

聚焦必备特征:科技创新后备人才培养的路径选择

胡卫平

【摘要】科技创新后备人才的培养是一个复杂而系统的工程,需要科学的理论支撑和对人才成长规律的准确把握。依据科技创新后备人才应具备的知识、动机、思维和人格等方面的关键心理特征,提出可操作性的培养路径:加深理解,注重综合,进阶设计,注重探究实践,重视深度思维,奠定精深与广博的知识基础;保护好好奇心,重视兴趣、责任感和使命感的培养,形成强烈的内部动机与成就动机;掌握思维方法,训练思维品质,发展基本思维和高阶思维能力;创设支持鼓励的氛围,整合认知与非认知因素,培养创造性的人格特质。

【关键词】科技创新;后备人才培养;创新人才;科学思维

【作者简介】胡卫平,陕西师范大学现代教学技术教育部重点实验室主任,教授,博士生导师(陕西 西安 710062)。

【原文出处】《中国教育学刊》(京),2022.10.7~11

【基金项目】本文系中国科协青少年科技中心重大研究项目“2021年科技创新后备人才成长规律研究报告”(项目编号:20212Y2P228)研究成果。

科技创新后备人才的培养是一个复杂而系统的工程,需要科学的理论支撑和对人才成长规律的准确把握。既需要从国家层面上加强顶层设计、制定法律法规,也需要从社会层面上营造良好氛围、探索机制体制,还需要从工作层面上聚焦必备品格、遵循发展规律。20多年来,我们在系统总结相关研究与实践成果的基础上,利用心理行为、教育实验、脑科学等多模态方法,建立了包含知识、动机、思维和人格四个维度的科技创新后备人才必备特征模型。本文将围绕科技创新后备人才在上述四个维度应具备的关键心理特征提出可操作性的培养路径。

一、奠定精深与广博的知识基础

科技创新活动是开拓人类科技认知新领域、开创人类科技认识新成果的创造性活动,主要包括两方面的内容:一是重新安排、组合已有的科学知识,创造出新的知识和形象;二是突破已有的科学知识,提出崭新的科学见解、设想、思路、观点等^{[1]128-129}。知识是创新的基石。主体对知识经验或思维材料进行深度理解和高度概况后,集中而系统地迁移,并进行新颖的组合分析,找出新异的层次和交接点,提出新颖和有价值的观点,就实现了创新。广泛

的、大量的知识储备是创新的基础,灵活的、联结紧密的知识结构或语义结构是创新产生的加速器,有利于提高创新的效率。科技创新后备人才的知识特征主要体现在精深和广博两个方面:一是对科学知识有深度的理解,掌握学科和跨学科的思想方法,并善于用这些知识和方法解决真实情境中的复杂问题;二是具有较广博的知识基础和合理的知识结构。科技创新后备人才需要对科技知识有深度的理解,掌握科学研究的基本方法,有足够的科学表象,广泛涉猎多学科和跨学科知识,并建立之间的相互联系,形成合理的知识组块或者知识结构,积累各种各样的研究经验,并对某一问题有长期的研究和深入的思考。

聚焦核心概念,精选课程内容,既是国际科学教育改革的趋势,也是我国科学课程改革的理念。核心概念包括学科核心概念和跨学科概念。学科核心概念是指居于学科中心,能够展示学科图景、反映学科思想和学科结构的基本概念、规律和原理,具有应用面广、迁移性强和进阶形成的特点。这些核心概念具有广阔的解释空间,为人们提供了深入理解学科的视角。跨学科概念是从不同学科领域抽象概括出来的共同的、重要的概念,联系不

同学科领域,关联多个学科核心概念。它们超越学科界限,在阐述现象、创造理论等过程中发挥着重要的作用。在基础教育阶段,学生需要理解物质与能量、结构与功能、系统与模型、稳定与变化等跨学科概念。科技创新后备人才不仅要深入理解学科核心概念,还能掌握跨学科概念,善于从跨学科的视角,综合运用学科和跨学科的方法解决问题。

基于知识特征,在培养过程中,需要做到如下两点。第一,加深理解,注重综合。围绕科技创新后备人才所具有的知识结构,突出知识在真实情境中的应用,加强知识学习与现实生活、社会实践之间的联系,实现学生对知识的深度理解、有效建构和灵活应用;加强科学课程的综合性,关注知识间的内在关联,促进知识的结构化,改变碎片化、割裂式的教学倾向,聚焦学科核心概念和跨学科概念组织教学内容,实施跨学科和跨领域的学习;避免过度的超前学习,调整竞赛活动的内容要求;紧跟科学研究重大进展和科技革命未来趋势,及时充实中小学科学课程内容。第二,统筹规划,进阶设计。统筹不同学段,统筹校内和校外,统筹课程与教学,统筹科学教育与工程教育,统筹国家课程与校本课程,研制下一代 K-12 的包括科学教育与工程教育的科学课程标准,用统一的科学课程标准取代分科课程标准,保证 K-12 的课程理念、教学思想的一致性,课程目标、课程内容的进阶性,以及幼儿园、小学、初中、高中、大学的连贯性。

二、形成强烈的内部动机与成就动机

作为推动个体产生某种行为的动力因素,动机可以分为内部动机和外部动机。内部动机指向活动本身,外部动机指向活动的结果或者活动所带来的表扬、奖品、奖金、荣誉等外在因素。已有研究表明:内部动机能够促进创造性,外部动机会抑制创造性^[2]。内部动机显著提高了创造性科学问题提出能力。外部动机对于创造性科学问题提出能力的影响程度取决于期待评价的性质类型。期待正性评价的外部动机对提出创造性科学问题的表现没有影响,但避免负性评价的外部动机则对其有显著的抑制作用^[3]。可见,内部动机是科技创新后备人才所具备的最重要的动机特征。

内部动机主要包括好奇心和探究兴趣。好奇心作为人类的本能,是对探索新事物、挑战不确定事件的强烈渴望,是人类进行探索性和创造性活动时需要具备的重要心理特征。好奇心是人类探求

新知识、自身学习和发展的内部动力,当学习者意识到周围环境中的许多事物都是新奇的,很多都出乎他们的预期,就表现出想要观察、探索、询问、操作或摆弄这些事物的愿望。好奇心是科技创新后备人才的重要特征,几乎所有围绕着创造(包括创造力、创造性思维、创造技法、创造者的个性品质等)进行研究的学者都将好奇心作为创造的基本动力,也将好奇心(以及与此有关的特征,如喜欢复杂事物、容忍混乱等)作为高创造力个体重要的个性品质。

探究兴趣是指人们力求认识、探究自然界奥秘或从事科学活动的心理倾向,总是伴随着良好的情感体验。当一个人对科学和探究发生了兴趣,就会积极、主动地投入科学学习和探究活动中,大胆探索、废寝忘食、克服困难、力求成功,并得到很大的满足。所以,探究兴趣是推动学生进行科学探究和学习的一种最实际的内在动力。许多科学家取得伟大成就的原因之一,就是具有浓厚而稳定的兴趣和强烈的求知欲。

科学探究兴趣是在一定的科学探究需要的基础上,在科学学习过程中形成与发展起来的。第一,科学探究兴趣的产生与主体的科学探究需要有关。当主体对学习某一科学知识产生需要的时候,其就会对与之有关的科学现象和客观事物优先注意,发生兴趣。第二,科学探究兴趣的产生还取决于探究对象与个体特点之间的关系。如某些探究对象具有一些与个体的先天素质、情绪情感、知识水平相适应的特点,就比较容易吸引人的注意,产生兴趣。第三,科学探究活动是科学探究兴趣产生的源泉。人们在一开始学习科学时,虽然能对丰富多彩的科学现象感到好奇,但一旦接触到抽象难懂的科学知识,这一兴趣就会减弱。但随着科学探究的不断深入、对科学知识的逐步熟悉和深度理解,就能够体验到科学中所蕴含的美,从而产生深厚而稳定的兴趣。

科学探究兴趣一般分为四个层次:一是直觉兴趣,即对丰富多彩的科学现象的自发兴趣;二是操作兴趣,即通过亲手操作获取现象、观察过程的兴趣;三是因果兴趣,即对探究科学现象发生原因的兴

性兴趣的阶段。教师在教学中如果忽视了前两个层次,直接让学生产生理性兴趣是困难的,欲速则不达。一方面,忽略对事物的感性兴趣,兴趣的强度不但会受到削弱,而且可能反而使学生对科学丧失兴趣;另一方面,停留在直觉兴趣和操作兴趣阶段的学生对学习科学的兴趣,既不易持久,也不利于真正学好科学知识。所以,外在的感性兴趣有待于进一步深化,上升到内在的理性兴趣阶段。一般说来,对科学探究具有相当因果兴趣和理论兴趣的学生,较能持久性进行主动思维,具有科技创新的潜质。

成就动机是科技创新后备人才所具有的另一重要动机,指个体追求自认为重要的、有价值的工作,并使之达到完美状态的动机,即一种以高标准要求自己力求取得活动成功的动机。成就动机高的人具有远大的理想和抱负,正视所遇到的挫折和失败,表现出极大的韧性和毅力,拥有克服困难的坚强意志,学习和研究中更加勤奋努力、积极进取,具有强烈的使命感和责任感。这些特点都是科技创新后备人才必备的品质。

基于动机特征,在培养过程中,需要做到如下两点。第一,强化内部动机和成就动机的激励,并将其作为培养目标。不论是竞赛活动,还是培养活动,应弱化升学导向,强调兴趣导向,最大限度地保护学生的好奇心和求知欲,激发内部动机,降低外部动机,使学生在直觉兴趣和操作兴趣的基础上,形成因果兴趣和理论兴趣;要重视使命感和责任感的培养,使学生树立远大的理想和抱负,并与兴趣融合,产生致力于科学事业的志趣,形成持续追求创新的成就动机,勤奋学习、克服困难、积极进取。第二,破除“五唯”积弊,创设良好的科研环境。长期以来“唯分数、唯升学、唯文凭、唯论文、唯帽子”主导了各级各类学校的教育评价,强化了相关人员的外部动机,严重削弱了内部动机,对科技创新和科技创新后备人才的成长产生了极大的负面影响,建议加大破除“五唯”的力度,注重评价的激励作用,创设能够促进学生和科技工作者内部动机和成就动机提升的环境。

三、具有良好的基本思维和高阶思维

所谓科学思维,就是从科学的视角对客观事物的本质属性、内在规律及相互关系的认识方式。自然科学研究自然界物质的形态、结构、性质、运动规

律及物质间的相互作用。它以自然界、自然现象为研究对象,其目的在于提示自然界各种现象的本质,认识其运动规律,并遵循自然规律,利用和改造自然,为人类造福。自然科学的研究对象具有客观性,不依人的意志而转移,而我们要认识它们,就必须从科学的视角在头脑中形成对客观事物本质的、完整的、深刻的反映,就要对观察过的现象、事实、过程等在大脑中形成清晰的图景,并反复加工、合理改造、去粗取精,从感性认识上升到理性认识,此即科学思维。

科学思维是科学智力活动的核心。科学智力活动主要包括观察、记忆、思维、注意、想象等,在这些因素中,思维处于核心地位。学习和研究科学均离不开思维,不论是科学问题的提出、科学现象的观察、科学数据的搜集、科学模型的抽象、科学概念的形成、科学规律和科学理论的建立,还是应用科学理论解决实际问题,都离不开思维。因此,良好的思维是科技创新后备人才的必备特征。

科学思维的对象是一个多层次、多结构、多序列的完整网络,各种物质及其运动之间的相互关系、相互作用形成一个有机的整体。而我们从科学的视角对客观事物的反映和认识,总是一点一点地、一个方面一个方面地、一个层次一个层次地、一个角度一个角度地进行,并在积累了大量知识和经验的基础上,形成对客观事物的立体的、完整的认识。因此,我们在进行科学思维时,必须从不同的方面、不同的角度获得关于客观事物本质属性的外部表现的材料,并加工改造。根据思维水平的高低我们可以将科学思维分成基本思维和高阶思维。根据思维材料的不同,可将科学思维分为抽象思维和形象思维,直觉思维是抽象思维和形象思维的有机整合。

抽象思维是以概念为思维材料而进行的思维,包括分析与综合、抽象与概括、比较与分类,以及在此基础上形成的模型建构、推理论证等。模型建构体现在:以经验事实为基础,对客观事物进行抽象和概括,进而建构模型;运用模型分析、解释现象和数据,描述系统的结构、关系及其变化过程。推理论证体现在:基于证据与逻辑,运用分析与综合、比较与分类、归纳与演绎等方法,建立证据与解释之间的关系并提出合理见解。

形象思维是以表象为思维材料而进行的思维,

包括空间认知、联想和想象等。空间认知是指人们对客观生活或头脑中的空间图形(包括大小、形状、方位和距离等)在头脑中进行信息加工(包括识别、编码、储存、表征、分解、组合和推理)的过程,主要包括空间观察、空间记忆、空间想象和空间思维等因素。空间观察指发现空间图形的特征;空间记忆指能把观察到的空间特征回忆或在脑中重构出来的过程;空间想象指利用自己已有的空间图形知识和特征联想起其他一些空间图形或特征的过程;空间思维指对空间图形进行抽象概括的过程。联想是因一事物而想起与之有关事物的思维活动,主要包括相似联想、接近联想、对比联想、因果联想等。相似联想是由某一事物或现象想到与它相似的其他事物或现象,进而产生某种新的设想;接近联想是根据事物之间在空间或时间上的彼此接近进行联想,进而产生某种新设想的思维方式;对比联想指对于性质或特点相反的事物的联想;因果联想指对逻辑上有因果关系的事物产生的联想。想象是人脑对已有表象进行加工、改造而创造新形象的过程,是人类进行创新活动的重要思维形式。根据想象的内容可以分为时空想象、理想化形象想象、图景想象、图形想象等。时空想象是主体唤起头脑中原有的时空表象和对时空表象进行加工、改造,产生新的形象的过程;理想化形象想象是在具体表象的基础上,在主体头脑中对理想化形象的构想和推理;图景想象是唤起头脑中已有的图景表象并在此基础上独立构想新图景的想象;图形想象是以空间形象直感为基础的对图形表象的加工与改造,它是对几何图形的形象建构。

高阶思维的研究由来已久,有很多不同的定义,主要有三种视角:一是哲学视角,主要指有高阶思维能力的人所具备的特征^[4];二是心理学视角,主要反映的是高层次的认知过程,关心高阶思维的发生机制^[5];三是教育学视角,主要反映高认知过程的表现^[6]。人们普遍认为高阶思维包括批判性思维、创造性思维、问题解决、决策、元认知,我们通过理论分析和实证研究,得到了高阶思维的核心是批判性思维和创造性思维^[7]。

目前关于批判性思维的界定至少有三种:第一种认为批判性思维就是问题解决;第二种认为批判性思维重点在评价或判断;第三种认为批判性思维是问题解决和评价的结合。我们认为,批判性思维

是基于证据和逻辑而作出决策或者解决问题的思维能力和倾向或者思维习惯。批判性思维能力包括分析论点、主张或证据,用归纳推理或演绎推理进行推论、判断或评价,作决策或解决问题等;批判性思维倾向包括思维开放、思想公正、有寻求理性的倾向、好奇、希望得到充分的信息、具有灵活性、尊重他人等。

创造性思维指能从不同角度分析和思考问题,提出新颖而有价值的观点和解决问题的方法,包括发散思维和聚合思维。发散思维是创造性思维的核心,指以要解决的问题为中心,充分发挥想象力,突破原有的知识圈,从一点向四面八方想开去,朝多方向推测、想象、假设的“试探”性思维过程,通过知识、观念、方法的重新组合,找出更多更新的可能答案、设想和解决问题的办法。聚合思维则在创造性问题解决中起着重要作用,以某问题为中心,从不同方向、不同角度,将思维指向这个中心,就像聚光灯一样,集中指向一个焦点,以达到解决问题的目的。任何创造性活动的全过程,都要经过从发散思维到聚合思维,再从聚合思维到发散思维,多次循环,直到问题被解决,这就是创造性思维的基本方式。

不论从科技创新的基础研究和经典的创新人才培养理论来看,还是从各国创新人才培养和科学课程改革的实践来看,发展学生科学思维都被视为科技创新后备人才培养的核心手段和目标。国际上重视科学学习和活动中培养学生的科学思维。例如,美国《科学启蒙》(Science: A closer look)在内容设计、练习设计、链接内容等方面设计一些小栏目,训练学生的批判性思维、迁移思维能力及元认知能力^{[8]187-201};新加坡的《我的朋友们在这里!科学》(My pals are here! Science)以科学探究的形式展开活动,以思维能力的培养为核心,在每一个活动中,教材都首先列出本次活动将要使学生掌握的思维能力,紧接着设计若干培养这些思维能力的小活动,每个小活动的最后,都会安排一个培训学生“反思能力”的栏目^{[8]233-236}。除此之外,还专门设置了科学思维培养的课程^{[8]14-21}。我们也开发了促进学生思维发展的“学思维”活动课程,20多年的实践表明:经过一年半时间的学习,学生的创新素质有显著的提高,大脑功能也有明显的改善^[9]。

基于思维特征,在培养过程中,需要做到如下

两点。第一,完善课程体系,培养科学思维。《义务教育科学课程标准(2022年版)》建构了包括科学观念、科学思维、探究实践和态度责任的核心素养体系,在这些要素中,科学思维能够促进科学观念理解的深入,提高探究实践能力的水平,内化态度责任,处于核心地位。教材编写者和教师要深入科学思维的内涵、特征、方法、品质、类型等,并能将科学思维的培育融入教材和教学中。思维是探究的前提,探究是创新的基础,学校要根据不断学段学生的认知水平、知识经验和兴趣特点,开设能够促进学生科学思维发展的、包括“学思维、学探究和学创新”的STEM校本课程体系,让学生掌握思维的基本方法,训练思维的品质,促进科技创新素质的有效发展。第二,注重探究实践,重视深度思维。探究和实践是科学学习的主要方式,要加强对探究和实践活动的研究与指导,整合启发式、探究式、互动式、体验式和项目式等各种教与学方式的基本要求,设计并实施能够促进学生深度学习的思维型探究和实践。

四、培养创造性的人格特质

人格是指个体在对人、对事、对己等方面的社会适应中行为上的内部倾向性和心理特征。创造性人格是指主体在后天学习活动中逐步养成的、在创造活动中表现和发展起来的、对促进人的成才和促进创造成果的产出起导向和决定作用理想、信念、意志、情感、情绪、道德等非智力素质的总和。

在系统分析相关研究者提出的创新人才所具备的人格特征的基础上,我们总结出科技创新后备人才需要具有冒险精神、意志坚强、勤奋努力、独立自信、容忍模糊、思维开放、质疑品格、想象丰富等人格品质。在这八个要素中,前四个偏重于非认知因素,后四个偏重于认知因素。

基于人格特征,在培养过程中,需要做到如下两点。第一,聚焦特征要素,促进人格发展。放弃权威,推迟判断,培养学生冒险精神和质疑品格;开阔视野,重视想象,促使学生思维开放和想象丰富;鼓励独立,注重发散,培养学生独立自信和容忍模糊的品格;挫折训练,目标引导,培养学生坚强的意志和勤奋努力的品格。第二,营造创新环境,塑造创新人格。培养创造性人格最重要的是创设良好的学习与实践情境,包括物质与认知维度和文化与非认知维度。从物质与认知维度看,良好的学习与

实践情境可以提供学生学习和实践的物质条件和思维材料,支撑学生感知事物、发现问题、主动探究、合作交流、应用迁移、实践创新,激发学生在整个学习和实践过程中具有开放的思维、丰富的想象等,磨炼学生坚强的意志和勤奋的品质。从文化与非认知的维度看,良好的学习情境可以激发学生内在的学习动机,营造宽松、民主、平等、和谐、宽容、自由的人际关系,有利于培养学生独立思考、大胆质疑、敢于冒险、敢于异想天开、敢于挑战权威等人格特征。科技创新后备人才的成长受学校、家庭和社会的影响,因此,创新人格的塑造,需要发挥学校、家庭和社会的整体效应。在学校教育中,需要营造创新型的人文环境、物质环境、班级环境和课堂环境;在家庭教育中,需要建立和谐、融洽、温暖、自由、开放和民主的气氛,采取民主型的教育方式,鼓励创新,容忍失败,培养独立意识,激发创新动机;社会环境作为儿童青少年成长的外部场所,是支撑儿童青少年科技创新后备人才成长的宏观环境,需要在社会人际、大众传媒和社会文化等方面,提供支持、树立榜样、开放包容、追求创新。

参考文献:

- [1] 胡卫平. 科学思维培育学[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [2] AMABILE T M, HENNESSEY B A, GROSSMAN B S. Social influences on creativity: The effects of contracted - for reward[J]. Journal of Personality and Social Psychology, 1986, 50(1): 14 - 23.
- [3] 胡卫平, 周蓓. 动机对高一学生创造性的科学问题提出能力的影响[J]. 心理发展与教育, 2010(1): 31 - 36.
- [4] LEWIS A, SMITH D. Defining higher order thinking[J]. Theory into Practice, 1993, 32(3): 131 - 137.
- [5] HALPERN D F. Teaching critical thinking for transfer across domains: Dispositions, skills, structure training, and metacognitive monitoring[J]. American Psychologists, 1998, 53(4): 449 - 455.
- [6] RESNICK L B. Education and learning to think[M]. Washington, DC: National Academy Press, 1987: 4446.
- [7] 首新. 小学生的科学高阶思维: 结构、测评及培养结构、测评及培养[D]. 西安: 陕西师范大学, 2018.
- [8] 胡卫平, 严文法, 等. 中小理科教材难度国际比较研究(小学科学卷)[M]. 北京: 教育科学出版社, 2016.
- [9] 贾小娟. 儿童创造力的认知神经机制及其可塑性[D]. 西安: 陕西师范大学, 2017.