

科学形象思维及其培养

胡卫平*

(陕西师范大学现代教学技术教育部重点实验室, 西安, 710062)

摘要: 科学形象思维是以科学表象为思维材料而进行的思维, 具有形象性、灵活性和创造性等特点, 其基本形式是表象、直感和想象。形象思维为科学学习提供形象支柱, 便于对科学问题的整体把握和定性分析, 能够唤起直觉、诱发顿悟, 促进科技创新。在科学教学中, 帮助学生形成正确的科学表象, 培养学生运用科学形象进行思维的习惯, 借助科学图像分析科学过程, 强调类比, 鼓励联想, 能够促进学生的科学形象思维的发展。

关键词: 科学思维; 科学形象思维; 科学教育; 想象力

“科学思维”是2022新课标《义务教育科学课程标准》提出的四大核心素养(科学观念、科学思维、探究实践、态度责任)之一, 而且是核心中的核心。但是, 科学思维是一个极其复杂的概念, 不同的学科可以从各自的角度给出不同的定义。从认知心理学角度看, 人的认知过程和思维方式可以分为抽象思维和形象思维, 对于创造性思维而言, 形象思维发挥更重要的作用。近年来认知神经科学在这个领域也取得了显著发展。从语言与文化研究意义上来看, 中国传统文化、中国语言文字更利于形象思维的发展^①。换句话说, 形象思维是中国人思维的一种特点^②。长期以来, 人们一般认为只有艺术家才重视形象思维, 科学家只重视抽象思维, 这是一种误解。科学研究和科学创新过程需要多种思维方式的共同作用, 不同的思维方式在不同的科学研究阶段发挥不同的作用^③。显然, 这些心理学、认知神经科学、文化学的研究成果对我国科学教育研究和实践具有重要意义。

* 胡卫平, 1277866738@qq.com。

① 何明珠, 李海军. 英译汉与形象思维 [J]. 四川外语学院学报, 2005, (04): 111.

② 户晓辉. 论中国人“象思维”的审美心理属性 [J]. 山东大学学报(哲学社会科学版), 2000, (04): 53.

③ 宋金榜. 形象思维及其在科学中的作用 [J]. 科教导刊, 2021, (24): 110.

一、科学形象思维的基本内涵

所谓形象思维就是指主体发挥思维想象力、运用表象与意象等思维形象材料来反映客观事物及其本质的思维活动，它又可分为艺术形象思维与科学形象思维两种基本形态^①。简言之，科学形象思维是以科学表象为思维材料而进行的思维。科学表象是科学形象在人脑中的间接的和概括的反映，这些形象既有宏观形象，也有微观形象；既有时间形象，也有空间形象；既有局部形象，也有整体形象；既有静态形象，也有动态形象；等等。

科学形象思维具有如下特点。

第一，形象性。科学形象思维是运用直观、具体、生动的形象材料，通过事物的形象特征认识事物的内容、本质，并作出某种判断的科学思维，是通过表象、直感、想象等形式进行的思维。按概括性来分，表象有两种：一种是具象，即对个别具体事物形象特征的反映；另一种是概象，即对一类事物形象特征的反映。科学形象是科学形象思维的元素，离开科学形象，形象思维就不存在，人们在联想、想象过程中，一刻也离不开形象，因此，形象性是科学形象思维的重要特征。

科学领域的形象材料是极其丰富的。一是科学对象具有形象性，科学研究自然界物质的形态、结构、性质、运动规律及物质间相互作用等，其研究对象是客观存在的，大到宇宙天体，小到夸克微粒，均有大小、形状、结构、分布等形象特征；二是科学过程及现象具有形象性，科学所研究的每一种运动、每一个过程、每一个现象都具有与之相对应的形象，如匀速直线运动、匀速变速直线运动、振动与波、一维线性谐振子、电磁波的传播、黑体辐射、光电效应、原子的线状光谱、电磁感应、静电现象、天体运动，以及生物体内部与外部进行的物质循环、能量流动、信息交流与反馈等都具有动态的形象；三是科学研究创造了极其丰富的观念形象，一切系统、结构、模型、图形、符号、语言、公式等都是形象，时空有形象，状态有形象，场有形，维有形，坐标有形，矢量有形，标量有形，力、热、电、磁、光、原子等都有形象，同时，科学的每一个新理论的出现都伴随着新的观念形象的诞生；四是科学实验具有形象性，任何科学实验都要有实验装置、实验过程、实验现象、实验结果分析等，实验装置具有空间形象，实验过程具有动态形象，实验现象具有生动的直观可感形象，实验结果分析常常采用数学图形的形象，等等。

第二，灵活性。科学形象思维的酝酿及其发生过程是多种因素相互关联、相互影响、相互作用的结果。这些因素间是按层次顺序相互制约的，这种序列链是：感觉—知觉—具象—概象—意象。感觉是人脑对直接作用于感官事物的个别属性的反映；知觉是人脑对直接作用于感官事物的整体属性的反映；具象是对个别具体事物形象的反映，它带有较多的感性成分，通过记忆储存在大脑中；概象是对一类事物特征的反映，它是大脑对具象概括、加工的产物，是一类事物共同特征形象的反映；意象是大脑对各类形象进行分析、综合，并重新构建的创造性形象，意象既是形象思维的初步成果，又是进一步进行形象思维的材料。具体来说，形象思维的过程就是人们通过感官获得感知，感知通过记忆在大脑中储存并通过回忆再现形成具象，储存在大脑中的各式各样的具象经过分析、综合、抽象、概括等过程得到反映一类事物共同特征的概象，概象又通过分割、重组而形成渗透新内容的、具有创造性特征的意象。意象是主体按照一定的客观规律对概象有目

^① 刘卫平. 形象思维活动范畴之我见 [J]. 晋阳学刊, 2004, (03): 57.

的、有意识的加工处理的结果，渗透了主体理性的内容，表现为以想象的形式对客体进行思维。由此可见，科学形象思维不像科学抽象思维那样一步步推下去，而是没有直接的因果关系，要考虑到影响科学事物形象的各个方面，从不同角度、不同方向和不同渠道进行思维。因此，它比科学抽象思维更灵活。

第三，创造性。创造性思维是创造性在认知方面的具体表现，指根据一定的目的，运用一切已知信息，产生或者可能产生某种新颖而有价值产品的智能品质或者能力。形象思维可以帮助人们进行创造性的构想^①。形象思维的动态图景和想象过程反映了创造性思维的特征，体现出创造性特点。首先，科学形象思维的材料、结果和过程常常是动态的，科学中，动态的图景及形象很多，如卢瑟福原子的核式结构形象、波动的形象、可逆过程的形象、线性谐振子图景、天体运动的形象、生物进化的形象等等，这些图景及形象作为科学形象思维的材料、内容或结果，是科学形象思维动态性的具体体现；其次，科学形象思维的基本形式是表象、直感和想象，想象是人脑对已有表象进行加工、改造、产生新形象的过程，因此，具有创造性的特征。正如爱因斯坦所说：“想象力比知识更重要，因为知识是有限的。而想象力概括世界上一切，推动着进步，并且是知识进化的源泉，严格地说，想象力是科学研究中的实在因素。”量子论之父马克斯·普朗克在其自传中指出：“（创造性的科学家必须具备）对新观点的一种活跃的直觉想象力，这些新观点不是演绎得出的，而是通过艺术家一般的创造性想象得出的。”创造性是科学形象思维的基本特征，质点、理想气体、场、多维空间、夸克、胶子、黑洞、大爆炸宇宙、原子的核式结构等都是富有创造性的形象思维的结晶^②。

二、科学形象思维的基本形式

科学形象思维的基本形式是表象、直感和想象。

（一）表象

表象是人脑对当前没有直接作用于感觉器官的、以前感知过的事物形象的反映。表象同时也是形象思维的基础材料，没有表象就没有形象思维^③。按概括性来分，表象可分为具象和概象，具象是人脑对个别具体事物形象的反映，概象是人脑对某一类事物形象的反映，它产生在具象的基础上，是由具象概括而成的，但概象反映具象的特征，不是原封不动的、呆板地反映，而是有所改变和取舍地反映，概象所反映的常常是各个具象中那些相似的（或共同的）和比较固定的特征。形象思维可以通过对大量同类事物的具象进行取舍、抽象，得出概象，反映同类事物的共同的、总体的特征^④。一般来说，表象总是由具象向概象发展，而概象也总是不断向更富有概括性的方向发展，向形象思维的深度和广度发展。

科学形象思维从科学表象开始，主体可以对它进行自由的加工和整合，并借助抽象思维对各种表象进行分析、综合、概括，产生更一般的各种表象，形成表象系统。因此，科学表象既是科

① 洪英俊，论形象思维在科学研究中的作用 [J]，华东交通大学学报，2003，(03)：128.

② 杨学仁，杨德才等，科海之舟：自然科学方法一百例，武汉：湖北人民出版社，1984.

③ 陈屹，吴俊明，化学的形象思维：概念、过程和结构 [J]，化学教学，2021，(01)：10.

④ 宋金榜，形象思维及其在科学中的作用 [J]，科教导刊，2021，(24)：110.

学形象思维的基本元素，又是科学形象思维的基本形式，主要包括如下几种：一是时空表象，一切科学现象和过程总是在一定的时空中发生的，研究科学问题首先要确定研究对象的时空位置，形成问题中所涉及物体的时空形象，包括明确物体系中各物体在某时刻的空间位置、空间位置随时间的变化、物体间位置之间的相互关系、场在空间中的分布及其随时间变化的情况等等，这种在头脑中形成的科学问题的时空形象即称为时空表象；二是理想化表象，为得出明确的科学概念或规律，常常在研究科学问题时，抓住主要矛盾，忽略次要因素，形成理想模型、理想过程、理想实验，这些在多维的具体形象中，抓住具有本质特征的主要形象，舍弃次要形象，建立的轮廓清晰、主题突出的新形象称为理想化表象；三是图景表象，客观的科学事物是具体、生动、形象的，科学事物的状态和科学过程可以分别看作客观现象的照片和录像片，具有形象化的特征，一个科学问题可以被认为是一个具体、形象、生动的情景，一个实验现象可以被认为是一个图景，一个科学过程可以看作一个图景，唤起学生已有的表象，也是创设情境等，这些图景都可以作为科学形象思维的材料和基本元素，我们把这种具有形象性的科学图景称为科学图景表象；四是图形表象，科学中存在着各种各样的图形，这些图形在大脑内化形成科学图形表象。

（二）直感

运用表象对具体形象的直接判别和感知称为直感。科学直感是运用科学表象对有关具体科学形象的直接判断和感知，这种判断与抽象思维中的判断不同，它不是以科学概念为中介，而只需将储存在大脑中的形象与特征相应的某一事物的形象比较一下便能直接作出判断。

科学直感的形式主要包括如下几种：一是形象识别直感，用某科学表象的特征与具体科学形象进行比较，通过形象分析，判别该具体科学形象是否与某科学表象同质的思维形式称为形象识别直感；二是形象类比直感，根据两个（或两类）不同对象的部分属性（包括成分、性质、结构、功能等等）相似，而推出这两个（或两类）对象的其他属性也可能相似的思维形式称为形象类比直感，包括因果相似类比、数学相似类比、结构相似类比、过程相似类比、对称类比等；三是形象等效直感，从两个科学现象的效果相同出发，将其中一个科学图景转换为另一个科学图景来处理，从而直接得出结果，这种判断称为形象等效直感。

（三）想象

想象是人脑对已有表象进行加工、改造而创造新的形象的过程。人的想象按其目的性可分为无意想象和有意想象。无意想象是没有自觉目的也不需要任何意志努力的一种想象；有意想象是有预定的目的性、自觉性和组织性的一种想象，它的基本材料是表象，基本手段是直感，任何有意想象都是对已有表象的一系列直感联结，直感联结的过程就是新形象的构思过程。

科学想象是科学思维中最活跃、最富有传奇色彩和创造性的成分，也是创造性思维的重要组成部分。不论是科学思维中直觉的产生，还是顿悟（或者灵感）的诱发，不论是科学假说的提出，还是科学模型的建立，没有想象的展开是很难实现的。纵观科学发展史，许多重大的发现，都与想象有直接的关系。

科学想象有各种不同的形。按照想象的内容来分，可以分为如下几种：一是时空想象，时空想象是主体唤起头脑中原有的时空表象并对时空表象进行加工、改造，产生新的形象的过程，它是对时空关系的形象建构，包括时空构想（对各个对象的位置关系的构想、对度量关系的构想和

对位置关系随时间变化的构想)、时空表达(按照规定将时空关系清晰化和具体化,并画出示意图)、时空推理(指借助于时空关系而展开的一系列具有形象特征的推想、联想、构思、猜想等思考活动,它与抽象思维相互渗透,但主要倾向于用形象材料进行思维加工);二是理想化形象想象,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;三是图景想象,图景想象是唤起头脑中已有的科学图景表象并在此基础上独立构想新的科学图景的想象;四是图形想象,图形想象是以空间形象直感为基础的对科学图形表象的加工与改造,它是对几何图形的形象建构,包括图形构想、图形表达、图形识别和图形推理四个层次,每个层次又包含着对图形的基本要素之间位置关系和度量关系的认识及对整体图形的形状和结构的认识。

不过,值得注意的是科学形象思维与文学形象思维存在本质的不同:第一,科学形象思维对象主要是自然界的物理、化学特征,而文学家的思维则侧重于事物的人文特征或审美意蕴;第二,科学家在进行科学形象思维时尽可能排除个人感情作用,而文学家的感情则起着重要的作用;第三,科学家的形象思维往往只在科学研究的某一阶段(更多的是起始阶段)起作用,而且必须与抽象思维等相结合,这种结合愈紧密,愈能使形象思维的方向正确,而文学家的形象思维常常起主导作用,贯穿文学创作的始终^①。

三、科学形象思维的基本价值

不论对科学学习、问题解决,还是对于科技创新,形象思维都具有不可忽视的作用。

(一) 形象思维为科学学习提供形象支柱

科学发展离不开形象思维,它需要科学家具有非凡的想象力。同样,学习科学也离不开形象思维。

第一,形象思维有助于学生建构模型。科学模型是人们为了研究科学问题的方便和探索科学事物的本质而对研究对象所作的一种简化的描述或模拟。构想科学模型,虽然需要抽象思维,但必须经形象思维对感知到的事实进行加工、改造,形成科学事物的表象,并将次要表象和主要表象区分开来,舍弃次要表象,抓住本质特征,形成具有该类科学事物共同本质特征的概象,然后才能抽象出模型。离开了形象思维,单纯用概念和符号思考问题,就不可能形成科学事物的表象,更谈不上排除次要形象,抓住本质形象,科学模型是形象思维和抽象思维共同作用的结果,在这个过程中,抽象思维起着概括和调节的作用,而形象思维提供思维的内容和材料,为抽象思维开辟道路。

在科学教学过程中,提出假说是构建模型的基本前提,而假说的提出要以形象思维为前提。假说是根据一定的经验事实和科学原理,对事物作猜测性说明的一种思维形式,这里要靠形象思维的想象^②。学生的模型构建往往始于形象思维的创造性假设,继而通过抽象思维的逻辑推演,方能建构出系统化的理论模型。这一认知过程体现了人类思维从具体到抽象、从直觉到理性的辩证发展:形象思维为理论创新提供生动的原型和灵感,而抽象思维则将这些感性认知提炼为具有

^① 丁家顺. 科学研究与形象思维 [J]. 贵阳师专学报(社会科学版), 2000, (02): 17.

^② 洪英俊. 论形象思维在科学研究中的作用 [J]. 华东交通大学学报, 2003, (03): 128.

普遍性的概念框架和逻辑体系。两种思维方式的有机融合，正是科学理论从萌芽到成熟的内在动力。

第二，形象思维有助于学生形成科学概念。科学概念是一类事物共同属性和本质特征在大脑中的反映。科学概念形成的基本思维方式是抽象与概括，但也离不开形象思维。科学概念的形成是从具体到抽象过渡的过程，在这个过程中，学生头脑中需要浮现各个具体事物的形象——具象，并在此基础上，概括出一类事物所共同具有的形象特征，形成概象；然后，在头脑中补充一些新的、概括程度更高的表象，这种具有高度概括水平的表象一般不是直观的，它已经是头脑中一种新的形象——意象。由此可见，科学概念的形成过程实际上是抽象思维和形象思维共同发挥作用的过程。

第三，形象思维有助于学生理解科学规律。科学中许多重要的理论模型和规律如分子结构、原子结构、电磁场方程、狭义相对论中的洛仑兹变换、量子力学中的么正变换、DNA 双螺旋结构的分子模型等，只有依靠形象思维，充分发挥想象力，建立起关于它们结构的清晰的表象，才能有效地加以把握、理解。有一些学生认为科学难学是由于太抽象，其实这只是问题的一个方面，另外一个重要的原因是多年来在科学教学中忽视了形象思维能力的培养，教师在抽象中教，学生在抽象中学，定义是抽象的，概念是抽象的，推理是抽象的，公式、定律、定理还是抽象的，从而导致学生大脑中没有与科学知识相对应的、正确的科学形象，构筑不出与科学知识相对应的科学图景，不能形成科学过程的动态形象，不会运用形象思维分析和解决问题。形象思维利用感官直接接收具体形象的信息，然后在头脑中形成表象，再利用这些表象进行类比、概括、联想等思维加工直至形成认识，有助于学生更好地理解抽象的概念、理论^①。总而言之，利用形象思维可以帮助学生更加快捷地理解科学规律。

（二）形象思维便于对科学问题的整体把握和定性分析

解决科学问题是一种目的性、方向性极强的脑力劳动，包括明确问题、探求解法、实施计划、检验结论和讨论反思。一个复杂的科学问题很难用语言描述清楚，因此，在解决科学问题时，必须借助于形象思维。首先，搞清问题情境即问题的研究对象是什么？在什么条件下处于什么状态？经历了哪些过程？已知什么？需求什么？并根据问题情境构建出典型具体的形象，画出示意图、光路图、电路图、流程图、受力图、结果图、过程图等，从而对问题有一个完整的、形象的认识；其次，将典型具体的科学形象抽象为一个理想化形象，并使其在大脑中活动起来，就像放电影一样，在时空中演变发展，通过对比、概括等，引导问题解决活动有目的地向着预想的方向发展；然后，估计欲采用解法的可行性，估计问题结果的数量级，推断问题所涉及科学知识的基本范围，选择所学的规律，把这一问题转化为数学问题。这样，就达到了对科学问题的整体把握和定性分析。在解决科学问题时，如果不重视形象思维，思维就可能脱离研究对象和问题，找不到解决问题的正确途径。

（三）形象思维能够唤起直觉、诱发顿悟，促进科技创新

科学形象思维的过程实质上是运用想象定性地分析科学事物在时空中存在和变化的过程，当

^① 陈屹，吴俊明，化学的形象思维：训练及能力培养 [J]. 化学教学，2021，(03)：8.

人们研究某一科学问题时，外界提供的信息不充分，具有许多空白点，这时，科学形象思维就可以把人脑中的“潜知”充分调动出来，并与原有的信息相互作用、重新组合，构想出一个未曾料到的关系、模型、过程等，从而直觉地得出结论甚至能诱发产生某种新认识或见解的顿悟。

科学理论在经过实验证明之前，往往以假说的形式出现。形象思维是提出科学假说的重要途径。为了构造一个符合科学事实的、较完美的理想假说，需要在原有的科学表象的基础上，添加一些假定的成分，在基本不违背已有事实的前提下，最大限度地发挥创造性想象力，构建一个简单、和谐、能解释实验事实和解决科学问题的理论框架。

科学形象思维不仅在科学理论研究方面可以产生直觉、诱发灵感，而且在科学应用研究方面（如科学发明、科学创造、工程设计等）更能起到先导作用，它具有很强的实验功能，这是抽象思维无法代替的。例如，在科学发明和工程设计中，首先要在大脑中进行一番构思，将储存在大脑中的具象和概象进行一些加工、改造、重组等思维活动，使之形成具有创造性的意象，将意象复现在纸上，就得到初步的设计图；其次，通过思维反复推敲、琢磨、修改，使之更具有科学性和合理性。

形象思维的思维材料是表象。我们课题组研究了表象知识学习对科学创造性观点产生的影响及其潜在的神经机制^①。行为结果表明，有表象知识的科学知识学习能够促进随后的科学创造性观点产生，并且表象能力和学习模式能够调节表象知识学习对科学创造性观点产生的影响。皮层激活结果进一步表明，表象知识的学习会影响科学创造性观点产生过程中的皮层激活，主要涉及前额叶、颞顶联合区和颞区的皮层激活。这些区域主要涉及对形成的基于知识的心理表象的操作、想象、重组和自上而下的注意控制等功能，并且能够解释表象知识学习和科学创造性观点产生的关系。

具体来说，个体在学习表象知识过程中，将表象知识与言语知识进行整合，以构建知识的心理模型并与先验知识相结合，内化为自身的知识，在随后的科学创造性观点产生过程中，基于上述心理模型进行远距离联想，从而将已有的知识进行重新整合和概念重组，形成新颖的科学观点。这个过程受到表象想象能力和对学习过程的自主控制的影响。表象想象能力会影响学习过程的多表征知识整合与心理模型建构和科学创造性观点产生过程的远距离联想，而对学习过程的自主控制会影响学习过程的多表征知识的整合和心理模型的构建。

四、科学形象思维的培养途径

（一）帮助学生形成正确的科学表象

科学形象思维从科学表象开始，主体可以对它进行自由地加工和整合，并借助抽象思维对各种表象进行分析、综合、概括，产生更一般的各种表象，形成表象系统。形成正确的科学表象是进行科学形象思维的基础，只有形成正确的科学表象，才能使视觉参与思维，才能画出有利于问题解决的示意图，才能排除次要因素的干扰，抓住问题的本质特征，才能在原有表象的基础上创造出新的形象。可以通过如下途径来帮助学生形成正确的科学表象。

① 李欣颐，表象知识学习影响科学创造性观点产生的认知神经机制 [D]，西安：陕西师范大学，2023。

教学中可以从如下几个方面帮助学生形成正确的科学形象。一是要充分利用现代化的教学手段。在科学教学中,充分利用实物、多媒体课件、动画、视频、虚拟现实、增强现实、人工智能等手段,使课堂教学形象生动,让学生进入一个形象的科学世界;通过动态的画面将一些看不见、摸不着的微观世界、科学图景、科学形象、抽象概念形象化;将在课堂教学中不便演示的现象和内容以立体的信息输入学生的大脑。充分利用信息技术手段,创设多样化的学习情境,实现信息技术与科学教学的深度融合,利用生动、直观的形象有效地激发联想,唤醒长期记忆中的有关知识、经验和表象,从而使学习者能利用自己原有认知结构中的有关知识与经验去同化当前学习到的新知识,赋予新知识以某种意义;二是要善于利用已有知识的逻辑展开,简要复习已有的知识,构想出已有知识的逻辑框架,分析这个框架中存在的问题,由此引入新课题,从而形成一个具体的、生动的、形象的科学问题情境,再带领学生解决问题,得出结论;三是要唤起学生已有的经验、表象,在科学教学中,运用科学的、准确的、形象的、生动的语言描述学生已感知过的科学现象、科学过程、科学图景,从而使学生回想起已有的形象;四是要换生活图景为科学图景,生活图景是指学生在日常生活中所形成的自然常识、信息以及经验,科学图景是指反映客观科学事物本质特征的图景,当生活图景与科学图景一致时,能帮助学生形成正确的科学形象,否则,将阻碍正确科学形象的形成,在科学教学中,一定要通过多种形式,将学生的生活图景转换为科学图景,将正确的科学形象植根于学生大脑中,从而提高他们的形象思维能力。

(二) 培养学生运用科学形象进行思维的习惯

在头脑中建立正确的科学表象的目的是运用形象分析研究科学问题。从建立科学形象到运用科学形象是一个飞跃,要有效地培养学生的形象思维能力,必须建立在正确的科学表象的基础上,将运用科学形象进行思维贯穿在科学教学的各个环节和方面。一是在概念和规律教学中运用形象思维。科学概念是科学学科结构的基础,科学规律是科学学科结构的核心。在科学教学中,历来重视抽象概念和规律的教学,这无疑是正确的。但是,如果忽视科学形象,不重视培养学生的形象思维能力,学生的思维也就不能得到全面的发展,抽象思维本身也就会由于缺少形象的支持而发生困难。在科学概念和规律教学中,首先,使学生充分感知科学现象,获得丰富的感性认识,形成正确、鲜明的科学形象;其次,对各种各样的感性材料、科学形象进行加工、改造、重组,通过分析、对比、归纳、想象等一系列思维操作,概括形成反映科学事物本质特征和内在规律的理性形象;在此基础上,舍弃形象材料,抽象出科学概念,建立科学规律。二是在解决科学问题的过程中运用形象思维。一般来讲,解决科学问题需要经历明确问题、探求解法、实施计划、检验结论和讨论反思五个阶段,在明确问题和探求解法阶段,要调用储存在大脑中的形象材料,进行形象思维,作整体和定性的分析,正确表征问题,思考解决问题的方向。在探求解法和实施计划阶段,要调用大脑中的抽象材料,进行抽象思维,形成并实施解决问题的方案。根据这个指导思想,科学问题解决的教學应遵循以下程序:首先,让学生根据问题情境构建出典型形象,形成正确、清晰的科学图景;其次,启发学生生活化构建的典型形象,依据对象、过程、条件,正确选取科学定律、公式等,并将科学问题转化为数学问题;在此基础上,指导学生运用数学进行推演、讨论和计算,得出结论。

(三) 借助科学图像分析科学过程

图示是以形象展示一类事物是什么、怎么样的形象思维形式,它可以通过建立视觉模型来帮

助人们认识和理解抽象事物^①。在分析和解决科学问题时，可以借助科学图像对复杂的运动过程进行分析，使问题变得更加直观和明显，使学生易于分清运动的各个不同的阶段，找出各阶段的特有属性及其相互联系，把握运动变化的临界点以及运动过程的整体情况。这可以帮助学生建立科学情景，明确科学过程，理解科学过程内在的规律性，发现解决科学问题的思路和方法，提高学生分析问题和解决问题的能力，同时，可以有效地发展学生的形象思维能力。

（四）培养和发展学生的想象力

想象是人脑对已有的表象进行加工改造而创造出新形象的过程，它是形象思维的一种高级形式。想象力的培养可以从如下几个方面进行。

第一，培养学生形成科学图景的能力。科学图景是在感知的基础上对科学现象、科学过程、科学问题的一个模拟和缩影，没有科学图景，就会使本来生动丰富的科学知识变成一堆枯燥难懂的材料，无法进行形象思维，也不可能具有想象力。因此，培养学生形成科学图景的能力是培养学生想象力的基础。一是积累大量的科学图景，认识科学现象和科学事实是研究和解决科学问题以及学习科学知识的基础和出发点，在学习科学过程中，必须通过观察、实验、知识的逻辑分析等手段，对科学问题、科学事实、科学现象和科学过程形成清晰和明确的印象，积累大量生动、具体的感性知识和材料，形成各种科学图景，并利用这些生动的、具体的、形象的科学图景进行形象思维，进行探索、研究和学习，认识科学现象，形成科学概念，理解科学规律，概括科学知识，建立科学理论，解决科学问题；二是把思维具体化、形象化，使被研究的科学现象及科学过程在脑海中形成科学图景，这样能激发学生的想象力。法拉第在1852年引进电场线和磁感线来形象地描绘电场和磁场，从而使人们利用形象思维理解和回答了许多电磁学问题，并将之推广到一般的矢量场。在解答科学问题时，要求学生正确画出科学过程的示意图或在大脑中想象出科学过程的正确的科学图景。在科学教学中，也要帮助学生形成科学图景。

第二，培养学生建立空间关系的能力和空间想象力。建立空间关系，就是形成问题中有关物体的空间位置、物体间位置之间的相互关系、空间位置随时间的变化、场在空间中的分布及其随时间变化的情况等。我们可以采取如下三个方面的措施来培养学生建立空间关系的能力和空间想象力。一是适应学生科学形象思维能力发展的特点并促进其发展。学生的科学形象思维能力随年龄的增大不断发展，并具有发展的阶段性。小学低年级学生具有辨别二维空间中东西南北和上下左右的能力；小学中、高年级学生能够逐步完成二维空间和三维空间的转化，具有形成事物动态图景的能力；初中生具有初步形成和唤起图形、图景和基本空间关系的能力；高中生才具有独立想象新的图形、图景和空间关系的能力。初三年级到高一年级是中学生科学形象思维能力迅速发展的时期，到高二年级，中学生的科学形象思维能力趋于定型。因此，在培养学生建立空间关系的能力时，要适应学生科学形象思维能力发展的特点。二是培养学生的空间想象力。空间想象能力的培养需要从小学开始，对于1—2年级的学生，能在教师指导下，辨别二维空间中的东西南北和上下左右；3—4年级的学生，能在教师引导下，用二维方式表达三维空间的物体；5—6年级的学生，能形成事物动态变化的图景，具有基于事物的结构、功能等展开想象的能力；7—9年级的学生，能灵活运用二维方式展现三维空间的物体，形成事物动态变化的图景。三是有计划地训练

^① 宋金榜. 形象思维及其在科学中的作用 [J]. 科教导刊, 2021, (24): 110.

学生画出科学问题示意图的能力。有计划地训练学生画出科学问题示意图的能力是培养学生建立空间关系的有效途径。在学生的空间想象力较低时，我们要尽量画出科学问题的示意图，帮助学生理解问题情境。但随着学生空间想象能力的发展，要去掉科学问题中的原始图形，逐步引导学生自己根据科学问题的文字表述画出示意图，以提高他们的空间想象能力。实践表明，即便是高中学生，在解决科学问题的过程中对于示意图的依赖也是很强的，如果老师不去掉题目中的图形，学生就不会有意识地构建问题的空间关系，也就限制了他们空间想象能力的发展。

第三，培养学生构建理想化形象的能力。理想化形象是在多维的具体形象中，抓住最具有本质特征的主要形象，舍弃次要形象，建立的轮廓清晰、主题突出、易于研究的新形象，包括理想模型、理想过程和理想实验。理想模型是对研究客体的理想化，理想过程是对研究过程的理想化，理想实验是人们在真实实验的基础上，在理想或极端条件下，充分发挥想象力，利用逻辑推理又辅之以形象变换的思维过程。在科学教学中，要培养学生构建这些理想化形象的能力。

（五）强调类比，鼓励联想

类比在科学的发展过程中起着很重要的作用，许多科学概念、科学规律、科学理论的提出都借助于类比，同时，类比还是提出和论证科学假说的重要途径。在解决科学问题的过程中，类比常常具有启发思路、提供线索，借助于某种范例而举一反三、触类旁通的作用。在国际科学教育研究中，教学类比也是一个很重要的研究领域。在科学教学过程中，要将许多微观世界的科学图景、抽象的概念与宏观世界的科学图景、形象化的概念相类比，利用类比将新旧知识联系起来，从而加深学生对科学知识的理解，同时发展学生的想象力。

在科学教学中，要求学生每遇到一个问题都能从不同角度和不同方面思考、联想，唤起许多与该问题有关的表象，并与该问题作对比，组构新的科学形象，提高想象的丰富性。同时，要求学生能围绕问题有计划、有步骤、有目的地展开联想，提高想象的自觉性和目的性。

作者简介

胡卫平，陕西师范大学教授，研究方向：科学教育、学习科学、教育评估。

Scientific Imagery Thinking and Its Cultivation

Hu Weiping

(Key Laboratory of Modern Teaching Technology, Ministry of Education, Shaanxi Normal University, Xi'an, 710062)

Abstract: Scientific imagery thinking is a form of thinking that utilizes scientific representations as its material, characterized by vividness, flexibility, and creativity. Its fundamental forms include mental imagery, intuition, and imagination. Imagery thinking provides a visual scaffold for scientific learning, facilitates holistic comprehension and qualitative

analysis of scientific problems, and can evoke intuition, trigger insights, and promote scientific and technological innovation. In science education, fostering students' scientific imagery thinking can be achieved by helping them form accurate scientific representations, cultivating the habit of employing scientific imagery in thinking, analyzing scientific processes through scientific diagrams, emphasizing analogies, and encouraging associative thinking.

Key Words: scientific thinking; scientific imagery thinking; science education; imagination