

### 3.2 循环变化的立体图

**【原题】**已知一定质量的理想气体状态发生变化,由状态1→状态2→状态3→状态1,完成了一个循环,用 $V-T$ 坐标系把这一循环过程表示为如图8所示.如果改用 $p-V$ 坐标系或 $p-T$ 坐标系表示这一循环,下列哪些图是正确的?( )

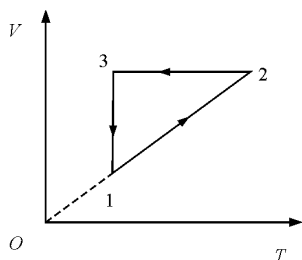
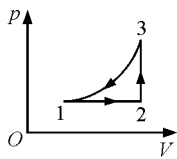
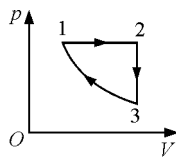


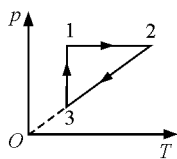
图8 原题题图



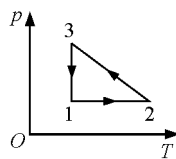
A



B



C



D

答案:B,C.

这样一个循环过程能不能在三维坐标系中呈现呢?首先笔者对3个状态的温度、体积、压强赋予具体数值,如表1所示.

表1 3个状态参量的倍率关系

状态	温度	体积	压强
状态1	1	0.5	2
状态2	4	2	2
状态3	1	2	0.5

然后笔者将物理方程转换为数学函数关系,分别用交点A,B,C表示3个气体状态,这样这个循环过程的三维图像就呈现出来了,如图9所示.

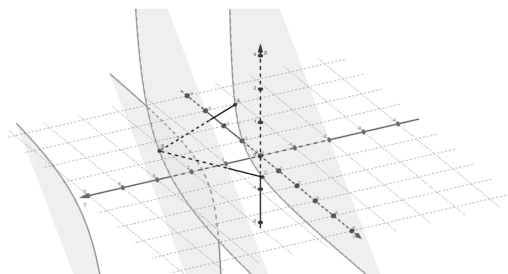
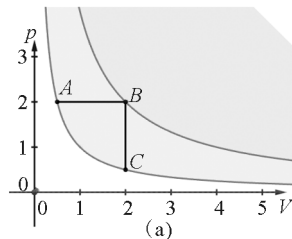
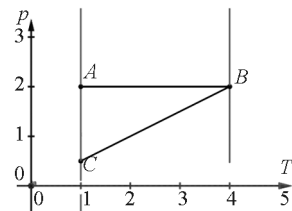


图9 循环变化的三维图像

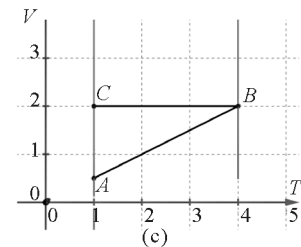
这个循环过程的图像是由一段双曲线和两段直线所组成的立体图,调整观察视角从 $x$ 轴(温度轴)角度观察立体图,与 $p-V$ 的关系是一致的,从另外两个轴观察,与 $p-T, V-T$ 的关系也是一致的,如图10所示.



(a)



(b)



(c)

图10 不同视角下的循环变化图像

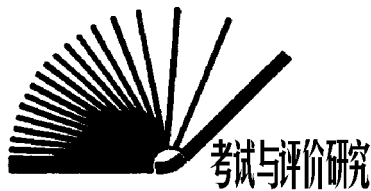
### 4 总结与感悟

笔者通过对课后反思的深度思考,结合GeoGebra软件,建立数学模型,将理想气体状态方程原本的空间图像呈现了出来,并且与传统二维平面图形进行对比验证,还拓展到气体状态的循环变化.

对于今后的教学而言,教师也可以先呈现三维图像,然后代入特点条件,逐步演绎出等温线、等压线和等容线.教师也可以选择单元复习的时候利用以上教学资源,提供一个不同的视角看熟悉的问题.这样的优点是可以将原来繁杂的二维图像归纳汇总到同一个三维图像中,起到画龙点睛的效果,也更符合人教版教材中知识点的编排顺序.

### 参考文献

1 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材开发



# 提纲挈领巧迁移 知行合一应考题<sup>\*</sup>

——赏析2016年高考北京理综卷物理压轴题

姜 珊 邹 斌

(中央民族大学理学院 北京 100081)

吴广国

(北京景山学校 北京 100006)

(收稿日期:2017-03-31)

**摘 要:** 高考压轴题是命题者独具匠心的结晶,是用来鉴别学生知识的掌握程度以及综合应用能力的分档题. 压轴题虽融合多知识点,却能清晰呈现物理情境,展示物理问题变化发展的全过程,这正是对物理问题的研究提供的新思路. 因而分析最新高考压轴题的创新之处,总结应对压轴题的方式方法,对于培养学生优秀的物理品质和核心素养具有重要意义. 2016年高考北京理综卷物理第24题充分展现了其独创之美,现以此题展开,剖析其独特之处,多方面赏析压轴题的物理魅力,并提出一些较具有建设性的方法以供参考.

**关键词:** 物理压轴题 北京高考 解题方法

纵览2016年全国各地的高考物理压轴题,可谓惊喜颇多. 推陈出新,将常规模型赋予新的物理情境,以考查学生构建物理模型的能力. 发散思维,在问题的设置上多探讨多分析论证,以突出考查学生实验探究的能力. 数理结合,图像法、归纳法、函数、求导等在巧解计算题时的运用,考查学生运用数学工具处理物理问题的能力<sup>[1]</sup>. 考题关乎社会发展及科技创新,理论联系实际,考查学生综合运用物理知识解决实际问题的能力,以及学生科学素养的培养. 压轴题在高考物理试卷中的地位举足轻重. 结合高考考查目标,压轴题相比于其他题目综合能力更强,并且物理情境新奇,过程分析曲折复杂,能够反映试卷的整体风格,较高的区分度有利于高校选拔优秀人才. 与全国其他省市相比,2016年高考北京理综卷物理压轴题极富有独创性,创设了一束光线穿过介质小球的光学物理情境,进而引起学生对动量定理相关规律的进一步思考 and 理解<sup>[2]</sup>. 北京物理卷第24题以全新的视角,将光学和运动学结合在一起,注重考查学科潜力,受到诸多教师的肯定.

2016年高考北京理综卷物理试题共分为选择题和非选择题两部分,总分120分. 压轴题第24题分数为20分,约占物理试卷总分的17%,占非选择题的28%,可见压轴题在物理试卷中单题分值最高. 该题本身对学生综合能力的要求很高,在整套试卷中,第24题占有举足轻重的地位.

**【原题】**(1) 动量定理可以表示为  $p = Ft$ , 其中动量  $p$  和力  $F$  都是矢量. 在运用动量定理处理二维问题时,可以在相互垂直的  $x, y$  两个方向上分别研究. 例如,质量为  $m$  的小球斜射到木板上,入射的角度是  $\theta$ , 碰撞后弹出的角度也是  $\theta$ , 碰撞前后的速度大小都是  $v$ , 如图1所示,碰撞过程中忽略小球所受重力.

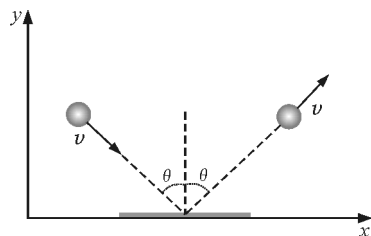


图1 小球撞击木板示意图

<sup>\*</sup> 全国教育信息化重点专项课题“基于微课的翻转课堂教学模式创新应用研究”子课题,项目编号:JYB1503004A

通讯作者:邹斌(1980-),男,博士,副教授,研究方向为物理教育.

a. 分别求出碰撞前后  $x, y$  方向小球的动量变化;

b. 分析说明小球对木板的作用力的方向.

(2) 激光束可以看作是粒子流, 其中的粒子以相同的动量沿光传播方向运动. 激光照射到物体上, 在发生反射、折射和吸收现象的同时, 也会对物体产生作用. 光镊效应就是一个实例, 激光束可以像镊子一样抓住细胞等微小颗粒.

一束激光经  $S$  点后被分成若干细光束, 若不考虑光的反射和吸收, 其中光束 ① 和 ② 穿过介质小球的光路如图 2 所示. 图中  $O$  点是介质小球的球心, 入射时光束 ① 和 ② 与  $SO$  的夹角均为  $\theta$ , 出射时光束均与  $SO$  平行, 请在下面两种情况下, 分析说明两光束因折射对小球产生的合力的方向.

a. 光束 ① 和 ② 强度相同;

b. 光束 ① 比 ② 的强度大.

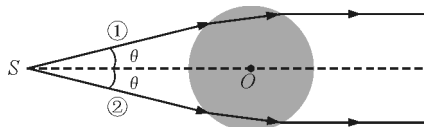


图 2 光束穿过介质小球光路图

## 1 逐析压轴题的创新之美

### 1.1 压轴题别开生面的情境设计

本题所采用的是小球碰撞模型, 这也是处理物理问题常用的一个重要模型. 动量定理、动量守恒定律、机械能守恒定律等在此模型上都有涉及. 虽然其本身是一个常规模型, 但该压轴题对此模型创设了两个新的物理情境.

**情境 1:** 本题由动量定理的矢量性为“小球碰撞模型”设定了一个二维情境, 若想求出小球碰撞前后  $x$  和  $y$  方向的动量变化, 务必要对小球的动量进行正交分解. 需要注意的是, 分解时要先确定正方向, 与正方向相反的物理量取负值, 分解可按照题中所建坐标系直接进行.

**情境 2:** 两束光穿过介质小球的物理情境. 初看可能会觉得 (1)、(2) 两问无必然联系, 值得注意的是第 (2) 问的第一部分已经说明激光束可以看做粒子流, 是众多粒子以相同的动量沿光的传播方向运动, 这正是利用动量定理来处理微观粒子的碰撞问

题, 只是在此模型外营造了一个创新性相对较强的情境.

结合以上分析, 本题对动量定理的考查, 充分彰显了其独特性. 将动量定理融合在光学情境中充分考查了学生对材料的分析、模型的构建以及基础知识的综合运用能力. 物理情境的“新”不体现在形式上, 在其内容上也有体现. 纵观近几年的高考压轴题, 物理过程的复杂性决定了物理情境的多样化. 物理过程可以由一维到二维推进, 也可由多个过程整合而成, 这反而需要学生自己创设物理情境, 化复杂过程为单一问题. 2015 年新课标全国卷 II 第 25 题第 (2) 问就是一个多过程问题, 考生需根据 A 和 B 真实下落的物理情境将二者的运动过程划分成 A 和 B 均以各自的加速度做匀加速直线运动, A 做匀加速运动而 B 做匀减速运动, A 匀加速运动到 B 的末端而 B 静止 3 段, 再根据运动学知识求解即可. 类似于这种多过程的物理情境问题, 要注意分析其临界点, 以此为突破口化繁为简. 总之, 压轴题巧妙的情境设计值得深思.

### 1.2 压轴题独具匠心的设问方法

本题由常规模型创设新的物理情境, 并且 (1)、(2) 两问环环相扣、逐渐深入, 由宏观的小球碰撞问题, 引出微观粒子的碰撞问题<sup>[3]</sup>. 同时其设问方法也别具匠心, 第 (1) 问 b, 分析说明小球对木板的作用力的方向. 第 (2) 问分析说明两束光因折射对小球产生的合力的方向. 两问中均采用“分析说明”的开放性设问方法来命题. 开放性设问可以帮助学生检索头脑中已有的知识储备, 将关联知识合并组装成一个体系, 一一陈列. 考生在分析小球对木板的作用力方向时, 首先要想到的就是动量定理, 其次是牛顿第三定律. 通过求出的力是木板对小球的作用力, 与题目要求相反, 开放性设问引导学生对其进行精细分析, 可以减少失误, 运用作用力和反作用力的知识继续探究力的方向, 得出正确结论.

拓展思维的过程也是将旧知识翻新的过程, 因此开放性设问更利于学生发散思维的培养. 考生在分析两种情况下光束对小球产生的合力的方向时, 首先要拓展思维, 抓住核心考点——动量定理, 然后将动量定理应用到微观粒子运动当中, 运用原有

知识解决实际问题,跳出考题本身,开放性设问在日常的教学活动中也应被重视.学生思维模式的形成以及思维的广度,主要是平时的锻炼,在课堂上教师应当根据课程内容,提出一些开放性的问题,引导学生去探讨.

### 1.3 压轴题别具一格的数学思维

物理压轴题对学生的综合分析能力要求较高,物理过程较为复杂,模型的构建抽象难懂,这就给学生造成很大的做题障碍.恰到好处地运用数学工具可以达到事半功倍的效果.常用的数学工具有图像、函数、微积分等<sup>[4]</sup>.本题综合性较强,在运算的过程中对应用数学知识处理物理问题的能力要求较高.在求解动量变化时,可应用矢量正交分解法则和图像法,化抽象难懂难计算的二维碰撞过程为一维直观的普通碰撞问题,问题迎刃而解.在第(2)问b中可建立直角坐标系,将整个系统放在一个坐标系中进行探究,化抽象为具体,并且也便于分析和表述方向问题.本题运算的独特之处就在于运用恰当的数学思维,将复杂的物理过程转为更易接受的过程,这不仅考查了学生的物理知识储备,也考查了学生应用数学知识解决物理问题的能力.

压轴题对学生数学思维的考查是具体的.如2016年高考浙江卷第25题第(2)问要求求出一个峰区内圆弧所对的圆心角,而结合已知信息分析出离子在峰区内部做匀速圆周运动,若想求出圆心角,则必先确定轨迹圆的圆心,由离子所受洛伦兹力与速度方向垂直即可确定圆心,再根据几何关系求出圆心角.找到正确的几何关系是本题的一个关键点,这也是压轴题数学思维缜密的体现.除此之外,部分压轴题在设置题目时,采用文字表述和图像相结合的方式为考生提供信息,因此需要学生能根据图像分析得出已知信息,以便解题.

### 1.4 压轴题明确而多元的考查方向

高考的目的是选拔优秀人才,而压轴题设定的首要目的就是要充分发挥其区分功能,供广大高校选拔人才,因此高考压轴题一般具有较高的信度和区分度.本题以常规物理模型为主要内容,侧重对微观机理方面的考查,将力学、几何与光学有机结合,极富有创新性.本题注重区分不同程度的学生,集基

础知识的考查、数学方法的运用、分析推理的能力、实验探究的能力、综合运用物理知识解决实际问题的能力于一身,是一套多元考查的好题.压轴题的考查方向是多元的,一般情况下都有其侧重考查的部分.2016年的江苏卷注重考查学生的分析综合能力以及用数学知识解决物理问题的能力,而同年的浙江卷注重考查带电粒子在匀强磁场中偏转的基础知识部分.

## 2 解答压轴题的必由之路

### 2.1 追溯本源 回归教材

好的复习资料对于正在备考的学生们十分重要,而教材才应是给予足够重视的核心.高考题的考点和试题的模型均来自于教材,吃透教材,才能在各式各样的考题中提取出重要的信息.而压轴题本身并非偏题怪题,其难点就在于题目本身综合性很强,情境偏新.如2016年北京理综卷的第24题,核心考点是动量定理,除此之外还有牛顿第三定律、运动的合成和分解以及光学的一些基本知识等.虽然题目本身综合性较强,但仔细分析容易发现其在教材当中都有迹可循<sup>[5]</sup>.

首先,本题的第一问考查的是“碰撞”模型,并提到了动量定理在处理二维问题中的应用.在人教版新课标教材选修3-5第19页“对心碰撞和非对心碰撞”这一板块中已经说明,若两个物体发生的是非对心碰撞,那么对这种碰撞的研究属于平面内的二维问题.同时教材在右侧的提示说明中给出了对于非对心碰撞的物体的研究方法——在相互垂直的两个方向上分别使用动量守恒定律.再看本题第一问,所给信息恰恰符合教材这一内容,在处理二维碰撞问题时,是将其放在两个相互垂直的方向上分别研究,考题来源于教材的延伸是显而易见的.

其次,本题的第二问考查的实质是微观粒子的碰撞问题,在同一本教材的第20页“散射”这部分内容中,明确提到了在粒子物理中,经常让一束粒子射入物体,使二者发生碰撞,进而研究粒子的碰撞方向等问题.而在本题中,虽然描述的物理情境是光学背景,但是已经明确提出光的粒子性,其实质正是教材所提到的当粒子与物体发生碰撞后,对其方向的研究



究.当一道很新颖的考题摆在面前时,剖析其宏观或者微观的物理情境,寻找其在课本中的源头,摸清考点,这样就将所谓的新情境新题转化成了我们熟悉的一类题,后续解题也更加轻松.

## 2.2 构建模型 勤于归纳

压轴题都有其核心考点,如带电粒子在电场中的运动、动量守恒定律、动能定理等,而这一核心考点往往都有固定的物理模型.在做物理习题时,若能在头脑中构建出它的模型,那么其解法就清晰很多.北京这道压轴题的模型是碰撞,若能联系本题和碰撞中的动量定理等相关知识来解答,就化抽象的物理情境为熟知的固有内容了.“碰撞”模型在北京卷中的出现较为频繁,2011和2012这两年均以其为模型,以匀强电场为背景,从不同角度加深学生对这一模型的认识和理解.

广大考生在平时的训练中,要经常归纳物理模型,熟练掌握其相关知识点,经过反复的运用,以求在面对这种综合性较强的题目时,在头脑中能够迅速构建出需要的物理模型.如2016年全国卷Ⅲ的压轴题是以金属棒在匀强磁场中沿光滑平行金属导轨运动为模型.天津卷第12题以“条形磁铁在导轨上的运动”为模型,四川卷则建立了“带电粒子在复合场中的运动”模型,而浙江卷和江苏卷均以“回旋加速器”为模型设计压轴题,结合以上来看,电场、磁场以及力与运动的结合仍是压轴考点,必须给予足够的重视.在日常学习中要勤于归纳方式方法,以点带面,力求能够构建一个模型可以解决一类问题.

## 2.3 提纲挈领 由难变易

压轴题的考查范围较为全面,尤其在考点上可能牵连甚广.在审题时要注意抓住其核心内容,排除不必要的内容.确定好解题思路后,再根据题目需要添加答案的血肉部分,使其更完整丰满.如在本道压轴题的第二问中,创设的是光学的物理情境,但核心考点是微观粒子碰撞中的动量定理,若能抓住这一核心结合第一问,题目就迎刃而解了.但很多考生还常常遇到这样的问题,内心当中已经明确考点,也有解题的大致思路,但是语言苍白,不知道落实到卷子上要怎么表述出来,这个时候可以先写出骨架.如这道题就是分别列出  $x$  和  $y$  两个方向的动量变化关系

式,然后再赋予文字阐述,既要解释列的式子是什么,又要说明得到的结论,这就是血肉部分.

提纲挈领需边读题边思考,近几年的题目越来越新,使考生对原本熟练掌握的知识变得陌生,那么考生在审题的过程中,就要学会“挑刺”,挑出题干信息,挖掘潜在含义.若有图形一定要结合图形来看题,明确解题思路后,运用合适的方法来答题.如2016年江苏卷第15题:如图3所示,以回旋加速器为模型,创设了带电粒子在匀强磁场  $B$  中运动以及该粒子在半径为  $R$ ,间距为  $d$  的狭缝中运动的物理情境,如图4在给定电压值  $U_0$ .周期  $T$  的情况下,分别求得出射粒子的动能、粒子从飘入狭缝至动能达到  $E_m$  所需要的总时间、狭缝中超过99%的粒子能够射出时  $d$  应满足的条件.

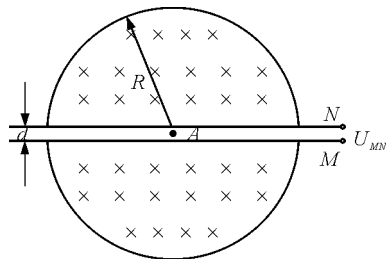


图3 回旋加速器的工作原理图

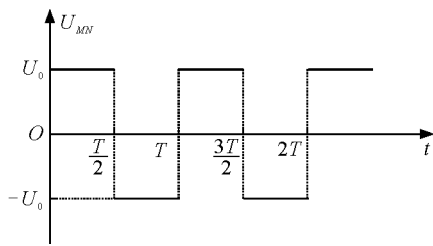


图4 狭缝间交变电压变化图

这是一道典型的需要题图结合进行分析的考题,考生在读题的过程中要注意结合题图来分析,注意观察图4中电压随周期的变化,也可以把题目的主要信息画出来,而解题的关键就是考生要明确回旋加速器模型中交变电压的频率,粒子最大动能与加速电压无关,粒子加速的次数、回旋的次数,加速次数或回旋次数决定粒子运动的时间等基本问题.同时本题的解题思路大体上就是根据洛伦兹力提供向心力,可以求出粒子的速度,再运用动能定理,求出动能的大小;分析易得出粒子在狭缝间做的是匀加速直线运动,那么加速时间就容易得出了.明确回

旋加速器的工作原理,用数学知识加以辅助解答,第三问做起来也就没那么复杂了.

#### 2.4 巧用数学 化繁为简

物理这门学科对学生的逻辑思维要求较高,物理压轴题可能会涉及一些较为复杂的计算知识,然而考试时间分秒必争,若能借助数学思维来解决物理问题,省时省力,事半功倍.在解决力学问题时,常常会对物体进行受力分析,若物体受到3个或更多力而又处于平衡状态时,可以用数学中的三角函数相关知识,对力进行合成或者分解.如2015年全国II卷第25题第一问要求求得 $0\sim 2\text{ s}$ 时间内A和B加速度的大小,根据牛顿第二定律,若想求解加速度,务必要对A和B进行受力分析,而后通过平衡条件进行列式解答.当在习题中列方程或者方程组等式子时,要考虑所代的数是否有正负之分,如2015年全国I卷第25题第一问要求分别求出木板与地面、木板与小物块之间的动摩擦因数.此题中涉及到摩擦力、速度、加速度、位移等物理量,这就需要考虑物理量本身是矢量还是标量,又要考虑其实际意义,而本题中这几个物理量均为矢量,因此在做题的过程中首先要规定正方向,经过对图像、木板与小物块的受力情况、位移关系等的分析,运用数学思维,合理列式计算.再比如图像法在解决这种思维过程复杂的问题时,可以起到化繁为简的效果.

图像法在运动中的应用效果尤为明显,拿北京这道压轴题来说,把复杂又抽象的二维碰撞问题,通过在数学坐标系的分解,进而转换成了学生熟知的一维碰撞问题.图像法在电磁场计算题中的应用也较为频繁,如2010年课标全国卷第25题,若想求出粒子源的出射速度,则务必要画出其运动轨迹,再由几何关系求解出轨道半径;2011年课标全国卷第25题与上一题目类似,均是求粒子速度问题,同样需画轨迹,由几何关系导出轨道半径的值.2014年四川卷第11题第(3)问,需在明确粒子在磁场中运动状态的前提下,画出运动轨迹,进而由圆周运动的特点及几何关系求解;2015年浙江卷第25题第(2)问,2015年天津卷第12题第(2)问,2016年浙江卷第25题(2)、(3)两问,粒子运动轨迹均同上,为圆周运

动,若想求解则必须画图.由此可见,数学知识在物理中的应用是非常广泛的,巧用数学,可以把复杂的物理问题更清晰直观地展现在面前.

### 3 对压轴题未来趋向的展望

#### 3.1 物理情境更加“接地气”

近几年的高考题趋向于不断推陈出新,为其创设更加“接地气”更切合实际的物理情境.如2016年浙江卷第25题考查的是回旋加速器的内容,这一内容在之前的考题中已经多次出现,但是本题为解决实际生活当中如何提高回旋加速器能量的问题,而塑造了“扇形聚焦回旋加速器”为物理背景,紧密联系实际,进而展开所要探讨的内容.除了背景上的创新,在物理过程的分析、物理模型的构建等方面也不断趋向于实际<sup>[6]</sup>,同年江苏卷第15题,打破了学生在平常练习中遇见的理想状态,而是要求考虑粒子在狭缝中的运动时间,这不仅给试题增加了难度,同时也是注重考查学生应用物理知识处理实际问题的能力.2015年浙江卷第25题,介绍了离子束在实际实验中的引出方法,学生在求解第(2)问和第(3)问时要建立两个模型,分别是离子在匀强磁场中和在辐向电场中的圆周运动模型,看似较难理解,实际上都是熟知“接地气”的物理情境.

#### 3.2 考查方向愈加追求“一题三维”

压轴题愈加趋向多方向考查学生的素质.不仅考查学生对基本知识的掌握情况,而且注重学生对物理过程、物理方法、科学精神、实验探究的能力等众多方向的把握.如2015年全国II卷第25题,以暴雨天山体滑坡泥石流为背景,就是关切生活的表现,把物理试题放在真实的情境中,分析石堆A、B下落的情况,正是对真实物理过程的考查.2016年江苏卷第15题以回旋加速器的工作原理为背景,虽然物理模型较为常规,但其要求考虑粒子在狭缝中运动的时间,一反学生在日常训练中的理想条件,使粒子的运动更符合实际,有助于培养学生实事求是的科学态度,同时考虑细节因素,也利于学生对实验探究过程中意外因素的把握.结合了三维教学目标的压轴题,对于培养全面发展的人才具有很好的促进作用.

### 3.3 设问形式更加追求开放性问法

开放性设问是指所设置问题的答案不是唯一的,或者探索正确答案的过程和方法不是唯一的.这种设问方法可以发散学生的思维,增强其创新意识,因此在这些年的高考题中,开放性的设问方法已经在高考卷上有所体现.其中使用这种设问方式最多的就是北京卷,其第23题第二问让学生通过对已知数据的分析,说明忽略电子重力的原因,而压轴题第24题第一、二两问均采用“分析说明”字样进行开放性设问,这无疑是北京卷的一大亮点.在考查学生核心素养的培养成果方面,北京卷这种开放性的设问方法很好地做出了表率作用.同时也是为广大教育工作者和考生提供了一个信息,在未来的考试中,类似于这种可以培养学生良好的物理素养的开放性问法或开放性问题,可能会越来越被接受和重视.

### 4 结束语

物理压轴题体现了高考命题指导思想精髓,同时也是对这一指导思想的具体表达.注重考查学生建构物理模型的能力、实验探究的能力、应用数学

处理物理问题的能力以及物理思维的培养等.北京高考物理压轴题一直具有其独创性,推陈出新,为常规模型构建全新的物理情境,这种考查的方式响应了教学的三维目标,在注重对基础知识考查的同时,也关乎学生技能以及科学素养的培养,这也给广大一线教师提供了新的教学线索,注重学生物理思想的培养以及建模能力的养成.

### 参考文献

- 曹义才. 2014年高考物理计算压轴题命题特点例谈. 物理教师, 2015, 36(3): 76 ~ 80
- 刘安澜, 梁彦溪, 梁吉峰. 对2016年北京高考压轴题(第24题)创新物理情境的赏析. 中学物理, 2016, 34(19): 76 ~ 79
- 叶兵. 2014年全国高考物理压轴题赏析. 物理教学, 2014, 36(8): 56 ~ 60
- 黄柏松. 2006年高考物理压轴题(江苏卷)多种解法. 物理教师, 2006, 27(11): 65 ~ 67
- 崔琰, 李筱娜. 2013年北京高考物理压轴题的解析与思考. 物理教师, 2013, 34(7): 77 ~ 78
- 游传政. 物理模型的教学实践探讨. 物理教学探讨, 2014, 32(7): 3 ~ 5

(上接第96页)

中心. 普通高中课程标准实验教科书 物理·选修3-3. 北京: 人民教育出版社, 2010. 23 ~ 25

2 Morphett A, Gunn S, Maillardet R. Developing

interactive applets with GeoGebra: processes, technologies. Proceedings of Elephant Delta '15[C]. Port Elizabeth, 2015

## Presenting the Three – dimensional Picture of the State Equation of Ideal Gas Using GeoGebra

Sheng Baoji

(High School Affiliated To Nanjing Normal University, Nanjing, Jiangsu 210003)

**Abstract:** In this paper, the three – dimensional image of the ideal gas state equation is drawn by GeoGebra, and the isotherm, isochore and isobars are analyzed in the three – dimensional graph, which provides another teaching perspective for the ideal gas equation.

**Key words:** GeoGebra; ideal gas state equation image; hyperbolic paraboloid