

高中物理中“类弹簧问题”的解读和拓展

叶 萍 徐新兵

(苏州市角直中学 江苏 苏州 215127)

(收稿日期:2017-10-26)

摘 要:结合教学实践,从近年高考题和模拟题出发,对类弹簧问题进行分析、解读和拓展.

关键词:类弹簧问题 解读 拓展

仔细研究近几年的高考试卷,不难发现,“类弹簧问题”已成为出题的热点.之所以取名“类弹簧”,是因为这类问题有个共同点:如同小球压弹簧一样,释放之前速度是零,之后速度也是零,但是中间过程速度不是零.此类问题各人都有生活体验,却又未曾研究,它涉及多个力的动态变化,综合牛顿定律、运动学公式、超重和失重、功和能等知识,能很好地考查学生的综合分析能力和逻辑思维能力.它强调了对学生的综合能力、创新能力和实践能力的考查.如2017年高考江苏卷第9题,该题要求学生分析小球由静止释放下降到最低点时的各种信息,否则此题无法得到正确答案.它是对学生各项能力的综合测试,考生解此题时不是想不到就是想不周到,得分率很低.可见,在高考命题从知识立意转向能力立意的形势下,要求我们在平时的教学中应充分意识到物

理即生活,全面培养学生的创新思维能力和创新设计能力.

下面结合自己的教学实践,仅从近年的高考题和高三模拟考试题出发,对此类问题谈些粗浅认识,与大家共商.

先看一个有关弹簧的问题.

【例1】如图1所示,轻弹簧下端固定在水平面上.一个小球从弹簧正上方某一高度处由静止开始自由下落,接触弹簧后把弹簧压缩到一定程度后停止下落.在小球下落的这一全过程中,下列说法中正确的是()

- A. 小球刚接触弹簧瞬间速度最大
- B. 从小球接触弹簧起加速度变为竖直向上
- C. 从小球接触弹簧到到达最低点,小球的速度先增大后减小

刹车时间 $t = \frac{v_{21}}{a_{21}} = 20 \text{ s}$

教师评析:追及相遇问题使用转换参考系的方法,本质上是两体问题转化为单体问题.转换参考系方法的核心是相对运动的计算,所谓相对运动除了相对速度之外,还需要考虑相对加速度和相对位移.运动学中3个重要的参量位移、速度和加速度均为矢量,均要用相对量来处理.相对运动思想还可以处理更复杂的曲线运动问题.

4 结束语

追及相遇问题通常使用的4种方法可以把运动学问题核心思想方法包含进去,领悟这些思想方法可以迁移到后续更复杂的问题,如“传送带模型”问题、“滑块木板模型”问题、带电粒子在电磁场中的

运动、电磁感应中的导体棒运动等.在教学上可以设计为层层演进,由学生来板书实施解法并对班级学生宣讲,这是课堂里的“放”.教师作为“导演”和观察者总结提升每种解法的物理内涵,特别注意4种解法蕴含的物理思想揭示:函数法是体现函数思想,临界法是用临界的思想,图像法是数形结合的思想,转换参考系是相对运动的思想——这是课堂里的“收”.学生探索,教师同步走并提升,在师生愉快的对话共享中领悟智慧,不失为利用“一题多解”构建“共享式”物理课堂的好例子.

参 考 文 献

- 1 钟启泉. 教学设计的两种范式. 基础教育课程, 2017(07):91
- 2 李镇西. 教育的智慧. 青岛:青岛出版社,2014. 35~44

D. 从小球接触弹簧到到达最低点,小球的加速度先减小后增大

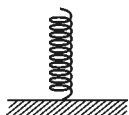


图1 例1题图

解析:我们首先把握住一点,此过程中,弹力 F 并不是瞬间就变得很大,弹力 F 的增加需要时间来累积,小球始终向下运动,其速度方向一直向下,弹簧一直被压缩,根据 $F = \kappa \Delta x$,弹簧压缩量 Δx 一直增加,弹力 F 一直增加,既然力 F 一直增加,我们可以预见的弹力 F 与 mg 的关系,不外乎以下3种情况, $F < mg$, $F = mg$, $F > mg$,也许会没有后面两种情况,但是作为一个趋势的分析,我们可以猜想,要是用最简单的物理语言来描绘这个运动过程,则为“速度始终向下,先加速后减速”,为了分析更加清楚,设计表1如下。

表1 小球运动和受力情况

运动总前提		速度 v 始终向下
$F < mg$	力学特征	$mg > F, mg - F = ma, F$ 增加, a 减小且 a 向下,与 v 方向相同
	运动性质	加速度减小的加速运动,直到加速度为零
↓		
$F = mg$	力学特征	$mg = F$,平衡位置,所以 $a = 0$,但速度方向向下
	运动性质	加速度为零,速度最大,因为惯性,会继续向下
↓		
$F > mg$	力学特征	$mg < F, F - mg = ma, F$ 增加, a 增加且 a 向上,与 v 方向相反
	运动性质	加速度增加的减速运动,直到速度为零,加速度最大

从以上分析很容易得到本题的正确答案为 C, D.

【例2】(2017年苏州高三期初摸底)人站在地面上,先将两腿弯曲,再用力蹬地,就能跳离地面,则在人下蹲过程中()

- A. 人除受地面的弹力外,还受到一个向上的力
B. 地面对人的支持力大于人受到的重力

C. 地面对人的支持力大于人对地面的压力

D. 人对地面的压力先小于重力后大于重力

解析:我们首先把握一点,此过程中,地面对人的支持力并不是一成不变的,否则就应该匀变速或者静止等,我们可以从文字中得到以下信息,“下蹲之前人不动,下蹲之后人也不动,中间的过程中人是动的”,翻译成物理信息“速度的方向向下,大小先增加后减小,即人的重心先加速后减速”,接下来的问题显而易见,为什么先加速后减速呢?原因无外乎一点,重力与支持力的合力发生了变化?也就是这个过程和弹簧问题差不多,尽管我们无法分析因人体肌肉关节等变化带来的支持力的变化,但是这个过程前后特征确实和弹簧一样,为了分析更加清晰,设计表2如下。

表2 人体运动和受力情况

运动总前提		速度 v 始终向下
$F_n < mg$	力学特征	$mg > F_n, mg - F_n = ma, F_n$ 增加, a 减小且 a 向下,与 v 方向相同
	运动性质	加速度减小的加速运动,直到加速度为零
$F_n = mg$	力学特征	$mg = F_n$,平衡位置,所以 $a = 0$,但速度方向向下
	运动性质	加速度为零,速度最大,因为惯性,会继续向下
$F_n > mg$	力学特征	$mg < F_n, F_n - mg = ma, F_n$ 增加, a 增加且 a 向上,与 v 方向相反
	运动性质	加速度增加的减速运动,直到速度为零,加速度最大

从以上分析很容易得到本题的正确答案为 D.

【例3】(2017年高考江苏卷第9题)如图2所示,3个小球 A, B, C 的质量均为 m , A 与 B, C 间通过铰链用轻杆连接,杆长为 L , B, C 置于水平地面上,用一轻质弹簧连接,弹簧处于原长,现 A 由静止释放下降到最低点,两轻杆间夹角 α 由 60° 变为 120° , A, B, C 在同一竖直平面内运动,弹簧在弹性限度内,忽略一切摩擦,重力加速度为 g ,则此下降过程中()

- A. A 的动能达到最大前, B 受到地面的支持力小于 $\frac{3}{2}mg$
B. A 的动能最大时, B 受到地面的支持力等于 $\frac{3}{2}mg$
C. 弹簧的弹性势能最大时, A 的加速度方向竖

直向下

D. 弹簧的弹性势能最大值为 $\frac{\sqrt{3}}{2}mgL$

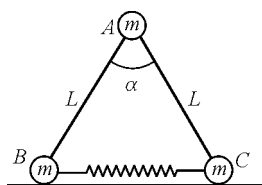


图2 例3题图

解析: 本题中“现A由静止释放下降到最低点”这句话信息量不大,但作用极大,这句话就和刚才例1中所体现的弹簧问题中的情景一样,部分学生看到就过去了,没有思索这句话背后的意义,它所体现的物理过程实际上学生还是比较熟悉的,翻译成物理语言为“速度始终向下,先加速后减速”,再分析为什么会先加速后减速,根据牛顿定律,合力先向下后向上,换句话说,整体而言,竖直方向肯定是支持力先小于重力后大于重力,毫无意外,当支持力等于重力时,小球A处于平衡位置,速度最大,动能最大。

推理: A球动能最大时,速度最大,受合外力为零,以ABC整体为研究对象,在竖直方向,向下重力为 $3mg$,向上的BC两球,受地面支持力 F_n , $2F_n = 3mg$,所以,B和C受到地面的支持力均等于 $\frac{3}{2}mg$,故选项B正确,A的动能达到最大前,有向下的加速度,所以整体向下的合力小于 $3mg$,B,C受到地面的支持力小于 $\frac{3}{2}mg$,所以选项A正确,但A下降至最低点,弹簧形变量最大,弹性势能最大,此时A的加速度向上,故选项C错误,弹簧的最大弹性势能等于A球下降至最低点时减少的重力势能,即

$$E_p = mg \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} \right) L$$

所以选项D正确。

【例4】(2015年高考全国新课标物理卷II)如图3所示,滑块a,b的质量均为 m ,a套在固定竖直杆上,与光滑水平地面相距 h ,b放在地面上,a,b通过铰链用刚性轻杆连接,由静止开始运动,不计摩擦,a,b可视为质点,重力加速度大小为 g 。则()

- A. a落地前,轻杆对b一直做正功
 B. a落地时速度大小为 $\sqrt{2gh}$
 C. a下落过程中,其加速度大小始终不大于 g

D. a落地前,当a的机械能最小时,b对地面的压力大小为 mg

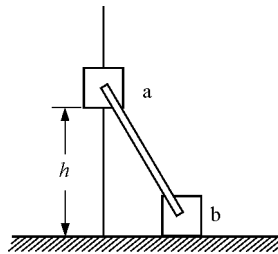


图3 例4题图

解析: 此过程中,开始时b的速度为零,等a到达最低点时,b不能继续向右运动,此时b的速度也是零,但中间过程速度不是零,根据速度不能突变,速度的变化具有连续性,可知,在这个运动过程中,b必定先加速后减速,则显然,直杆对b的作用力先是沿着ab方向向下,与速度夹角小于 90° ,后对b的作用力沿着ba方向向上,与速度夹角大于 90° 。显然,这个过程与此前所讲解的弹簧问题是极为类似的。关键是找出运动的特征“先加速后减速”。

推理: 对选项A,当a到达底端时,b的速度为零,b的速度在整个过程中,先增大后减小,动能先增大后减小,所以轻杆对b先做正功,后做负功,故选项A错误。对选项B,a运动到最低点时,b的速度为零,根据系统机械能守恒定律得

$$m_a gh = \frac{1}{2} m_a v_a^2$$

解得

$$v_a = \sqrt{2gh}$$

故选项B正确。对选项C,b的速度在整个过程中,先增大后减小,所以a对b的作用力先是动力后是阻力,所以b对a的作用力就先是阻力后是动力,所以在b减速的过程中,b对a是向下的拉力,此时a的加速度大于重力加速度,故选项C错误。对选项D,a,b整体的机械能守恒,当a的机械能最小时,b的速度最大,此时b受到a的推力为零,b只受到重力的作用,所以b对地面的压力大小为 mg ,故选项D正确。

类弹簧问题难就难在动态变化过程中的力不是恒定的。因此,把握类弹簧问题,关键在于把握好动态变化过程以及物体的合力所对应的作用效果。在解题的时候,能够多动手画一画过程图,理顺过程及思路,此类问题也就可以顺利解决了。