



基于协同学视角 探究物理观念培养

——以能量观念为例

姚鸿栋

(西南大学物理科学与技术学院 重庆 400715)

(收稿日期:2018-05-20)

摘要:物理观念是物理世界在人脑中留下的概括性认知,是人对物理世界的根本认识,所以建立物理观念具有非常重要的意义.从协同学的“协同效应”与“自组织”理论出发,以能量观念的建立过程作为具体支撑,为有效培养物理观念提出了一个新的思路.

关键词:物理观念 协同学 核心素养

近年来“核心素养”成为研究者们的高频话题.本文从协同学理论出发,就物理核心素养的“物理观念”方面进行研究,并通过具体的案例分析了协同学理论在物理观念建立过程中所起的重要思想作用.

1 协同学的基本观点

德国的哈肯教授从其他学科引入合作、竞争、涨落等概念建立了协同学,本意是协同作用的科学,在广义上的理解是关于系统内各个子系统之间相互合作与竞争的科学.“目前协同学已成为描述系统从无序到有序,从有序到有序转变的条件和规律的横断学科.”^[1]协同学有“协同效应”与“自组织”两个基本观点.

“协同效应”是协同学的核心观点.对于一个无序的系统,其子系统之间存在着随机的运动,而每一次随机的运动都有可能造成涨落,当接近临界点时,这种偶然性的涨落会引发整个子系统的相变,由于涨落造成不同微观组分的差异,它们之间就会出现竞争的现象.“通过竞争,有的模式得到加强,把更多的微观组分吸引到自己的影响下,从而发展壮大.最后,一个或少数几个模式战胜其他模式,取得主导地位.”^[2]成为支配整个系统的新的参量,称其为序参量.而在序参量的作用下,子系统间协调、合作,使整个系统从无序走向了有序.这就是协同学中的“协同效应”.

“自组织”指不存在外部指令,系统按照某种规

则,各尽其责而又协调地自动地形成有序结构.需要具有以下几个要素才能产生“自组织”:

(1) 系统必须是开放的.封闭的系统无法进行有效交换,因而最终变为混沌^[3].所以说系统开放是自组织的必要条件.

(2) 系统处于非平衡态.当系统处于平衡态时,子系统间无法产生竞争合作现象,就无法实现物质能量的宏观转移和变换,因此系统处于非平衡态是自组织之源.

(3) 非线性作用.线性作用只会引起量变,而欲使这个系统发生质变的话需要非线性的作用,可以说非线性作用是自组织的根本原因.

(4) 系统存在涨落.涨落通过连锁效应逐步影响各个子系统从而形成序参量,使得系统从无序走向有序,所以涨落是自组织的动力.

2 物理观念的界定与其特性

2.1 物理观念的界定

物理观念是物理世界在人脑中留下的概括性认知,是人对物理世界的根本认识.它是物理基础知识在学生大脑内的提炼与升华,上升到了一个宏观的认识层面.所以掌握物理的本质必须建立完整、科学的物理观念.

物理观念源于物理概念.例如需要功能关系以及动能、势能等概念作为支撑,才能够凝聚为贯穿物理学科的“能量观念”,所以物理观念处于物理概念的上位.有学者提出将概念层次化,“居于塔尖的‘学

科核心概念’只有‘运动与相互作用’、‘功和能’等少数几个,但却统摄着数量众多的抽象概括水平依次降低的‘主题核心概念’、‘重要概念’和‘基础概念’。”^[4]通过基础概念的学习,逐步深入建构核心概念,到最后升华为学科的物理观念。

2.2 物理观念的特性

欲要明晰物理观念的建立过程,必须了解物理观念具有的特性,在此笔者提出物理观念具有3种特性:

(1) 物理观念具有宏观性. 当物理问题出现时,有些学生首先注意到的是物理量以及一些临界条件,而忽视了这个问题中的具体运动过程与受力状态,这其实就是尚未建立一个完整的“运动与相互作用观念”,学生会纠结于出现的物理量具体该适用于哪些公式,从而造成了“不识庐山真面目”“不知道该用哪些公式”这些问题,这种看待问题的角度是片面的. 而如果学生有完整的“运动与相互作用观念”的话,就会从宏观的角度、更高的思维层面去审视整个运动过程,以此找到突破口.

(2) 物理观念具有稳恒性. 对于大多数人而言,随着时间流逝深奥的物理知识可能会渐渐忘却,而留下来的只有思维和观念. 物理学科强调知识框架的搭建,但是其核心目的是依托于物理知识作为载体,锻炼科学思维与形成物理观念,这些思维与观念将在日后的生活中凝练为一个人的物理学科核心素养. 物理观念不会因为时间变化而忘却,具有稳定恒久的特性.

(3) 物理观念具有内隐性. 教师上课过程中会对物理概念的内涵与外延进行深度的挖掘使得学生理解,因此物理概念的建构过程是明确、清晰的. 与之相对应的,物理观念建立过程以整个章节为时间线,跨度较大. 所以物理观念的建立过程是潜移默化、难以察觉的. 学生需要一定的科学思维对学过的相关物理概念进行提炼与升华,总结为宏观层面认知的物理观念. 所以物理观念具有不易察觉的内隐性.

由于物理观念具有宏观性、稳恒性,所以建立物理观念具有非常重要的意义,而物理观念具有内隐性,它的建立过程是不明显的,所以具有一定的困难,本文通过渗透协同学中的“协同效应”与“自组织”使得学生自主建立物理观念,以此突破内隐性的困难.

3 协同学视角下科学地建立物理观念过程——能量观念为例

3.1 物理观念建立过程中的“协同效应”

要想发现物理观念建立过程中的“协同效应”,就要先找到这个过程中存在的序参量. 笔者提出“帆船模型”以此发现影响物理观念建立的两个序参量.

由于物理观念的建立需要建构相关的物理核心概念,所以物理核心概念是建立物理观念的基础;而学生掌握了物理核心概念之后将其凝练与升华为物理观念还需要一定的科学思维,因此科学思维是建立物理观念的催化剂. 如果将物理观念比作是一条帆船的船体的话,那么科学思维就是帆船的帆,控制着帆船的前进方向(物理观念的有序建立)与前进速度(物理观念的建立快慢);而物理核心概念就好比帆船的每一块钢板,正是由于许多块钢板的有机组合才能形成一个完整的船体(物理核心概念的有机联系建立物理观念). 所以笔者认为,影响物理观念建立的序参量有二,其一是物理核心概念,其二是科学思维.

而一旦学生建构了物理核心概念,那么在一定科学思维的认知条件下,会产生“ $1+1>2$ ”的效果,这两个序参量就会协调合作使整个系统达到一个新的认知平衡,走向有序,将物理核心概念有机结合建立宏观上的物理观念. 这就是物理观念建立过程中的“协同效应”. 由此可见,将物理核心概念与科学思维这两个序参量的有机协调组合将成为物理观念建立的关键要素之一.

3.2 物理观念建立过程中的“自组织”现象

笔者就能量观念建立过程中存在的“自组织”现象在下文展开阐述. 而由于物理观念具有内隐性,且时间跨度较大,所以能量观念建立过程的研究对象是整个“机械能守恒定律”章节.

在观念形成的过程中认知系统必须处于开放状态. 如果学生的认知系统是封闭的,那么他就只会被自己错误的前概念所影响,无法从混乱的认知系统中寻求一个新的平衡. 例如动能定理一课,如果教师只注重于物理公式上的推导而忽视了具体物理情景的展现,那么学生就会处于一个混乱的、无法理解的状态中,而要使得这种混乱的状态走向有序,就需要系统的开放,教师需要给学生一个使其思维发散的

情境,以此来打开思路,对功能关系有深入理解,为能量观念的建立铺好道路.其次,观念的形成需要使认知处于非平衡态.也就是说教师需要通过学生熟悉的情景制造他们无法理解的现象,产生认知冲突,他们的认知系统就会处于非平衡态,他们会搜肠刮肚地思索如何去理解这个现象.而此时教师的指向性问题与点拨之语、学生的灵光乍现都会成为一个新的涨落,使得学生的思维得到发散,并通过非线性作用汇聚为一个完整的、科学的新概念去替代原有的片面的、错误的前概念.例如机械能守恒的判断条件“系统内只有重力或弹力做功”,教师可以先通过一个这样的情境来突破学生对“系统内”这3个字的认识:竖直放置在水平面上的弹簧振子,小球在下落过程中会压缩弹簧,忽略阻力的情况下,小球只有自身的重力与弹簧给小球的弹簧弹力做功.此时提问学生小球的机械能是否守恒,部分学生通过守恒条件认为只有重力或弹力做功就满足机械能守恒.然后教师带着学生分析小球的动能与势能会发现机械能总量是在减小的,此时学生的认知就产生了冲突:“为什么满足守恒条件却不守恒呢?”此时,教师再提问小球与弹簧组成的系统机械能是否守恒的问题.而通过这个问题,就会使得学生的认知系统产生涨落,他们会意识他们忽略了守恒条件中“系统内”这3个字,而这种涨落在非线性作用的放大下,最后变成一个稳定的内化知识.

3.3 协同学视角下物理观念的建立过程

由此可见,在协同学理论视角下,物理观念的建立需要这样的3个方面:

(1) 建构“物理核心概念”,这是建立物理观念的必要条件(序参量)之一.如能量观念的建立,需要建构两个核心概念,一个是功能关系,一个是守恒概念.学生需要通过功与动能定理一节对功能关系有深入了解;接着通过机械能守恒一课,对守恒概念有一个模糊的认识,笔者在这堂课上曾将机械能比作水流,研究对象的系统比作水池,封闭的水池流动不会使得内部水的总量发生改变来类比系统内部能量相互转化而能量总量不变的守恒概念,并且笔者这堂课上将动能定理与机械能守恒进行对比,让学生发现虽然二者只是数学上的移项,但是代表的物理意义却改变了:前者强调功能关系,后者强调能量与能量间的相互转化并保持不变,这里就实现了从

功能关系到能量观念的雏形的过渡;最后通过能量守恒这堂课的总结与深化,将全章的内容串在一起形成一条完整的脉络,结合两个核心概念,学生就能认识到自然界中能量是不会凭空产生或消失的,有减少的能量就会有等量增加的能量,学生就能自发地建立能量观念.

(2) 培养学生包括分析综合、推理论证、模型建构等科学思维,这也是建立物理观念的序参量,所以需要得到重视.

(3) 创设情境、设置问题、制造认知冲突,提供开放的课堂环境,引起学生思维与认知上的涨落,并通过非线性作用放大,使得系统从非平衡态走向平衡态,让学生“自组织”地建立物理观念.

4 结论

本文从协同学的视角,以能量观念的建立过程为支撑,提出了有利于科学建立物理观念的两个观点:(1) 将物理核心概念与科学思维两个序参量相结合使其产生“ $1+1>2$ ”的效果;(2) 利用开放的、非平衡的、有非线性作用、存在涨落的认知系统使得学生自组织地建立物理观念.

本文的创新之处有:(1) 将协同学这门横断学科引入物理观念建立过程;(2) 提出了物理观念的3种特性;(3) 通过“帆船模型”理解物理核心概念与科学思维这两个在物理观念建立过程中存在的序参量.

如今物理核心素养仍需要深度的挖掘,协同学或许能从一个新的维度和视角去理解核心素养的内涵.随着教学改革的深入,学生在物理课堂上的主体性越来越重要,而协同学作为一门以自组织理论为基础的横断学科,对发挥学生的主观能动性具有极大的启发价值,将其运用于物理教学与研究将会有显著的收获.

参考文献

- 1 郎和. 中学物理课堂学习系统中协同思想的渗透. 教学与管理, 2008
- 2 苗东升. 协同学的辩证思想. 中国人民大学学报, 1990(3):49
- 3 邢红军, 林崇德. 论教学过程的自组织转变理论. 课程·教材·教法, 2006, 26(11):31
- 4 杨晓彤. 基于核心素养导向下的物理概念教学. 中学理科园地, 13(74):14