

学术研讨式学习方式的构建与实施

——“基于创新素养培育创新学习方式的探索”子课题研究总结

黄国龙

(镇海中学 浙江 宁波 315200)

(收稿日期:2016-01-11)

摘要:本文是子课题“基于创新素养培育创新学习方式的探索”研究概要总结.首先,揭示现行中学物理创新教育中存在问题,提出基于拔尖创新人才培养的学术研讨式学习方式的重要性;其次,根据学术研讨的一般性结合中学物理教学实际,构建学术研讨式学习方式;最后,结合具体物理竞赛教学实例,运用学术研讨式学习方式实施创新学习的实践探索.

关键词:物理教学 创新教育 创新学习方式 学术研讨式

1 学术研讨式学习方式的提出

探索实施基于拔尖创新人才培养的创新学习方式,对于构建创新人才培养模式,探索创新人才培养途径和策略具有十分重要的意义.然而,我们发现当今中学物理创新教育大多集中在物理竞赛教学,且存在如下问题.

注重物理竞赛中具体问题解答,缺乏学术层面深度研究.物理竞赛教学中教师注重对学生进行大量高难度具体问题的训练,而缺乏创新人才需要的创新性、批判性、深刻性的学术性探究,导致学生物理学术研究意识淡薄,科学探究动机不强,缺乏学术研究能力,不利于培养高素质拔尖创新人才.

注重创新教学方式研究与实践,缺乏创新学习方式的探索.当今中学物理创新教育注重从教的角度实施创新教学,以教师引导为主,以科学家或教师的创新代替学生的创新,缺乏从学生学的角度实施创新学习,这对于培养拔尖创新人才而言是远远不够的.因而,需要探索适合拔尖创新人才培养的学习方式.

注重问题解答角度评价学生的创新成果,缺乏开放性学术展示角度评价创新成果.传统中学物理创新教学对学生创新成果的评价往往注重对具体问

题的解答上(例如,对具体问题解答的是否成功、是否正确、是否创新、是否深刻等),缺乏从学术论文、科技创新制作成果等角度来评价学生的创新成果.这种创新成果的评价比较狭窄,不能从更高的角度激发和培养探究物理的内在创新动机.因而需要从开放性、学术性、创新性的角度来评价学生的创新成果.

物理竞赛中创新教学不仅需要教学方式和学习内容的变革,更需要学习主体获取知识和方法的学习方式的变革,特别要探索拔尖创新人才培养的创新学习方式;不仅要求学生解答具体物理竞赛疑难问题,而且需要引导学生开展类科学研究的学术研讨活动.课题组正视创新人才培养的重大背景,针对当今中学物理创新教育中存在问题,尝试探索新型的基于拔尖创新人才培养的学习方式,提出“学术研讨式学习方式构建与实施”的研究子课题.

2 学术研讨式学习方式的构建

2.1 学术研讨式学习方式含义及操作流程

学术研讨式学习方式的操作流程如图1所示.这种学习方式是根据学术研讨的一般流程结合中学物理教学实际,学生根据学习中问题情景,提出学术探究问题,检索以多种方式提供的研讨材料进行自

主探究,教师根据学生自主探究情况组织学生进行阶段性协作交流,在交流汇报中揭示探究中存在的问题,进行深化探究.最后展示和发表学术成果,从而培养学生发现问题、提出问题的创新意识,激发学生持续的创新动机,磨练学生的创新意志,培养学生创新思维.

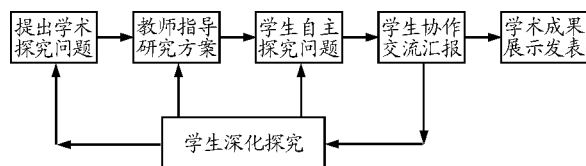


图1 学术研讨式学习方式的操作流程

2.2 学术研讨式学习的特点

学术研讨式学习是一种从学习者个体发展的需要和认识规律出发的学习方式.其主要特点是学习内容和学习方式的开放性与学生相对独立而又协作研究,其实质是教学与科研相融合的学习方法,是学习者对科学研究的思维方式和研究方法的学习运用.具体表现为:

自主性.学生经历自主学习过程,自主寻求相关信息、自主经历探究,自主构建知识结构和方法结构,自主反思和自主评价.

创新性.在探究过程中体现创新性,运用创新的思路和方法来发现问题、提出问题,寻求解决问题的思路和方法;在探究结果上体现创新性,伴随着问题的解决,探究出新的知识和方法,深化对物理问题、知识和方法的认识,创新构建认知结构.

学术性.学习过程中模拟科学家的探究过程,运用科学的研究方法和思维方法,体验探究过程艰辛和喜悦;学习结果体现价值性,探究出概括水平更高、适用范围更广的知识和方法,探究出更加简洁解题方法和实验设计方法,享受物理理论和方法的科学价值、应用价值和认识价值.

协作性.当今科学研究往往依靠科学团队的协同创新,根据当今科学研究的新特点,学术研讨式学习中学生对知识和方法的探究不仅需要学生自主性,更需要学生之间的团队协作;不仅需要教师的正确引导,更需要师生之间的团队协作,通过协作探究提高整体的探究功能.

2.3 学术研讨式学习方式实施策略

(1) 提出学术探究问题

学术研究的首要环节是发现和提出问题,提出有价值的探究问题需要有较强的创新意识和敏锐的科学洞察力以及对某领域丰富的科学研究的积累.基于创新人才培养研讨式学习中提出学术探究问题是学术研讨的开端,教师的作用是创设具体的问题情境,教育学生发现问题、提出问题的方法.学生根据探究问题情境,发现问题和提出有价值的探究问题.发现和提出问题的策略有:运用导致悖论方法发现问题,运用创新思维方法提出问题,运用批判性思维提出问题.

(2) 教师指导研究方案

教师参与学生探究过程中指导,提供多元开放学术研讨资源,质疑学生探究中存在问题,引导学生探究的思路,启发学生思维,指导学生学术论文的撰写规范和方法,评价学术论文和探究成果的科学价值,帮助学生克服整个探究中遇到的困难等.

(3) 学生自主探究问题

学生自主搜寻相关个性的学术研讨资源,根据探究问题的特点自主从网上、图书馆、学术刊物、相关文本资料上搜寻个性化的文本信息和图片、视频等信息,通过实验获取和检索与学术研讨相关的数据等.

(4) 学生协作交流汇报

教师通过选修课程等途径组织学生对阶段性探究成果进行相互交流,相互质疑,相互补充.通过学生间和师生间协作交流,从不同侧面、不同角度进行相互启发,整合阶段性的研究成果,明确原有研究中存在的问题,明确下一阶段探究的任务和方向.

(5) 学生深化探究

针对前期交流中存在的问题,进一步明确探究目标,学生通过理论探究、实验探究等方式开展针对性的深化探究活动,攻克前期探究中的难点.

(6) 学术成果交流展示和发表

根据学术交流的规范和过程,教师组织学生开展学术交流活动,学生模拟科学研究中学术交流活动,展示交流探究取得成果以及探究过程中的心得

和经验,使学生体验探究过程中的艰辛和取得成果后带来的喜悦,进一步激发学生的创新热情.

3 学术研讨式学习方式实施创新教学的实践探索

3.1 运用学术研讨式学习实施创新性学习

在物理竞赛辅导教学中,可根据科学创新的一般性结合中学物理教学和学生物理学习的特点,运用学术研讨式学习方式实施创新性学习,即学生运用这种学习方式提出新的探究问题,探究新的知识,探究新的方法,实施知识和方法的创新.

案例分析 1:运用“学术研讨式”学习方式探究“镜像电荷规律”.

(1) 运用类比思维提出探究问题

在物理竞赛课程学习中,学生做了较多静电场中镜像电荷问题.甲同学、乙同学运用类比思维方法提出如下探究问题:

问题 1:从几何角度考虑,平面和球面具有特殊和一般关系,那么平面镜像电荷模型与球面镜像电荷模型是否也存在特殊与一般关系呢?

问题 2:由于平面镜像电荷规律和平面光学成像规律相似,那么球面镜像电荷规律和球面光学成像规律是否相似,是否都满足 $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ 关系呢?

(2) 确定探究思路,提供研究材料

学生提出的上述问题很有创新性,教师指导学生从凸面镜像和凹面镜像电荷角度进行探究.

(3) 运用等效、逆向思维、近似等方法进行探究

平面与凸面镜像电荷关系探究:甲、乙同学探究如下:如图 2 所示,接地导体球外有一带电荷量为 Q 的点电荷,导体球面上感应电荷的等效镜像电荷 Q' 离球心距离为 a ,离球面距离为 x' ,根据球面镜像法得

$$Q' = -\frac{RQ}{(R+x)}$$

$$a = \frac{R^2}{(R+x)}$$

$$x' = R - a = \frac{Rx}{(R+x)}$$

当 $x \ll R$ 时,得

$$Q' = -\frac{RQ}{(R+x)} \approx -Q$$

$$x' = \frac{Rx}{(R+x)} \approx x$$

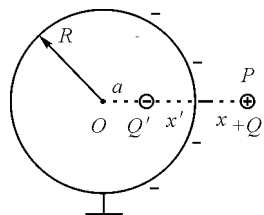


图 2

凸面镜像电荷模型近似为平面镜像电荷模型,平面镜像与凸面镜像电荷存在特殊与一般关系.

平面镜像与凹面镜像电荷关系探究:丙同学探究如下:如图 3 所示,当点电荷 Q 放在接地导体球内时,内球面上非均匀分布的感应电荷等效为球外的镜像电荷 Q' ,运用镜像法同理可得

$$(R+x') = \frac{R^2}{R-x}$$

$$Q' = -\frac{(R+x')Q}{R}$$

化简得

$$x' = \frac{Rx}{R-x}$$

$$Q' = \frac{RQ}{R-x}$$

当 $x \ll R$ 时

$$x' \approx x \quad Q' \approx -Q$$

凹球面镜像电荷模型近似为平面镜像电荷模型,平面镜像与凹面镜像电荷也为特殊与一般关系.

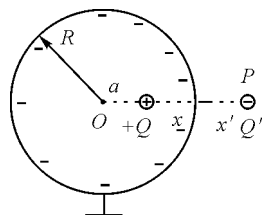


图 3

电学球面镜像公式探究:丁同学探究如下:如图 2 所示,对于凸球面镜像电荷,令 $u = x, v = x', v = \frac{Ru}{(R+u)}$,化简得

$$\frac{1}{u} - \frac{1}{v} = -\frac{1}{R}$$

上式表明当点电荷在球面外侧时,成虚像,像距和焦距为负, $f = -R$,但与光学面镜成像不同的是,光学中凸面镜成像的焦距为

$$f = -\frac{R}{2}$$

运用类比方法可得电荷量放大率为

$$m = -\frac{v}{u} = \frac{R}{(R+u)}$$

镜像电荷电荷量大小为

$$Q' = \frac{RQ}{(R+x)}$$

与实际求得结果一致.

如图3所示,对于凹球面镜像电荷令 $u = x, v = x'$,得

$$\frac{1}{u} - \frac{1}{v} = \frac{1}{R}$$

上式表明当点电荷在球面内侧时,成虚像,像距为负,焦距 $f = R$,但与光学面镜成像不同的是,光学中凹面镜成像的焦距为 $f = \frac{R}{2}$.

通过上述论证过程,不仅猜想1和猜想2得到证实,成为镜像电荷两个规律(这两个规律在解答相关静电问题时得到广泛应用,简化了解题过程),而且学生的求证创新意识得到很好的培养.

(4) 深化探究,撰写展示学术论文

【例1】如图4所示,两块无限大的接地导体平面相距为 L ,在两板之间距离 A 板为 d 处放置一带电荷量为 $+q$ 的点电荷.试求:每块板上感应电荷.

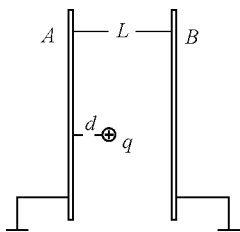


图4

解析:直接运用平面镜像电荷法解答这个问题需要构建无数个镜像电荷,求解比较复杂和困难.相关物理竞赛参考资料上常构建平面电容模型运用电容器知识求解这个问题.甲同学通过构建一般化电

荷模型来求解这个问题.

构建如图5所示的一般化双球面模型:将左侧的导体面等效为在内球接地导体球,半径为 R ($R \gg d$),将右侧的导体面等效为包裹内球的接地球壳,且表面与内球面距离为 L ,而点电荷被夹在中间.设外侧感应电荷总量为 Q_1 ,内侧感应电荷总量为 Q_2 ,由外球面接地可得

$$Q_2 + Q_1 + Q = 0$$

由于内球接地,因此在球心处的电势为零,即

$$\frac{kQ_1}{R+L} + \frac{kQ}{R+d} + \frac{kQ_2}{R} = 0$$

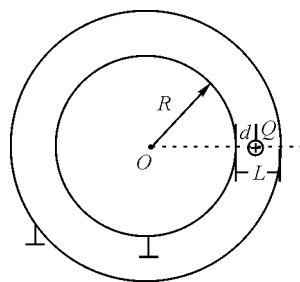


图5

解得

$$Q_1 = -\frac{d(R+L)}{L(R+d)}Q$$

$$Q_2 = -\frac{(L-d)R}{L(R+d)}Q$$

当 $d \ll R, L \ll R$ 时,双球面接地电荷模型近似为双平面接地电荷模型,由上解得

$$Q_1 \approx -\frac{d}{L}Q$$

$$Q_2 \approx -\frac{L-d}{L}Q$$

在上述探究的基础上,3位同学协作撰写学术了“电学镜像电荷几何规律探究及应用”的论文.该论文结构为:

- (1) 运用类比方法提出探究问题;
- (2) 电学镜像电荷规律探究;
- (3) 电学镜像电荷规律的应用.

该论文在镇海中学2014年科技创新节中得到展示,得到教师和同学高度认同.

3.2 运用学术研讨学习方式实施批判性学习

物理学发展中人们对有关物理现象和过程、物

理论曾经产生错误、片面的认识,对某些物理问题时常发生错误解答,通过学术研讨从错误到正确、从片面到全面,使物理学得到发展.在中学物理参考书中、教师和学生解答问题过程中常会出现一些错误的认识和解答,这些错误物理课程资源往往是学生开展学术研讨的重要的资源.学生通过学术研讨学习实施批判性学习,不仅发现问题、分析问题和解决问题,而且训练了学生思维的深刻性,培养创新意识和创新思维.

案例分析 2:运用学术研讨学习方式对 2013 年高考题标准解答批判性挑战.

(1) 运用导致悖论方法发现提出问题

【例 2】(2013 年高考浙江卷第 25 题).为了降低潜艇噪音,提高其前进速度,可用电磁推进器替代螺

旋桨.潜艇下方有左、右两组推进器,每组由 6 个相同的用绝缘材料制成的直线通道推进器构成,其原理示意图如图 6 所示.在直线通道内充满电阻率 $\rho_1 = 0.2 \Omega \cdot \text{m}$ 的海水,在通道中 $a \times b \times c = 0.3 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \times 0.3 \text{ m}$ 的空间内,存在由超导线圈产生的匀强磁场,其磁感应强度 $B = 6.4 \text{ T}$,方向垂直通道侧面向外.磁场区域上、下方各有 $a \times b = 0.3 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}$ 的金属板 M 和 N ,当其与推进器专用直流电源相连后,在两板之间的海水中产生了从 N 到 M ,大小恒为 $I = 1.0 \times 10^3 \text{ A}$ 的电流,设电流只存在于磁场区域.不计电源内阻及导线电阻,海水密度 $\rho_2 = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$.当潜艇以恒定速度 $v_0 = 30 \text{ m/s}$ 前进时,海水在出口处相对于推进器的速度 $v_r = 34 \text{ m/s}$,求专用直流电源所提供的电功率大小.

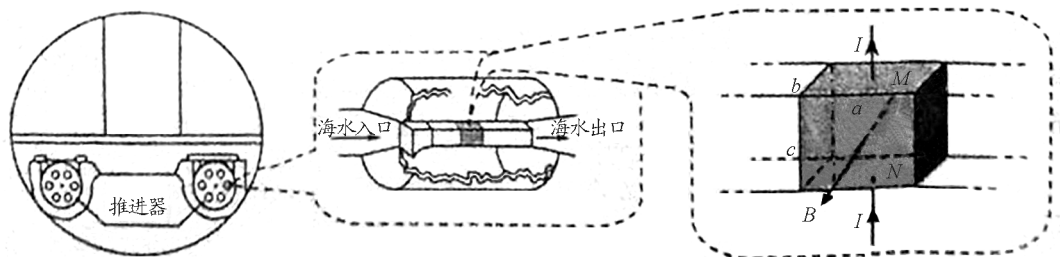


图 6

标准解答:在地面参照系中,对每个推进器而言,安倍力推动潜艇功率为

$$P_{\text{电}1} = B I c v_0 = P_{\text{电}1} = 5.76 \times 10^4 \text{ W}$$

电阻上消耗的热功率为

$$P_r = I^2 R = 5 \times 10^5 \text{ W}$$

安倍力推动水做功消耗电功率为

$$P_{\text{电}2} = \frac{\Delta E_k}{\Delta t}$$

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} m v_d^2$$

$$m = \rho S_3 v_d \Delta t$$

解得

$$P_{\text{电}2} = 3.84 \times 10^3 \text{ W}$$

每个推进器直流电源所做功为

$$P_{\text{电}} = P_r + P_{\text{电}1} + P_{\text{电}2} = 5.6144 \times 10^5 \text{ W}$$

导致悖论,发现错误:甲同学以潜艇为参照系进行求解.电阻上消耗热功率还是 $P_r = I^2 R = 5 \times 10^5 \text{ W}$.在潜艇参照系中,水以 $v_0 = 30 \text{ m/s}$ 速度从潜艇

左端进水口 S_1 进入管道,以 $v_r = 34 \text{ m/s}$ 速度从右端出水口 S_3 流出,此情形下,除了在电阻上消耗热功率外,还需要推动水加速(安倍力对水做功)消耗的电功率 $P'_{\text{电}2}$,满足

$$P'_{\text{电}2} \Delta t = \frac{1}{2} m v_r^2 - \frac{1}{2} m v_0^2 \quad m = \rho S_3 v_r \Delta t$$

解得

$$P'_{\text{电}2} = 5.2224 \times 10^5 \text{ W}$$

每个推进器直流电源消耗总电功率为

$$P_{\text{电}} = P_r + P'_{\text{电}1} = 1.02224 \times 10^6 \text{ W}$$

根据相对性原理,在不同参照系中消耗电能应相同,上述两种解答中得出结果不同,导致悖论.这个悖论表明,高考标准解答有问题,值得探讨.

提出探究问题:潜水艇专用直流电源所提供的电功率正确求解方法如何?

(2) 教师指导,提供研究资料

由于本问题属于流体动力学问题,为此教师向

学生提供流体力学相关教材(《力学》郑永令,复旦大学出版社;《力学》舒优生,北京大学出版社),要求学生从网上搜寻潜水艇结构原理相关资料。

(3) 学生自主探究,协作交流

针对上述高考标准答案中存在问题,物理创新素养培育小组学生纷纷进行探究,下面介绍几种典型的探究情况。

潜艇参照系中分析:甲同学认为,在地面参照系中,求解推动潜艇运动消耗的功率 $P_{电1}$ 也是正确的,但是在求解安倍力对水做功所消耗的电功率 $P_{电2}$ 是错误的.在潜艇参照系中,求解消耗的电功率 $P'_{电2} = 5.2224 \times 10^5 \text{ W}$ 也是错误的.错解的原因都是没有考虑到使水加速的因素除了安倍力做功外,还有潜艇管道左右端水对进入管道的水也要做功。

如图7所示,在潜艇参照系中,水相对潜艇在3个横截面上速度分别 $v_{1r} = 30 \text{ m/s}$, v_{2r} , $v_{3r} = 34 \text{ m/s}$,压强分别为 p_{1r} , p_{2r} , p_{3r} .根据伯努利方程和连续性原理得 p_{1r} , p_{2r} 关系为

$$p_{1r} + \frac{1}{2} \rho v_{1r}^2 = p_{2r} + \frac{1}{2} \rho v_{2r}^2$$

$$v_{1r} S_1 = v_{2r} S_2 = v_{3r} S_3$$

结合 $S_2 = S_3 = 0.12 \text{ m}^2$,解得

$$v_{2r} = 34 \text{ m/s}$$

$$p_{1r} = p_{2r} + 1.28 \times 10^5 \text{ Pa}$$

根据直道内水流匀速运动得

$$p_{2r} S_2 + B l c = p_{3r} S_3$$

解得

$$p_{2r} = p_{3r} - 1.6 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$p_{1r} = p_{3r} - 1.12 \times 10^5 \text{ Pa}$$

令安倍力做功而消耗的电功率为 $P'_{安}$,对管道中水整体运用动能定理,分别列出

$$p_{1r} S_1 v_{1r} \Delta t - p_{3r} S_3 v_{3r} \Delta t + p'_{安} \Delta t =$$

$$\frac{1}{2} \Delta m (v_{3r}^2 - v_{1r}^2)$$

$$\Delta m = \rho S_3 v_{3r} \Delta t$$

解得

$$P'_{安} = 6.528 \times 10^4 \text{ W}$$

消耗的总的电功率为

$$P'_{电} = P'_{安} + P_r = 5.6528 \times 10^5 \text{ W}$$

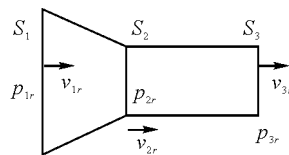


图7

地面参照系中分析:甲同学和戊同学的探究详见《物理通报》2014年第10期,第93页。

创新解法1:己同学探究解答(地面参照系功率法):

在地面参照系中,根据连续性原理 $v_2 S_2 = v_3 S_3$,水在长方体管道内应做速度为 $v_d = 4 \text{ m/s}$ 的匀速运动.安倍力做功消耗电功率即为安倍力对流入潜艇内水所做功率和反作用力对潜艇做功功率之和,满足

$$P_{安} = B l c v_0 + B l c v_d$$

结合 $v_0 = 30 \text{ m/s}$, $v_d = 4 \text{ m/s}$,解得

$$P_{安} = 6.528 \times 10^4 \text{ W}$$

消耗总的电功率为

$$P_{电} = 5.6528 \times 10^5 \text{ W}$$

创新解法2:庚同学探究解答(潜艇参照系功率法)

潜艇参照系中,根据连续性原理,水在长方体管道内应做速度为 $v_r = 34 \text{ m/s}$ 的匀速运动,安倍力对流入管道内水所做功消耗的电功率满足

$$P_{安} = B l c v_r$$

解得

$$P_{安} = 6.528 \times 10^4 \text{ W}$$

消耗总的电功率为

$$P_{电} = 5.6528 \times 10^5 \text{ W}$$

结果与地面参照系解答结果相同,符合相对性原理。

(4) 撰写发表学术论文

在上述研讨的基础上,教师鼓励学生积极撰写学术论文.在教师的指导帮助下,由甲同学执笔,撰写了“对一道物理高考题错解分析及创新解答”学术论文,该论文被《物理通报》杂志社录用发表,在镇海中学2014年科技节上展示汇报,得到物理同行的高度肯定。