (\text{累积})$$

$$s_B = v_B t (\text{累积})$$

$$\text{又} \quad s_A = 0.36v_0 t_0$$

$$\text{解得} \quad s_B = 1.128v_0 t_0$$

第一次碰撞过程中,弹簧压缩量的最大值

$$\Delta s = s_B - s_A = 0.768v_0 t_0$$

(3) 物块 A 第二次到达斜面的最高点与第一次相同,说明物块 A 第二次与 B 分离后速度大小仍为  $2v_0$ ,方向水平向右,设物块 A 第一次滑下斜面的速度大小为  $v'_A$ ,设向左为正方向,根据动量守恒定律可得

$$mv'_A - 5m \cdot 0.8v_0 = m(-2v_0) + 5mv'_B$$

根据能量守恒定律可得

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}mv'^2_A + \frac{1}{2} \cdot 5m \cdot (0.8v_0)^2 = \\ \frac{1}{2}m \cdot (-2v_0)^2 + \frac{1}{2} \cdot 5mv'^2_B \end{aligned}$$

联立解得  $v'_A = v_0$ .

设在斜面上滑行的长度为  $L$ ,上滑过程,根据动能定理可

$$-mgL \sin \theta - \mu mgL \cos \theta = 0 - \frac{1}{2}m(2v_0)^2$$

下滑过程,根据动能定理可得

$$mgL \sin \theta - \mu mgL \cos \theta = \frac{1}{2}mv_0^2 - 0$$

联立解得

$$\mu = 0.45$$

## 2 第(2)问的多解思维赏析

对于第(2)问第一次碰撞过程中,弹簧压缩量的最大值,不同的解法背后有不同的物理思维,多种解法值得探析,这里我们给出4种不同解法,供大家参考.

**解法1:人船模型法(A、B系统,平均动量守恒)**

假设B的初速度为  $v_{B0}$ ,碰撞后B的速度为  $v_B$ ,A的速度为  $v_A$ ,由

$$m_B v_{B0} = m_B v_B + m v_A \quad (1)$$

有

$$m_B \overline{v_{B0}} \Delta t = m_B \overline{v_B} \Delta t + m \overline{v_A} \Delta t \quad (2)$$

即

$$6mv_0 t_0 = 5ms_B + ms_A \quad (3)$$

$$s_A = 0.36v_0 t_0$$

$$\text{则有} \quad s_B = 1.128v_0 t_0$$

则第一次碰撞过程中,弹簧压缩量的最大值

$$\Delta s = s_B - s_A = 0.768v_0 t_0$$

**解法2:运动的关联,利用A、B两物块的位移存在关联进行分析**

设  $t$  时刻,A、B的加速度分别为  $a_{Ai}$ 、 $a_{Bi}$ ,根据牛顿第二定律  $F = ma$  可知同一时刻总会有

$$a_{Bi} = \frac{1}{5}a_{Ai} \quad (4)$$

则从  $0 \sim t_0$  时间内

$$s_A = \sum_0^{t_0} \frac{1}{2}a_{Ai} \Delta t_i^2 = 0.36v_0 t_0 \quad (5)$$

$$s_B = 1.2v_0 t_0 - \sum_0^{t_0} \frac{1}{2}a_{Bi} \Delta t_i^2 =$$

$$1.2v_0 t_0 - \frac{1}{5} \sum_0^{t_0} \frac{1}{2}a_{Ai} \Delta t_i^2 =$$

$$1.2v_0 t_0 - \frac{1}{5}(0.36v_0 t_0) = 1.128v_0 t_0 \quad (6)$$

则第一次碰撞过程中,弹簧压缩量的最大值

$$\Delta s = s_B - s_A = 0.768v_0 t_0 \quad (7)$$

**解法3:图像法,求出图2中A、B两线之间围成的面积**

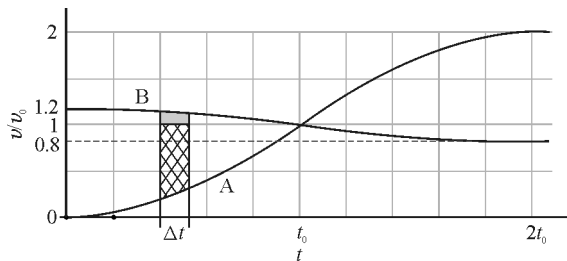


图2 图像法

由  $m_B v_{B0} = m_B v_B + m v_A$  有

$$(5m + m)v_0 = 5mv_B + mv_A \quad (9)$$

化简得

$$5m(v_0 - v_B) = m(v_A - v_0)$$

$$\text{即} \quad \frac{v_0 - v_B}{v_A - v_0} = \frac{1}{5} \quad (10)$$

我们把图像中阴影部分按照  $v_0$  水平线上下分为两部分,面积分别称为  $S_{上}$ 、 $S_{下}$ ,由上述推导可知,取极小段时间  $\Delta t$ ,则有

$$\frac{(v_0 - v_B)\Delta t}{(v_A - v_0)\Delta t} = \frac{S_{上}}{S_{下}} = \frac{1}{5} \quad (11)$$

则有

$$\frac{S_{\text{上总}}}{S_{\text{下总}}} = \frac{1}{5} \quad (12)$$

$$S_{\text{下总}} = v_0 t_0 - s_A = 0.64v_0 t_0 \quad (13)$$

则第一次碰撞过程中, 弹簧压缩量的最大值

$$\Delta S = 0.64v_0 t_0 \cdot \frac{6}{5} = 0.768v_0 t_0$$

**解法 4:** 从质心运动的角度分析

系统质心速度

$$v_c = \frac{\sum_{i=1}^n m_i v_i}{\sum_{i=1}^n m_i} = \frac{m \cdot 0 + 5m \cdot (1.2v_0)}{m + 5m} = v_0 \quad (14)$$

在  $t_0$  时刻系统质心位置

$$s_c = \frac{\sum_{i=1}^n m_i s_i}{\sum_{i=1}^n m_i} = \frac{ms_A + 5ms_B}{m + 5m} \quad (15)$$

由质心做匀速直线运动, 则有

$$s_c = v_c t_0 \quad (16)$$

有

$$\frac{0.36v_0 t_0 + 5s_B}{6} = v_0 t_0$$

$$s_B = 1.128v_0 t_0$$

则第一次碰撞过程中, 弹簧压缩量的最大值

$$\Delta s = s_B - s_A = 0.768v_0 t_0$$

### 3 第(2)问自洽论证

该试题以弹簧双振子为背景, 从质心参考系看, 两物体均相对质心做简谐振动, 题中没有给出弹簧的劲度系数, 现在我们用以上解法求得了弹簧压缩最短时的形变量, 不妨反推出劲度系数  $\kappa$ , 进而求出两物体的位移方程及速度方程, 模拟出两物体的  $v-t$  图像。

假设原弹簧的劲度系数为  $\kappa$ , 压缩到最短时由弹性势能公式得

$$\frac{1}{2}\kappa(\Delta s)^2 = E_p \quad (17)$$

由以上第(2)问各种解法的结果可得

$$\Delta s = s_B - s_A = 0.768v_0 t_0$$

代入式(17)中, 则有

$$\frac{1}{2}\kappa(0.768v_0 t_0)^2 = 0.6mv_0^2$$

得

$$\kappa = \frac{1.2m}{(0.768)^2 t_0^2} \quad (18)$$

转换成质心参考系后, 如图 3 所示, 假设 A 物块连接的部分弹簧劲度系数为  $\kappa_A$ , B 物块连接的部分弹簧劲度系数为  $\kappa_B$ , 且初始时刻  $v_A = -v_0$ ;  $v_B = 0.2v_0$ , 由弹簧串联以及两等效弹簧周期相等可知

$$\kappa_A = \frac{6}{5}\kappa = \frac{7.2m}{5 \cdot (0.768)^2 t_0^2} \quad (19)$$

$$\kappa_B = 5\kappa_A = \frac{7.2m}{(0.768)^2 t_0^2} \quad (20)$$

则有

$$\omega_B = \sqrt{\frac{\kappa_B}{5m}} = \frac{1.5625}{t_0} \quad (21)$$

$$\omega_A = \sqrt{\frac{\kappa_A}{m}} = \frac{1.5625}{t_0} \quad (22)$$

则有 B 振动振幅为

$$A_B = 0.128v_0 t_0 \quad (23)$$

A 振动振幅为

$$A_A = \sqrt{\frac{v_0^2}{\omega_A^2}} = 0.64v_0 t_0 \quad (24)$$

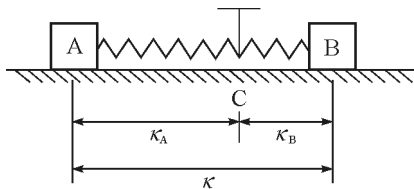


图 3 质心参考系下的分析图示

这里, 我们可以继续把两物块的位移方程和速度方程分别求出来, 并画图跟题目中所给的图对比。则 A、B 两物块的轨迹方程为

$$s_B = 0.128v_0 t_0 \cos\left(\frac{1.5625}{t_0}t + \frac{\pi}{2}\right) + v_0 t = 0.128v_0 t_0 \sin\left(\frac{1.5625}{t_0}t\right) + v_0 t \quad (25)$$

$$s_A = 0.64v_0 t_0 \cos\left(\frac{1.5625}{t_0}t + \frac{3\pi}{2}\right) + v_0 t = -0.64v_0 t_0 \sin\left(\frac{1.5625}{t_0}t\right) + v_0 t \quad (26)$$

对应位移-时间图像如图 4 所示。

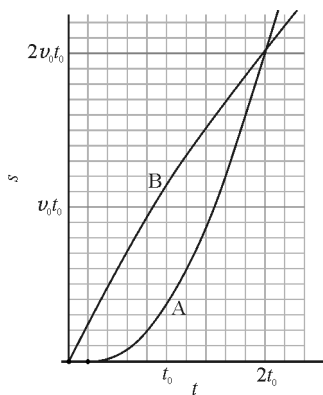


图4 位移-时间图像

求导后可得 A、B 两物块的速度方程为

$$v_B = 0.2v_0 \cos\left(\frac{1.5625}{t_0}t\right) + v_0 \quad (27)$$

$$v_A = -v_0 \cos\left(\frac{1.5625}{t_0}t\right) + v_0 \quad (28)$$

对应速度-时间图像如图 5 所示。

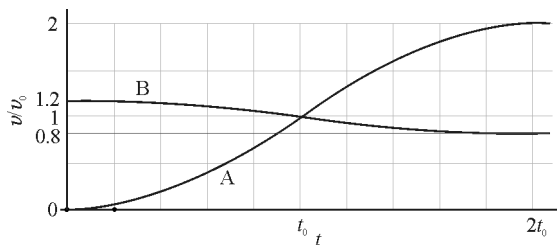


图5 速度-时间图像

#### 4 思考与启示

高考结束后网络上立即传播出教师们的不同解法,我们经过独立思考和收集整理得出这些代表性的解法.这也突显出高考真题一题多解的魅力,题目强调对理科思维的考查,突出考查学科主干内容,情境化设计丰富,以及数学物理相结合的学科特点,引导学生综合素质提升.结合近几年高考物理全国卷压轴题,重视压轴题的一题多解,在平时的训练中可以让学更更全面也更深入地理解题目,打破固有思维,加深对物理规律的理解和应用,也更好地巩固了对物理思维的训练.

#### 参考文献

- [1] 李青,徐平川.对2020年高考理综新课标卷Ⅲ第25题的评析与教学启示[J].物理通报,2021(6):116-119.
- [2] 陈衍詠,张旭.2021年高考物理全国甲卷压轴题多种思维下解法探析[J].中学物理教学参考,2021(33):47-55.
- [3] 杨永忠.2021年高考理综全国甲卷第24题评析[J].中学物理教学参考,2021,50(8):15-18.

(上接第132页)

第五,科学态度与社会责任一般考查素养水平2且占分比较低.

2022年广东高考试题第7、10题引入了立体图形,考查学生在立体空间模型中应用物理规律解决问题的能力;第15题利用真实的实验现象作为命题情境,陌生的情境一定程度上增加了考生的心理负担,同时第(3)问分类讨论、计算难度明显偏大;这些设计主要目的是为了增加试卷难度与区分度,考查学生的高阶思维,为高校选拔创新型的高素质人才.

2022年广东选择性考试物理试题层次分明、区分度较高,落实了“基础性、综合性、应用性、创新性”的考查要求,也对物理教师的教学素养提出了更高的要求;教师需要认真学习新颁布的《普通高中物理课程标准》,明确不同的知识组块对学科核心素养4个方面对应的不同水平要求,把握教学的深度、难度

和广度,强化学生逻辑思维、创新思维等科学思维的培养.

#### 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.
- [2] 教育部考试中心.中国高考评价体系[M].北京:人民教育出版社,2019.
- [3] 教育部考试中心.中国高考评价体系说明[M].北京:人民教育出版社,2019.
- [4] 李红伟.2021年广东选择性考试物理试题分析[J].广东教育,2021(8):61-63.
- [5] 教育部考试中心.加强关键能力考查 促进学科素养提升——2020年高考物理全国卷试题评析[J].中国考试,2020(8):39-42.
- [6] 教育部考试中心.注重理论联系实际 加强物理学科素养考查——2019年高考物理试题评析[J].中国考试,2019(7):15-19.