



老虎物理系列文章

什么是 ETA 物理学习法

——基于物理认知规律的大学物理学习困难现象分析与应对策略

穆良柱

(北京大学物理学院, 北京 100871)

摘要 大学物理学习对很多学生来说是一个巨大挑战,严重的还会引发其心理问题。本文从物理认知规律角度分析这种现象产生的原因,并由此提出 ETA 物理学习法,即针对于学习困难,可操作的改善学习的应对策略。

关键词 大学物理;学习困难;ETA 物理认知模型;物理认知规律;物理方法;物理精神

THE ETA PHYSICS LEARNING METHOD: THE ANALYSIS AND SOLUTION OF PHYSICS LEARNING PROBLEMS FOR UNDERGRADUATE STUDENTS BASED ON THE PHYSICAL COGNITION THEORY

MU Liangzhu

(School of Physics, Peking University, Beijing 100871)

Abstract Physics learning is a big challenge for most undergraduate students. Some students may get serious psychological problems. In this paper we try to find the reason of physics learning problems in the cognitive view, and introduce the ETA Physics Learning Method as a solution. That is to say, ETA Physics Learning Method is an operationalised coping strategy used to improve learning, especially for students who have learning problems in physics.

Key words university physics; physics learning problems; ETA physical cognition model; physical cognition principle; physical methods; spirits of physicists

大学物理学习对很多学生来说是一个巨大的挑战,在从中学学习过渡到大学学习的过程中尤其明显^[1],少部分学生还会出现不及格、学业警告等严重情况,极少数学生甚至出现焦虑、压抑等心理问题,这是高校中普遍存在的现象。本文将聚焦这个切实存在的问题,尝试描述清楚这一现象,总结学生自己的反思,基于 ETA 物理认知模型^[2]对其进行分析,并提出 ETA 物理学习法,即针对于学习困难,可操作的改善学习的应对策略。希望这些策略能有效帮助学生克服学习上的障碍,使其建

立学习上的自信,进而享受大学物理学习的快乐。

需要说明的是,本文是基于笔者所在学校学生的研究,可能有一定局限性,希望研究结果能具有一定参考意义。此外,下文中的物理认知、科学认知等术语均指向于 ETA 物理认知。

1 学习困难现象描述

大一新生刚进入学校时,学习和思考模式还停留在高中阶段,面对大学物理课程内容多、数学

收稿日期: 2021-12-18; 修回日期: 2022-01-16

作者简介: 穆良柱,男,北京大学物理学院教学教授,主要从事普物教学、物理认知研究等工作, muliangzhu@pku.edu.cn。

引文格式: 穆良柱. 什么是 ETA 物理学习法——基于物理认知规律的大学物理学习困难现象分析与应对策略[J]. 物理与工程, 2022, 32(5): 5-10, 14.

Cite this article: MU L Z. The ETA physics learning method: The analysis and solution of physics learning problems for undergraduate students based on the physical cognition theory[J]. Physics and Engineering, 2022, 32(5): 5-10, 14. (in Chinese)

要求高的现实,很多学生出现了学习上的不适应,一个典型的学习困难演化进程可以作如下的描述。

(1) 听课。通常,问题会首先出现在听课上。听不懂课程,跟不上节奏,不知道重点。开始还可以,慢慢就学不会了。学期初感觉还不错,学期末感觉就不好了。

(2) 自学复习。之后就体现在自学复习上。自学学不懂,思考慢,效率低,不能系统理解知识。脑子里只有高中内容,学不会、记不住大学内容。不知道要学到什么程度,不知道还有其他学习资源,无法说清楚自己学过什么。

(3) 作业和考试。接着作业出现问题。感觉老师上课讲的内容和作业不一样。做题慢,作业不能及时完成。

然后时间管理出现问题。一门课程要花很多时间,其他课程没有时间学了。

考试开始出现问题。简单题做错,细节不会,难题不会做;感觉老师上课讲的内容和考试不一样。

(4) 学习状态。学习状态变得异常。注意力不集中,容易做其他事,如打游戏、睡觉。慢慢感觉对学习失去兴趣,无力感;沉迷游戏,旷课。

(5) 学业和心理问题。学业出现明显问题。课程不及格、缓考、旷考,不及格学分过多,被学业警告。

更加严重的会伴随出现心理问题。典型的现象是失去自信,心理上出现两种极端。一种是压抑。不好意思问同学问题,怕给老师、同学添麻烦,躲在宿舍不愿见人,感觉人生无意义,走到极端变成抑郁症。另一种是焦虑。感觉没法和同学竞争,烦躁,情绪崩溃,出现伤害自己和他人、损毁物品的冲动,走到极端变成躁狂症。有时两种心理都有,出现双相情感障碍。

2 学生自我反省原因

对于这样的现象,通常学生大都会有自己的反省,试图寻找解决问题的办法。但学生往往认知上有局限,找不到有效的原因和办法。我们先试着分析一下学生常见的反省和思考。

智商不够。学生比较容易得出这个结论,特别是在和优秀同学比较时就更容易这么想。例如

高考生和物理竞赛生比较时,就觉得竞赛生都是“大神”,只能“膜”。但学生归结出这个原因之后,对其学习却没有任何帮助,因为它不是有效的原因,而且容易使自己产生消极情绪。在这样的认知下,其解决的办法应该是提高智商。可智商似乎是由基因决定的,是天生的,个人无法采取任何有效的办法改变现状,这只能让其更加绝望。

学得不够。有些学生会觉得学得不好是因为时间不够用,学习程度不够。他们经常的说辞是给我足够的时间,我应该能学好。这个原因在一定程度上是合理的,因为按照这个逻辑,投入更多的时间应该能改善学习状况。实际上,确实有学生减少休息和娱乐的时间,全力投入学习后,最后改善了学业状况。但这里的问题是,具体要投入多少时间呢?如果过多占用了休息时间,影响了健康,这就是不可持续的。还有,各门课都需要时间,总的时间又是有限的,如果一门课占用时间过多,分配给其他课程的时间就不得不减少,最终的结果依然是无法完成学习任务。

做题不够。这是学生在考试中遇到不会做的题时最喜欢给出的理由。但问题是做多少题才够呢?这种逻辑暗含的意思是,最好刷过原题,考试时就能照搬了,但怎样才能刷到老师要考的题目呢?其实这是不可证伪的命题,是应试思维形成的惯性。中学时学生就被灌输“好好做题就能考上好学校”。如果考上了,当然觉得这是做题的功劳,如果没考上,只能怪自己做题不够。灌输这种思想的人永远正确,因为这样就不用承担任何失败的责任。这种思想对改善学业的作用是随机的,意义不大,而且做更多的题意味着花更多的时间,对学业困难的学生来说实际上是不可能做到的。

不适合学物理。在经历了多次尝试,不能摆脱学习困境之后,学生往往会绝望地得出这个结论,同时也给自己学得不好找到了理由。然后会想,也许换个专业就好了。确实,有学生转了专业后学习成绩真的变好了,例如有物理专业的学生转去学英语,成了英语系第一名。尽管这个“不适合学……”的理由同样是没解决真正的问题,对改善学习没有帮助,但确是一个合理规避困难的好方法。

可以发现,学生自我反省找到的原因往往不可证伪,而且都是片面的碎片化认识,无法有效解决自己的问题。实际上学生如果能找到真正的原因,也就不会出现学业问题了。

3 基于认知规律分析

那么学生出现学业问题的真正原因是什么呢?我们可以从 ETA 物理认知模型^[2]出发分别审视这些学生的思维特征和大学物理课程的特点,然后用 ETA 模型详细解释学习困难的各种现象。

3.1 ETA 物理认知模型

这个物理认知模型将物理认知规律总结为实验物理认知(Experimental Physics)、理论物理认知(Theoretical Physics)、应用物理认知(Applying Physics)三个模式,每个模式都有其认知目标和具体的认知步骤,简称 ETA 物理认知模型。(为了简化,下文各物理认知省略物理二字)其中,实验认知、理论认知是为了探索未知,对应于基础科学研究的过程;应用认知则对应于技术应用研究的过程。ETA 认知模型给出了如何思考的导航图(见图 1)。它所对应的每一步认知都需要相应的如何做事的方法,也就是物理方法^[3]。为了完成物理认知,对认知者有如何做人的要求,也就是物理精神^[4]。我们分析学生学业问题的理论基础就是物理认知模型、物理方法、物理精神。

3.2 中学思维特征

我们从认知角度分析这些学生的思维特征。学生在中学是如何学习的呢?一般情况下是教师上课讲解原理、公式,之后讲例题,再让学生做习题、刷题,反复多次后学生熟练掌握知识。学生在这种模式下形成的是应用认知模式,就是快速记住理论,然后拿来灵活应用。应用认知模式下,学生会被训练出相应的做人做事方法。做事的方法主要是靠逻辑推导,觉得什么都能推导出来,尤其是中学题目都是人为设计出来的,都有解,所以学生更加强了这种印象。做人的方面倾向于严谨、完美,不允许自己犯错,特别是高考题目相对简单,做错了就考不上好学校,所以有些学生对自己近乎苛刻,甚至犯了错也会刻意隐藏,不让别人发现。

3.3 大学课程特点

这里以大学物理课为例,从认知角度看大学课程的特点。大学物理课程内容多,用到的大学数学也较多。尽管教师有各种风格、各种侧重,但基本上来说其教学内容都可以分为实验认知内容、理论认知内容和应用认知内容。这些内容都是围绕着研究对象构建的,具体可以参照图 1 分析,反映了物理学家的认知历程。学生在学习这

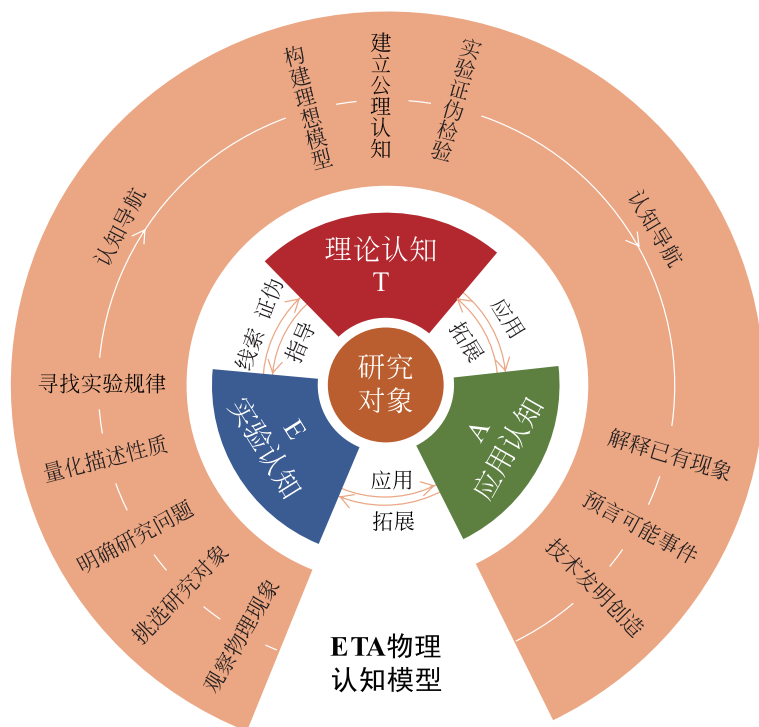


图 1 ETA 物理认知模型由 11 个具体步骤构成,可以划分为实验物理认知、理论物理认知、应用物理认知三个认知阶段。

实验物理认知和理论物理认知对应的是科学探索,应用物理认知则对应技术应用^[5]。

些内容时,实验认知部分一般比较直观且较简单,需要记忆。理论认知部分需要理性推导,尤其是对数理逻辑结构要非常熟悉,再加上要运用大学微积分等不熟悉的数学知识,所以学生感觉较难。应用认知部分主要依赖推导,但前提是要对实验认知部分和理论认知部分比较熟悉。一般来说,教师为了讲得比较有系统,通常偏重于应用认知模式,喜欢从公理出发推导出所有的知识点,包括对实验的解释、应用的举例等。没有经验的教师可能时常游走于实验认知、理论认知、应用认知之间,来回跳跃,呈现出知识传输的碎片化倾向。

3.4 困难现象分析

下文将用ETA物理认知模型详细解释学生学习困难的各种现象。

(1) 听课。学生听不懂课程主要是因为大学物理内容丰富,需要通过完整的实验、理论、应用三种认知模式来理解。但是学生在学习中却还在使用中学阶段的应用认知模式,根本不知道自己该做什么,加上大学数学这个拦路虎,所以常常觉得“雾里”“无理”。例如实验认知的部分是需要记住的,但学生常常觉得应该推导出来,可问题是理论还没学会呢,谈何推导。理论认知部分注重的是构建理论的过程,常常用到不太严谨的逻辑过程,例如类比、猜想、简单归纳,学生却觉得不严谨,无法理解。如果教师讲课注重知识的系统性,偏重于采用应用认知模式讲课,学生就会相对较适应,通常会给予这样的教师好评。这种情况下,由于对大学数学知识不熟练,且对物理概念缺乏实验认知的构建过程,又只会按照应用认知模式进行线性的推导思考,学生便常常卡在一个不理解的点上,跟不上节奏。如果教师无法系统化讲解,而是在三种认知模式间跳来跳去,学生就会更加挫败和无助。

(2) 自学复习。学生自学时同样由于只采取应用认知模式,总想着像中学一样把什么都推导出来,结果却发现无从下手。学生搞不清楚大学物理的概念、理论是从哪里来的,用自己高中的知识又推导不出来,因此就学不会、记不住,脑子里只有高中的知识。线性推导的思考过程进行不下去,效率就低了,也无法形成系统,学习失去了方向,学生不知道自己要学到什么程度,更讲不清楚自己学了什么。

(3) 作业和考试。而作业出现问题就更加正常了。由于实验认知、理论认知不熟悉,这样就失

去了做应用认知的基础,学生甚至根本不理解题目在说什么,找不到题目和上课内容的内在联系。

由于中学思维的惯性,学生仍然相信靠自己的“独立思考”能把这些内容学懂,所以会花大量的时间推导一个公式,完成一道题。结果就是时间根本不够用,任务无法及时完成,时间管理完全乱套。

这时为了赶时间,学习开始浮躁,听课、看书、做题都停留在了表面上能看懂、细节不理解、推不出来的情况。由于基本功不够,考试时遇上简单的题也会做错,难题更加不会做,甚至觉得考试和上课根本不是一回事。这时学生更加坚信是自己题目做得不够多,但实际上是根本没有更多的时间去做题。

(4) 学习状态。学习上出了问题,学生首先想到的是自己的问题,可能自己智商不够,不够努力,题目做得不够多,那么解决的办法是笨鸟先飞,应该更加努力地学习。但是根本学不懂,这时又不想让别人觉得自己很“菜”,不好意思问同学、助教、老师,只能勉强自己学习,长期的逼迫压抑,思维开始停滞。大脑为了保护自己,避免受到进一步伤害,就开始注意力不集中,容易转移到其他事情上——打游戏,睡觉,至少不会过度伤害大脑。面对根本不可能完成的学习任务,无力感、无助感就出现了,开始旷课、沉迷游戏,至少在其他事情里不会那么无助、痛苦。时间久了,兴趣就转移了。有的学生经受打击之后,怀疑自己其实并不适合学物理,趁早转系去学一个自己能学明白的专业,尽管这样做没有找到解决学习问题的根本方法,但确是一个有效合理规避问题的好办法。

(5) 学业和心理问题。如果没有找到有效解决问题的方法,那么在这种学习状态下,挂科、缓考、旷考就是必然的了,积累下来,就是学业警告、试读、退学。

在心理上带来的最大冲击就是失去自信,尤其是看到身边有人比自己优秀,学习看起来很轻松的时候。由于中学一般成绩都还不错,否则也不能考上好大学,这时的心理落差就更大,无法接受自己的不完美。由于大学成绩一般,也不再有人关注夸奖自己,而自己又找不到改善的办法,这时情绪会向两个极端发展。一种是压抑,感觉自己太差了,人生没有意义,躲在宿舍不见别人,逐渐把自己封闭起来,长期压抑的结果造成身体多巴胺分泌异常,形成了事实上的身体伤害。一种

是焦虑,烦躁,情绪崩溃,出现伤害自己和他人、损坏物品等行为,长期积累的效果也会导致身体的损伤,比较常见的如肝功能异常。甚至有人两种情绪都有,出现双相情感障碍。

需要注意的是其他的原因,如情感、家庭、社会、生存压力等,也能造成类似的心理伤害,学业问题仅仅是其中的一种。只是由于在高校里,学业问题是学生面临的主要压力来源,所以学业问题成为心理问题的一个主要诱因。

4 综合设计应对策略——ETA 物理学习法

分析清楚了学习困难背后的原因,相应的解决办法也就可以找到了。首先要解决怎么学的问题,再解决怎么学好的问题。

4.1 怎么学

其实就是按照认知规律学习,也就是将 ETA 物理认知模型作为思考的模式,按照这个模型的导航,收集整理相应每个步骤需要的知识。整个知识体系串起来就是一个围绕研究对象展开的思维导图。其中实验认知部分需要记忆,理论认知部分需要推导,应用认知部分则在理解实验认知、理论认知的基础上再做推导。一定要明白的是,物理也是需要记忆的,不是只有公式推导。在这个过程中,还要理解这些认知是怎样构建起来的,需要用到哪些物理方法。更加重要的是要学会物理学家做人的方法,尤其是在实验认知、理论认知的探索模式中需要的积极乐观精神,具体来说就是不怕失败、勇于探索、包容开放、小目标等精神。

但这是理想情况,实际情况是有很多约束的。例如学生学习时间有限,学习效率相对较低,不知道学到什么程度。这时怎么办呢?这就涉及学习内容选择、学习方式的设置、学习程度的检验。

学习内容选择。这取决于多种因素,对学习困难的学生来说,学习内容越少越好。在教师水平尚可的情况下,学生可以将学习内容限定在教师上课讲的内容和布置的作业题上。这样选择,一定程度上是为了满足考试的最低要求,通常教师为了鼓励学生认真学习,有部分考试内容是直接和上课内容、作业题相关的。即使看起来很难的题目也可以通过逻辑分析和课堂内容、作业题关联起来。如果教师教学水平不足,则可以找

一本最薄的教材或者最简单的网络课程作为学习内容。这里学生有个误区,总觉得学得越多越好,这是受应试思维影响了。应试条件下,学生追求的是不能错,所以要记住所有要求掌握的知识,考试时才有可能不错。但在学习都困难的条件下,应该采用实验认知、理论认知的探索认知模式,采取积极乐观的态度,先立足于最低要求,学懂一点总比学不会强。千万不要给自己树立一个高不可及的目标,否则执行时会不断受到打击,心理上就崩溃了。应该设定触手可及的小目标,一点点前进,不断形成正反馈,有了成就感,自信才会建立起来。选定学习这些内容后,就可以按照 ETA 模型导航,将学习内容分为实验认知、理论认知、应用认知,该记忆的记住,该推导的理清楚逻辑。即使学习内容不完整,有些地方逻辑不会推导,也没关系,至少将该学的内容先记住再说。真的完成了最低要求,如果还有时间精力,则可以继续按照 ETA 模型导航,探索完整系统的认识。

学习方式的设置。前面分析过,学生受中学应试训练的影响,加上中学题目总是可解的,总觉得什么都是可以推导出来的,所以他们在上大学物理内容时,也希望什么都可以自己推导出来。然而在实际执行时,他们就会发现一方面根本不会推导,另一方面也没有足够时间。所以在学习方式上也要做出新的设置。同样采取积极乐观态度,首先立足于“学”,再进步到“思”,也就是要处理好“学”和“思”的关系。显然模仿学习的难度要比“独立思考”的难度要低,所以在完成学习任务时,应该把绝大部分的内容都用“学”的方式来完成。也就是在遇到困难的地方,或者直接去看任课教师的相关讲解,或者翻阅教材的相关部分,或者网上查找相关内容(由于疫情的缘故,绝大部分课程现在都有网上慕课),更直接的是问同学、助教、教师,包括不会做的作业题,可以直接看答案。但也要注意,应该留一点点内容,例如四道作业题中留一道题目,甚至只留一个题目中的一小问,通过“思”的方式来学习,也就是给自己留一点点挑战的小任务,用来锻炼思维、提高能力。对于学习状态好的学生,留给自己的挑战任务可以难一点、多一点,但对于学习状态不好的学生,这种挑战刚开始的时候越少越好,甚至可以没有。这个过程可以形象地类比为,先爬上巨人的肩膀,然后再往上跳一跳。而什么都自己推导的思路,就相当于幻想自己短时间内可以成长为巨人,显然不切实

际。实际上,真实的科研过程也是这个思路,先做文献阅读,了解和学会最前沿认知,再往前进步一点点,就可以领先了。

学习程度的检验。本来系统的检验方式应该是按照 ETA 模型导航,看每一步的认知目标是否完成。但在实际执行中,学习困难的学生往往缺乏经验。这时可以用一个模糊但有效的判据,即在不看书和答案的情况下,看是否能给别人讲清楚,或者,能否在一张白纸上把相关的内容都顺畅地写清楚。这种方式之所以有效,是因为他人和自己的认知规律本质上是一样的,给别人或者自己讲解的过程就相当于做实验检验,不符合认知规律的理解通过实验就被证伪了,这样就能发现哪部分认知有缺陷。需要注意的是,因为学习方式主要是学,学是顺着别人的思路走,看起来很顺畅,有时候就会想当然,总会忽略一些细节,所以检验的时候经常容易卡住。这时不要受应试思维的影响,认为这是智商低的表现,相反应该觉得高兴,因为检验环节的设置本来就是为了帮助发现哪些内容还没有掌握,此时应该继续学习巨人的想法,爬上巨人肩膀就好了。实际上人类对未知对象的认知能力是非常有限的,过程也非常漫长,例如克劳修斯建立熵的概念用了 15 年时间,而我们在课堂上大约 2 个小时就讲完了。所以学习新知识遇到困难是再正常不过的事,相反,中学这种什么都能推导出来的状态才是不正常的。

4.2 怎么学好

以上解决的是怎么学的问题,懂了这些是不是就能考好了呢? 不一定的。因为考试好还有一些细节上的要求,这时要解决如何学好的问题。首先要保证对学习内容足够熟悉,熟能生巧,考试时才可能把难题做出来。其次还要保证时间精力的持续投入,打持久战,完成从量变到质变的飞跃。最后还要设置好学习环境,保证大脑的学习状态。

重复记忆,熟能生巧。为了对内容足够熟悉,其实就是要重复加强记忆。一个有效的办法就是每天都学习这门功课。每天重复,当然就会记忆深刻。在中学,这种重复的过程是靠做题完成的;在大学,这个环节几乎没有了,教师上课甚至不讲例题,所以需要学生自己在学习日程上安排这个环节。最忌讳的就是突击学习一下,然后又好多天不学,本来学得就不牢固,很快又遗忘了。

但学生不是只学一门课程,通常学生每个学期会有 5~7 门课程,这些课程都要每天学习吗? 时间够吗? 显然每门课程都需要每天学习。有人可能会认为这不可能,因为学一门都很费劲,怎么可能每门功课每天都学,时间根本不够。其实真的执行下来就知道,由于主要采取“学”的方式,所以完成学习任务的时间会大幅缩短。当天学新内容需要的时间会多一点,但第二天复习的时候,这个时间就会缩短,第三天再复习的时候,时间会更短,往往十多分钟就可以完成。这样就有充足的时间,每天复盘,不断加强记忆。一般的经验是,每天听课、自学、做作业、复盘的时间在 8~10 个小时就足够了,能坚持一个学期就会有明显效果,能坚持两年就非常优秀了。

持续投入,打持久战。显然这种学习过程是持久战的过程,而这时就需要时间和精力持续投入。为了保证精力充沛,最重要的是要睡眠好,然后是营养和锻炼。这就要求养成固定的作息习惯,按时睡觉,按时吃饭,保证营养(可以学习一点儿营养学的基本知识),坚持每天锻炼(需要学习一点儿锻炼的常识,剧烈运动不适合每天进行,柔和一些的有氧运动可以每天都有)。学习日程安排上最好也是固定时间做固定的学习。其实就是让身体和大脑养成习惯,形成惯性,容易持久。

优化环境,保证状态。最后需要注意的是学习环境的设置。通常较好的环境是图书馆、自习教室,这些地方的环境设置就是适合学习的,而且周围都是努力学习的同学,自己也不好意思不学。显然宿舍不是一个好环境,宿舍本来的设置就是为了睡觉休息,在宿舍学习很可能一会儿就躺下睡了。

5 结语

本文主要聚焦的是学生大学物理学习困难的现实问题,描述了典型的学习困难发展进程,讨论了学生的自我反省,分析了学业困难现象背后的原因。分析的理论依据是 ETA 物理认知,即 ETA 物理认知模型、物理方法、物理精神。本文所提出的 ETA 物理学习法,即应对学习困难的有效策略,主要解决了如何学和如何学好这两个问题。

(下转第 14 页)

在热力学中,结合能可以作为热量释放出来,热力学零点内能差可以理解成一种结合能,当然也可以通过热量释放出来。本文为零点能提供了全新的理解:零点热包含了量子力学零点能差。这一理解为在化学反应中观测零点能及其相关效应提供了新的思路。

本文仅仅是一个理论框架,并没有结合具体物质计算出来一个具体的反应过程的零点热,这一点,将在今后进行。

致谢:感谢华盛顿大学的钱纭教授的指点和讨论。

参 考 文 献

- [1] LAMOREAUX S K. Demonstration of the casimir force in the 0.6 to $6\mu\text{m}$ range [J]. Phys. Rev. Lett. 1997, 78(1): 5-8.
- [2] HAO P, FANG Y, SUN J W, et al. Lattice constants from semilocal density functionals with zero-point phonon correc-

tion[J]. Phys. Rev. B, 2012, 85: 099903.

- [3] YANG Y, YOSHIYUKI K. Characterization of zero-point vibration in one-component crystals [J]. EPL 2012, 98: 66007.
- [4] SHEEHANA D P. Casimir chemistry[J]. J. Chem. Phys. 2009, 131: 104706.
- [5] PÉREZ T R, AOIZ F J, SULEIMANOV Y V, et al. Chemical reaction rates from ring polymer molecular dynamics: Zero point energy conservation in $\text{Mu} + \text{H}_2 \rightarrow \text{MuH} + \text{H}$ [J]. J. Phys. Chem. Lett. 2012, 3: 493-497.
- [6] BENZINGER T H. Thermodynamics, chemical reactions and molecular biology[J]. Nature, 1971, 229(5280)100.
- [7] OSPELKAUS S, NI K K, WANG D, et al. Quantum-state controlled chemical reactions of ultracold KRB molecules. Science. 2010, 327(5967) 853-857.
- [8] 王竹溪. 热力学[M]. 北京:高等教育出版社, 1955.
- [9] CALLEN H B. Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics[M]. 2nd ed. Singapore: John Wiley, 1985.

(上接第 10 页)

如何学的策略其实就是要突破中学应用认知教育带来的局限,也就是应用认知模型以及相对应的做人做事方面的局限,学会全面系统的 ETA 物理认知模型、物理方法、物理精神,其本质就是学会科学认知能力,即如何思考、如何做事、如何做人。从整个分析中,我们可以看到这三个方面是一个整体,通常情况下如何思考决定了如何做事、如何做人。完整的认知能力才能有效解决学生面临的问题。

如何学好的策略其实就是学习习惯的养成,解决的是熟练程度和持久学习的问题。习惯的养成在开始的时候总是不太习惯,需要一个适应期,坚持一个月左右就基本形成新的习惯了。其实就是身体和大脑都适应了。

如果能将这套策略坚持下来,熟能生巧,学习效率就会提高,就可以节省出时间去探索更多有意义的问题。完整的认知能力培养,特别是探索能力的增强可以为个人发展寻求更多方向和空间,就可以有效解决内卷带来的心理问题。希望本文的研究对学习有困难的学生能够起到一些帮

助作用。

参 考 文 献

- [1] 李学潜. 如何帮助物理系学生迈过从高三到大一这个坎 [J]. 物理与工程, 2019, 29(1): 88-92.
- LI X Q. Helping freshmen of physics departments to step cross the threshold from high school to university[J]. Physics and Engineering, 2019, 29(1): 88-92. (in Chinese)
- [2] 穆良柱. 什么是 ETA 物理认知模型 [J]. 物理与工程, 2020, 30(1): 29-33.
- MU L Z. What is ETA physical cognition model[J]. Physics and Engineering, 2020, 30(1): 29-33. (in Chinese)
- [3] 穆良柱. 什么是物理方法 [J]. 大学物理, 2018, 37(2): 18-21.
- MU L Z. Methods of physical cognition[J]. College Physics, 2018, 37(2): 18-21. (in Chinese)
- [4] 穆良柱. 什么是物理精神 [J]. 大学物理, 2018, 37(3): 26-28.
- MU L Z. What are the spirits of physicists[J]. College Physics, 2018, 37(3): 26-28. (in Chinese)
- [5] 穆良柱. 物理课程思政教育的核心是科学认知能力培养 [J]. 物理与工程, 2021, 31(2): 9-15.
- MU L Z. The key point of cultural education in physics teaching is the training of scientific cognition[J]. Physics and Engineering, 2021, 31(2): 9-15. (in Chinese)