

立足实际问题 破解情境难题

——以高三“万有引力与航天”教学为例

杨 杰

(江苏省新海高级中学 江苏 连云港 222008)

(收稿日期:2019-08-26)

摘要:核心素养统领下的课堂教学改革势在必行,高考物理试题的情境化趋势日趋明显.高三教学,需要打破传统的题海模式,立足实际问题,巧妙创设有利于启发探究的教学情境,精心提炼有助于思维提升的探究问题,还原规律的本质,破解学生的情境难题.

关键词:情境 实际 核心素养

10余年来的课程改革,为课堂教学注入了活力,考试招生体制也发生了前所未有的变化.江苏自2008年实施新高考方案以来,高考物理命题更加注重试题情境的创设,近10年有波动上升的趋势,近4

年稳定在80%上下.以2019年高考江苏物理试题为例,与情境相关的试题分布如表1所示,情境化试题占比约为76%.

表1 2019年高考江苏物理与情境相关的试题分布

题号	2	4	5	6	8	9	10,11	12	13-A	13-B	15	16
分值	3	3	3	4	4	4	18	12	8	4	16	16
情境	气球	东方红一号	电场	摩天轮	弹簧物块	电荷	实验	滑板 “焊接”视网膜	水滴 理想气体	铅笔 日光灯	物块	磁场

这些源于生活的情境化试题,注重考查学生自主分析解决问题的能力,对考生提出了更高的要求.如果平时不注重联系实际,只关注纯粹的解题训练,很多问题考生往往无从下手.

因此,破解情境难题,课堂教学改革势在必行.尤其是核心素养统领下的高三教学,不能盲目追求所谓“务实高效”,一味迷信题海战术,而应立足实际问题,从学生亲身经历的实际问题入手,从推动社会进步的科技前沿入手,巧妙创设有利于启发探究的教学情境,深入挖掘蕴含于情境之中的知识内涵,精心提炼有助于思维提升的探究问题,将原本看似孤立零散的知识、方法进行深度加工,还原规律的本质,进而形成全面系统的物理观念,培养知行合一的科学思维和探究精神,提升学生的核心素养.

下面,以高三“万有引力与航天”教学为例,探讨情境难题的破解之道,以供参考.

1 情境引入

教师播放视频“探月工程”.

师:探月工程,开启了我国深空探测的新里程.尤其是2018年12月8日成功发射的嫦娥四号,作为世界首个在月球背面软着陆和巡视探测的航天器,实现了中华民族千年的奔月梦想.接下来就让我们把目光投向嫦娥四号这段不平凡的探月之旅.

师:嫦娥四号的探月之旅可能经历了哪些过程呢?

生:大胆猜想,交流讨论.

师:播放视频“嫦娥四号”,展示图片,嫦娥四号运动轨迹示意图、奔月过程示意图.

过渡:由此可见,探月之旅大致可以分为发射过程、绕月运行、变轨过程3个阶段.请结合万有引力定律与航天的相关知识,探究各个过程中蕴含的物理学原理.

2 问题探究

2.1 发射过程(宇宙速度)

问题探究 1:嫦娥四号的发射速度有什么要求?

问题探究 2:发射嫦娥四号为什么采用三级火箭,而不是更多级数的火箭?

设计意图:

利用问题探究 1,让学生直面实际问题,通过自主探究、合作交流,将第一宇宙速度的推导、3个宇宙速度的区别、在不同发射速度下的轨迹等基础知识,梳理整合,融会贯通。

尤其注重第一宇宙速度的推导

$$\frac{GMm}{R^2} = \frac{mv^2}{R}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{gR} = 7.9 \text{ km/s}$$

由于探究问题紧贴实际、合作交流氛围宽松,课堂生成层出不穷。

课堂生成 1:火箭发射总要上升一定的高度,最起码 1 km,2 km,为什么计算时仍用地球半径 R 呢?

问题探究 2将 3-5 动量守恒中的反冲问题与实际卫星的发射联系起来,同时,介绍我国已跨入世界先进行列的火箭技术和长征系列火箭(金牌火箭),既可以实现知识融合,形成系统全面的物理观念,又能激发学生的民族自豪感,唤醒学生投身科技兴国的爱国情怀,培养正确的科学态度与责任。

2.2 绕月运行(稳定运行的圆轨道)

问题探究 1:万有引力的作用?月球表面重力与万有引力的关系?嫦娥四号处于什么状态?

问题探究 2:绕月运行与绕地运行的区别?月球表面与地球表面的重力加速度的关系?

问题探究 3:猜想月球的近地卫星和同步卫星的特点.联系对比地球的近地卫星和同步卫星的特点(对比 r, v, ω, T, a , 轨道)。

设计意图:

问题探究 1 中的 3 个小问题系统梳理了万有引力提供向心力的基本原理,其实都是在强化一个考点:万有引力提供向心力($F = ma$),从而让学生获得整体的认识。

(1) 万有引力提供向心力

$$\frac{GMm}{r^2} = ma = mg' = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r = \frac{m4\pi^2 r}{T^2}$$

$$a = g' = \frac{GM}{r^2}, v = \sqrt{\frac{GM}{r}}, T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}. (M \text{ 为中心天体月球的质量})$$

(2) 地球表面:忽略自转,万有引力和重力是同一个力(如同一个人的大名与小名)。

类比:月球表面, $\frac{GMm}{R^2} = mg', g' = \frac{GM}{R^2}$ (M, R 分别为月球的质量和半径)

(3) 由于万有引力提供向心力,卫星处于完全失重状态.嫦娥四号中的物体与其接触面间无弹力,凡与重力有关的仪器,在嫦娥四号中均不能使用。

课堂生成 2: r 越大, v 越小,与宇宙速度(r 越大, v 越大)相矛盾,如何解释?

问题探究 2是对问题探究 1 的进一步深化拓展,起到了学以致用、强化巩固的效果。

问题探究 3通过近地卫星与同步卫星的对比,具体分析了 r, v, ω, T, a , 轨道的区别与联系(万有引力提供向心力,轨道圆心必须与地心重合),将抽象的知识原理具体化,进而不失时机地提出问题,猜想月球的近地卫星和同步卫星的特点,即加深了学生的理解,又提升了学生的科学思维。

2.3 变轨过程(落月过程)

问题探究 1:地球人造卫星变轨示意图如图 1 所示,从低轨道 1 上升到高轨道 2,卫星在 Q 点应加速还是减速?从椭圆轨道 2 变为圆轨道 3,在 P 点应加速还是减速?

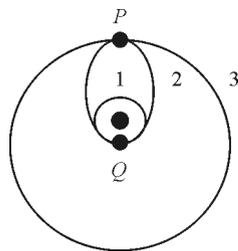


图 1 地球人造卫星变轨示意图

问题探究 2:比较轨道 1 上 Q 点、轨道 2 上 Q 点、轨道 2 上 P 点、轨道 3 上 P 点 4 个位置处速度、加速度的大小,各轨道的机械能是否守恒?

问题探究 3:要使嫦娥四号落到月球表面,应该如何变轨?返回地球,又需经历怎样的过程?

设计意图:

问题探究 1 主要是帮助学生梳理变轨过程的重点环节及原理。

r_1, r_3 分别为圆轨道 1、轨道 3 的半径, v_1 和 v_3 分别为对应的速度大小。

(1) 轨道 1: $\frac{GMm}{r_1^2} = m \frac{v_1^2}{r_1}$, 匀速圆周运动。

(2) Q 点: 瞬间加速 $\frac{GMm}{r_1^2} < m \frac{v_{2Q}^2}{r_1}$, $Q \rightarrow P$ 离心, 万有引力做负功, 速度减小。

(3) P 点: $\frac{GMm}{r_2^2} > m \frac{v_{2P}^2}{r_2}$, $P \rightarrow Q$ 向心运动, 万有引力做正功, 速度增加。

(4) 轨道 3: 在 P 点瞬间加速, 且满足 $\frac{GMm}{r_2^2} = m \frac{v_3^2}{r_2}$, 匀速圆周运动。

问题探究 2 利用问题探究 1 讨论的原理, 明确轨道特殊点的特点, $v_{2Q} > v_1 > v_3 > v_{2P}$, $a_1 = a_{2Q} > a_3 = a_{2P}$. 且各轨道机械能守恒, 但不同轨道机械能不同, 每次加速机械能增加, $E_3 > E_2 > E_1$. 将万有引力相关知识原理与功能关系结合起来, 前后联系, 打通了知识壁垒, 起到了触类旁通的效果。

课堂生成 3: 轨道不断升高, 需要不断加速, 为什么速度 v 反而减小呢。

探究问题 3 又将所学知识原理用到解决嫦娥四号落月及返回的实际问题中, 既巩固了所学内容, 又解决了实际问题, 起到了画龙点睛的效果。

3 巩固练习

【例题】1970 年成功发射的“东方红一号”是我国第一颗人造地球卫星, 该卫星至今仍沿椭圆轨道绕地球运动. 如图 2 所示, 设卫星在近地点、远地点的速度分别为 v_1 和 v_2 , 近地点到地心的距离为 r , 地球质量为 M , 引力常量为 G . 则

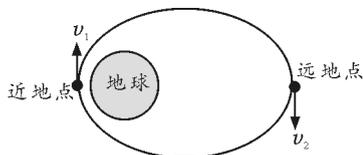


图 2 例题题图

A. $v_1 > v_2, v_1 = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

B. $v_1 > v_2, v_1 > \sqrt{\frac{GM}{r}}$

C. $v_1 < v_2, v_1 = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

D. $v_1 < v_2, v_1 > \sqrt{\frac{GM}{r}}$

解析: 根据开普勒第二定律, 卫星与行星的连线在相同时间内扫过的面积相等, 可知近地点速度大于远地点速度, 即 $v_1 > v_2$. 也可以根据 2.3 讨论的变轨过程可知, 如果卫星在半径为 r 的圆轨道, $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, 但现在“东方红一号”在椭圆上运动, 所以

$$v_1 > \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

从近地点到远地点万有引力做负功, 动能减小, 也能确定 $v_1 > v_2$, 故选项 B 正确。

说明: 这是一道典型的情境化高考试题, 虽然看上去似乎难度不大, 但考查方式明显不同于传统试题. 既要求学生具备良好的处理情境化问题的能力, 又要求学生全面掌握万有引力与航天的基本知识方法. 作为巩固训练题, 能够起到很好的查漏补缺、巩固提高的效果。

4 结束语

高三教学中普遍存在着偏重碎片化、被动式的知识传授, 过分强调知识网络的建构, 一味追求特殊规律的总结, 无法满足学生解决实际问题的需要, 与立德树人的育人目标存在着较大的差距. 要改变这一现状, 破解情境难题, 就需要立足实际问题, 积极营造与现实生活紧密关联的问题情境, 优化课堂内容, 以学科大观念统领和重构内容, 将大量碎片化的知识、方法进行深度加工, 利用高度融合的探究问题, 引导学生分析新旧知识间的相似、相异之处, 深刻理解知识内涵, 准确运用科学方法, 助力学生知识体系的构建和思维能力的提升, 培养学生的探究能力和创新精神, 提升学生的核心素养。

参考文献

- 1 宋亚杰, 胡雨宸. 2008—2017 年江苏高考物理卷情境化试题研究及启示[J]. 物理教师, 2018(1): 94 ~ 97
- 2 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
- 3 井丹丹. 物理习题课的高效之道[J]. 物理教师, 2017(12): 91 ~ 95