

# “弹簧模型”综合问题评析

北京市密云区第二中学教师 张然 陈祎

结合近几年北京普通高中学业水平等级性考试试题,会发现试题侧重于结合生活实际情境考查考生对相关物理概念和规律的理解应用能力。这种形式既考查了考生基础知识的掌握程度,也考查了物理观念、科学思维等物理学科的核心素养。下面以“弹簧模型”为例,谈一谈对典型模型的复习方法。

## 一、试题设计与评析

**【试题1】**如图1所示,小明在体验蹦极运动时,把一端固定的长弹性绳绑在踝关节处,从高处由静止落下。将小明的蹦极过程近似为在竖直方向的运动,在运动过程中,把小明视作质点,不计空气阻力。请思考回答下面问题。



图1

### (1)从力和运动的角度分析

①从开始到下落速度最大的过程中,小明先做自由落体运动,下落到弹性绳刚好被拉直后,小明做加速度\_\_\_\_(选填“增大”或“减小”)的\_\_\_\_(选填“加速”或“减速”)运动,从下落速度最大到最低点的过程中,小明做加速度\_\_\_\_(选填“增大”或“减小”)的\_\_\_\_(选填“加速”或“减速”)运动。

②(单选)下列选项中,正确的是( )。

A.从开始到下落至最低点的过程中,小明所受合外力先向下后向上

B.从开始到下落至最低点的过程中,小明所受合外力先增大后减小

C.从开始到下落至最低点的过程中,小明先超重再失重

D.下落到弹性绳刚好被拉直时,小明的下落速度最大

E.当小明速度最大时,小明的加速度也达到最大

F.在最低点时,绝对小明的拉力等于小明所受的重力

### (2)从功和能量的角度分析

③(单选)下列选项中,正确的是( )。

A.从开始到下落至最低点的过程,小明的机械能守恒

B.从开始到下落至最低点的过程,小明与绳组成的系统的机械能守恒

C.从开始到下落至最低点的过程中,绳对人的拉力始终做负功,人的动能一直减小

D.从开始到下落至最低点的过程中,小明重力势能的减少量大于弹性绳弹性势能的增加量

E.从开始到下落至最低点的过程中,小明的动能和绳的弹性势能之和一直减小

### (3)从动量的角度分析

④(单选)下列选项中,正确的是( )。

A.从开始下落到最低点的过程中,小明的动量一直增大

- B.绝对小明的冲量始终向下  
C.从开始到下落至最低点的过程中,小明对绳冲量的大小大于绝对小明冲量的大小  
D.从开始到下落至最低点的过程中,小明所受合力的冲量大小为0

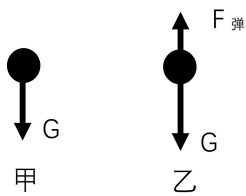


图2

**解析:**(1)将蹦极运动分为三个过程中,分析人的受力和运动情况。第一个过程,从开始下落到弹性绳刚好被拉直,人只受重力作用,如图2甲所示,做自由落体运动;从弹性绳刚好被拉直到人下落到最低点,人受到重力和向上的弹力作用,如图2乙所示,重力是恒定的,弹力从零开始逐渐增大到大于重力。把弹力和重力相等的位置作为分界点,分成第二个运动过程和第三个运动过程。第二个过程中,弹力始终小于重力,物体的合力方向向下,大小为  $F_{合} = G - F_{弹}$ ,由于弹力逐渐增大,所以合力逐渐减小,则加速度逐渐减小,又根据速度方向与加速度方向都是向下的,判断出人做加速度减小的加速运动。第三个过程中,弹力始终大于重力,物体的合力方向向上,大小为  $F_{合} = F_{弹} - G$ ,由于弹力逐渐增大,又根据速度方向向下与加速度方向向上,两方向相反,判断出人做加速度增大的减速运动。综上分析,小明所受合外力(加速度)先向下后向上,所以小明先失重后超重;小明先加速后减速,在绳的弹力和重力相等时速度最大,合外力(加速度)为零,在最低点时速度为零,合外力(加速度)最大。

(2)机械能守恒的条件是,研究单个物体,除重力做功外,其他力不做功;研究一个系统时,除重力或系统内弹力做功外,其他力不做功。第一个过程,自由落体运动,只有重力做功,小明或小明和弹性绳组成的系统机械能都是守恒的;第二个过程和第三个过程,重力做功,弹性绳的弹力对小明也做功,所以只研究小明机械能不守恒,研究小明和弹性绳这个系统,弹性绳与小明间的弹力属于系统内力,整个系统机械能守恒。整个系统的机械能包括小明的重力势能、动能和弹性绳的弹性势能。下落过程中,重力势能始终减小,动能先增大后减小

到零,弹性势能一直增大,但是这三个能量的总和是恒定的。

(3)动量  $P = mv$ ,小明的速度是先增大后减小,所以对应小明的动量也是先增大后减小,方向与速度方向相同,始终向下。冲量  $I = Ft$ ,绳对小明的冲量方向与弹力的方向相同,都是向上的。小明对绳的力与绳对小明的力是相互作用力,大小相等,方向相反,所以小明对绳冲量的大小等于绳对小明冲量的大小。根据动量定理  $I_{合} = \Delta P$ ,整个过程中,小明受到的合外力冲量等于他的动量变化量,小明初末状态瞬时速度为零,动量变化量等于零,所以合外力冲量为零。

综上,正确答案为:①减小,加速,增大,减速 ②A ③B ④D

本题要得出正确结论,要求考生必须能够正确地建立物理模型,理解运动合力、机械能守恒、动能定理、动量和动量定理等物理概念和规律,并能通过分析使它们有机地联系起来,同时还需要一定的逻辑推理。本题设置的情境很基础,考查考生的基础能力和科学思维。

**【试题2】**在某星球表面将一轻弹簧竖直固定在水平面上,把质量为  $m$  的小球  $P$ (可视为质点)从弹簧上端由静止释放,小球沿竖直方向向下运动,小球的加速度  $a$  与弹簧压缩量  $x$  间的关系如图3所示,其中  $a_0$  和  $x_0$  为已知量。下列说法中正确的是( )。

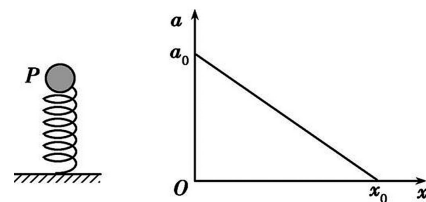


图3

A.当弹簧压缩量为  $x_0$  时,小球  $P$  的速度为零

B.小球向下运动至速度为零时所受弹簧弹力大小为  $ma_0$

C.弹簧劲度系数为  $\frac{ma_0}{2x_0}$

D.当弹簧压缩量为  $x_0$  时,弹簧的弹性势能为  $\frac{1}{2}ma_0x_0$

**解析:**将小球的运动分成两个过程,把弹力和重力相等的位置  $O$  作为分界点,由于小球从静止开始向下运动,所以关于  $O$  点上下两个过程是对称的,且可以算出重力为  $ma_0$ 。小球受力情况同试题1。小球速度先增大后减小到零,加速度先向下减小至零再向上增加到  $g$ 。此

时小球的加速度为零,速度应为最大。

对应图像,当弹簧压缩量为  $x_0$  时,弹力和重力相等,

$$F_{弹} = ma_0$$

根据胡克定律  $F_{弹} = kx$

计算得出弹簧劲度系数为  $\frac{ma_0}{x_0}$ 。

用微元法可以得出图像与横轴围成的面积乘以小球质量等于弹力做功,根据功能关系

$$W = mS_{面积} = \frac{1}{2}ma_0x_0$$

$$W = Ep_{末} - Ep_{初} = Ep - 0 = Ep$$

解得  $Ep = \frac{1}{2}ma_0x_0$

小球向下运动至速度为零时,合力应为  $ma_0$ (与初始位置对称),

$$F_{合} = F_{弹} - ma_0$$

计算出  $F_{弹} = 2ma_0$

综上,正确答案为D。

本题要得出正确结论,要求考生必须对基本弹簧模型要熟悉,掌握受力和运动的规律、功能关系等概念,并能通过图像分析使它们有机地联系起来,同时还必须应用相关数学知识进行演绎推理。本题设置熟悉的情境,考查考生的综合应用能力和科学思维。

## 二、学法点拨

### 1.重视基本物理模型的形成,由生活实际情境构建模型

如果同学们脑海里没有物理模型或模型意识不强,那么在解决实际问题时,构建物理模型就无从谈起。由同学们自己经历基本物理模型的形成过程与从老师或者答案中看到的相关物理模型相比,其效果截然不同,所以同学们自主构建物理模型是解决问题的基础。同学们在学习中应侧重于方法和模型的建立过程。高考复习时间是有限的,同学们在复习过程中,做完一个专题后,既要明白物理概念和规律不是孤立的而是有联系的,也要明白是怎样联系的,同时知道怎样从生活实际情境中构建物理模型。

### 2.重视常规模型,夯实学科基础

近年来,高考物理试卷中都有一定比例的题目直接或间接取材于课本,不少试题朝着“紧扣课标教材,全面考察能力”的方向发展。在当前物理教学和考试制度改革下,高考试题的难度稳中有降,这使得同学们尤其要重视复习过程中教材的使用,要充分掌握教材中的基础模型,最大限度地发挥基础模型的功能。为了跳出题海,一定要利用好每一个模型,既复习基础概念,又能够将知识有机地联系在一起,举一反三,触类旁通,提高自己的熟练程度和综合能力。