改编高考题促进学生发散性思维*

——以一道高考斜面力学问题的改编为例

杨荣富

（宁强县天津高级中学　陕西 汉中　724400）

（收稿日期：2019－08－04）

摘　要：物理高考题目几乎都为原创，有着极其丰富的内涵，充分体现设计者的智慧，这些题目的背景大都蕴藏在平常教学之中. 在教学中如果深度挖掘，借助高考题目的问题背景，改编高考试题，深入挖掘高考试题内涵，提高教师改编试题的素养，同时帮助学生深入理解这一类问题的内涵和外延、促进发散性思维的形成. 斜面滑块模型是高中力学中的经典模型，在每年各地的高考卷中几乎都有关于斜面滑块模型的试题. 在教学中，我们经常会遇到这一模型，但也会遇到很多困惑. 本文结合课堂教学实例，通过经典高考题目的改编，围绕 3 个变式问题展开讨论.

关键词：斜面模型　试题改编　匀加速　匀减速

1　问题引入

各年高考题会出现许多优秀试题，2011 年高考安徽理综卷第 14 题就是一道非常经典的题目，请看原题.

【题目】一质量为 m 的物块恰好静止在倾斜角为 θ 的斜面上. 现对物块施加一个竖直向下的恒力 F，如图 1 所示，则物块（　　）

A. 仍处于静止状态　　B. 沿斜面加速下滑

C. 受到的摩擦力不变　D. 受到的合外力增大

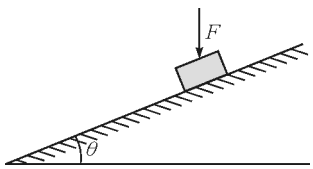

图 1　2011 年高考安徽理卷第 14 题情境图

解析：由于物块恰好静止在斜面，受力分析可知，满足 $mg\sin\theta=\mu mg\cos\theta$，斜面与物块的动摩擦因数 $\mu=\tan\theta$. 对物块施加一个竖直向下的恒力 F，仍满足 $(mg+F)\sin\theta=\mu(mg+F)\cos\theta$ 使得合力为零，故物块仍处于静止.

对此题深度挖掘：(1) 如果将力 F 变为竖直向上且未离开斜面，则有

$$(mg-F)\sin\theta=\mu(mg-F)\cos\theta$$

故物块仍处于静止状态. (2) 如果给物块静止放上另一个质量为 m_0 的物体，运用整体法思想，将两物块看成一个整体，则有

$$(m+m_0)g\sin\theta=\mu(m+m_0)g\cos\theta$$

故两物块也处于静止状态.

如果将题目中的情境进行改变，将会有以下 5 种变式拓展.

2　试题改编　变式拓展

【改编 1】一质量为 m 的物块静止在倾斜角为 θ 的固定斜面上，处理以下 3 个问题.

(1) 如果施加竖直向下的 F，那么物块的状态如何？

(2) 如果施加竖直向上的 F，物块未离开斜面，那么物块的状态如何？

(3) 若将力撤去，在物块上静止放上一个质量为 m_0 的小物块，物块状态如何？

解析：静止在斜面上，由力的平衡得出

$$mg\sin\theta\leqslant\mu mg\cos\theta\qquad\mu\geqslant\tan\theta$$

第(1) 小问，若 F 竖直向下，经分析满足

$$(mg+F)\sin\theta\leqslant\mu(mg+F)\cos\theta$$

故物块依然处于平衡状态，即物块静止. 第(2) 小问，若 F 竖直向上，经分析满足

$$(mg-F)\sin\theta\leqslant\mu(mg-F)\cos\theta$$

即物块还是静止. 第(3) 小问，若在物块上静止放上一个质量为 m_0 的小物块，对两物块组成整体，则有

$$(m+m_0)g\sin\theta\leqslant\mu(m+m_0)g\cos\theta$$

* 陕西省汉中市教科研规划课题“高中物理课堂教学中情境创设的实践研究”，课题编号：HZJKY－19269

故物块仍处于静止状态.

以下 4 个改编题目都围绕下列 3 个问题展开：

(1) 若施加竖直向下的力 F,讨论物块的运动情况.

(2) 若施加竖直向上的力 F,物块未离开斜面,讨论物块的运动情况.

(3) 若在物块上静止放上一个质量为 m_0 的小物块,讨论物块的运动情况.

【改编 2】一质量为 m 的物块,在倾斜角为 θ 的固定斜面上匀速沿斜面向下滑动,处理上述 3 个问题.

解析:由题意可知 $mg\sin\theta=\mu mg\cos\theta$,斜面与物块的动摩擦因数 $\mu=\tan\theta$.

第(1) 小问,施加竖直向下的力 F,经分析可得

$$(mg+F)\sin\theta=\mu(mg+F)\cos\theta$$

使得合力为零,故物块依然匀速. 第(2) 小问,施加竖直向上的力 F,经分析可得

$$(mg-F)\sin\theta=\mu(mg-F)\cos\theta$$

使得合力为零,故物块依然匀速. 第(3) 小问,若在物块上静止放上一个质量为 m_0 的小物块,由题意满足

$$(m+m_0)g\sin\theta=\mu(m+m_0)g\cos\theta$$

使得合力为零,故物块依然匀速.

【改编 3】一质量为 m 的物块,在倾斜角为 θ 的固定斜面上匀加速沿斜面向下运动,处理上述 3 个问题.

解析:此问题分斜面粗糙还是光滑两种情况,故需要分类讨论.

若斜面不光滑,令滑动摩擦因数为 μ,物块加速度由

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

得出

$$a=g\sin\theta-\mu\cos\theta$$

不难得出,第(1) 小问,加速度

$$a'=\frac{(mg+F)(\sin\theta-\mu\cos\theta)}{m}>a$$

物块以加速度 a' 沿斜面向下加速运动. 第(2) 小问,加速度

$$a'=\frac{(mg-F)(\sin\theta-\mu\cos\theta)}{m}<a$$

物块以加速度 a' 沿斜面向下加速运动. 第(3) 小问,将两物块看成一个整体,物块仍以加速度 a 沿斜面向下加速运动.

如果斜面光滑则 $\mu=0$,物块开始加速度 $a=g\sin\theta$. 上述 3 个问题滑块加速度分别为

$$a'=\frac{(mg+F)\sin\theta}{m}$$

$$a'=\frac{(mg-F)\sin\theta}{m}$$

$$a=g\sin\theta$$

3 小问中物块均沿斜面加速下滑.

【改编 4】一质量为 m 的物块,在倾斜角为 θ 的固定斜面上沿斜面向下做匀减速运动,处理上述 3 个问题.

解析:由题意可知 $\mu>\tan\theta$,易得加速度

$$a=\mu\cos\theta-g\sin\theta$$

不难得出,第(1) 小问,加速度

$$a'=\frac{(mg+F)(\mu\cos\theta-\sin\theta)}{m}>a$$

物块以加速度 a' 沿斜面向下匀减速运动. 第(2) 小问,加速度

$$a'=\frac{(mg-F)(\mu\cos\theta-\sin\theta)}{m}<a$$

物块以加速度 a' 沿斜面向下匀减速运动. 第(3) 小问,将两物块看成一个整体,物块仍以加速度 a 沿斜面匀减速运动. 若斜面无限长,3 小问中物块最终都静止在斜面上.

【改编 5】一质量为 m 的物块,在倾斜角为 θ 的固定斜面上沿斜面向上做匀减速运动,处理上述 3 个问题.

解析:此问题分斜面粗糙还是光滑两种情况,故也需要分类讨论.

若斜面不光滑,开始时加速度由

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

得出

$$a=g\sin\theta+\mu g\cos\theta$$

不难得出,第(1) 小问,加速度

$$a'=\frac{(mg+F)(\mu\cos\theta+\sin\theta)}{m}>a$$

物块以加速度 a' 沿斜面向上减速运动. 若 $\mu\geqslant\tan\theta$ 且斜面无限长,物块最终静止在斜面上. 若 $\mu<\tan\theta$ 且斜面无限长,物块最终以加速度

$$a''=\frac{(mg+F)(\sin\theta-\mu\cos\theta)}{m}$$

沿斜面向下匀加速运动. 第(2) 小问,加速度

$$a'=\frac{(mg-F)(\mu\cos\theta+\sin\theta)}{m}<a$$

物块以加速度 a' 沿斜面向上匀减速运动. 若 $\mu\geqslant\tan\theta$ 且斜面无限长,物块最终静止在斜面上. 若 $\mu<\tan\theta$ 且斜面无限长,物块最终以加速度

$$a''=\frac{(mg-F)(\sin\theta-\mu\cos\theta)}{m}$$

沿斜面向下匀加速运动. 第(3) 小问,由整体法知,物块仍以加速度a沿斜面向上做匀减速运动. 若$\mu \geqslant \tan\theta$且斜面无限长,物块最终静止在斜面上. 若$\mu < \tan\theta$且斜面无限长,物块又沿斜面向下以加速$a' = g\sin\theta - \mu\cos\theta$匀加速.

总结:由以上 3 个小问可以看出,$\mu \geqslant \tan\theta$是物块最终能否静止在斜面的条件,这个结论可以拓展到斜面传送带问题.

如果斜面光滑则$\mu = 0$,物块开始加速度$a = g\sin\theta$. 上述 3 小问中物块均先沿斜面向上匀减速,若斜面无限长物块又沿斜面向下匀加速运动,滑块加速度分别为

$$a' = \frac{(mg + F)\sin\theta}{m}$$

$$a' = \frac{(mg - F)\sin\theta}{m}$$

$$a = g\sin\theta$$

3　总结反思

本文几个改编训练都是围绕上述 3 个外界条件发生改变的基础上展开的. 我们还可以做这样的尝试:斜面为绝缘体,物块为带电体,在竖直方向上加一电场,试判断物体的运动情况;将物块上表面改为水平而且粗糙,在原有运动的基础上分析放上另一物块后两物块的运动情况,以及两物块之间的相互作用力(这样的改变在高考题目中早有体现);将力改为水平方向等. 这样可以将这类型题目拓展得更宽更广,研究得更加深入,有利于为学生学习动力学问题搭建良好的桥梁. 同时帮助学生深入理解这一类动力学问题的供需关系,促进发散性思维的形成,提升物理核心素养.

参 考 文 献

1　吴炳光. 挖掘试题内涵改编高考题 —— 以 2016 年高考题改编为例[J]. 中学物理教学参考,2016(9):64 ~ 66

2　童海. 变式拓展“玩转”斜面[J]. 湖南中学物理,2015(6):88 ~ 89

3　傅明峰. 挖掘高考试题内涵 实现智慧二次升值 —— 源于江苏高考题(力学部分)改编的题例分析与思考[J]. 物理教师,2014,35(10):78 ~ 81

(上接第 100 页)

考生写出改进方案具有的优点.

4　实验笔试题的命题建议

IGCSE 物理实验笔试卷对学生实验技能的要求较高,我们可以在对比研究的基础上扬长避短. 在此,对初中实验命题提出以下建议.

4.1　实验笔试题应加强实验设计能力考查

实验笔试题应加强对学生实验设计能力的考查. 我们可以借鉴 IGCSE 的开放性实验设计题目,将部分实验仪器清单和需要考生必答的问题提供给考生,从而考查他们对实验目的、原理的了解程度以及设计实验、分析实验结果、改进实验设计的能力.

4.2　实验笔试题应聚焦实验过程

实验笔试题应针对实验过程命题,减少对学生演绎推理能力的考查. 否则,实验探究题只是情境为实验的一般计算题,这混淆了实验探究题的评价目标.

我们应加强考查学生利用图像处理和分析实验数据的能力、评估探究过程和探究结果的能力以及提出改进方案的能力.

4.3　实验笔试题的实验情境应更加丰富

首先,实验笔试题可以用真实的生活情境命题,激发学生的探究兴趣、搭建学生的认知台阶. 其次,创设的实验情境应为原始物理问题,即试题描述了物理现象,学生需要根据题干,提取有效信息,发现现象背后隐藏的物理问题,综合运用物理知识与实验技能去解释现象[3]. 最后,实验笔试题应丰富实验情境的学科范围,出题者应结合课标要求的 20 个学生必做实验命题,不应集中在某几个实验上高频度考查. 否则,不利于引导教师的课堂教学和学生科学探究能力的发展.

参 考 文 献

1　中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准(2011 年版)[S]. 北京:北京师范大学出版社,2011

2　陆增友. 对 2015 年中考物理命题工作的建议 —— 赴英培训后的几点思考[J]. 湖南中学物理, 2015, 30(07): 94 ~ 95,98

3　邢红军,周栩君,童大振. 中考物理计算题命题改革的前瞻性研究[J]. 物理教师,2019,40(04):40 ~ 42,45