

第四章 抽象思维与科学推理

第一节 小学生科学学习过程的形象思维和抽象思维

小学生在科学学习过程中,获得科学认识和应用科学认识都依赖于各种思维活动。思维是记忆信息的转换和应用。人类记忆的信息可分为两大类,一类是各种事物存储于大脑的形象,心理学上称为表象;一类是通过思维创造的各种符号系统,也就是对客观事物的抽象表征。根据不同标准,思维可以有各种分类。但与人类记忆信息相对应,思维对象区分为形象物和抽象物,思维分为形象思维和抽象思维。小学生的思维是从获得各种事物形象,进行形象思维开始的。在小学阶段,学生抽象思维快速发展,同时形象思维也在快速发展(温寒江.思维的全面发展与中小学生学习创新能力培养[M]. 北京:教育科学出版社, 2015: 116.)。[1]两种思维相互作用,不断提升小学生的思维能力。在小学生科学学习过程中,什么阶段获得科学形象,进行形象思维?什么时候进行科学抽象和进行抽象思维?通过对思维过程和科学认识过程的对比分析,阐释形象思维和抽象思维的发生阶段及其相互作用。同时说明把握形象思维和抽象思维的关系对科学教学的意义。

一、科学学习中思维对象的形象与抽象

形象是客观事物的形状和面貌。人面对的世界,各种事物是以其具体形象呈现出来的。人类对世界的认识就是从具体形象开始的。科学是对自然世界的存在及其发生、发展规律的认识。科学,特别是早期的科学,同样起始于自然事物形象的认识。

一个新生婴儿,他开始感知世界时,要认识各种各样事物的形象。当对具有共同特征的事物进行分类时,会产生指代这一类事物的专门符号。这些专门符号,以某种形式存在,可以称为抽象物。如果说具有具体形象的事物为实体,则表征事物的符号则为虚体(徐长福. 理论思维与工程思维——两种思维方式的僭越与分界(修订版)[M]. 重庆:重庆出版社, 2013: 3.)。[2]人类在自身认识世界的过程中,根据事物的共同特征或关键属性归类形成各种概念。这些概念用语词表达,不仅指代一类事物,而且具有特定的意义。这些概念也是抽象物。当对概念之间的关系作出断定,就是判断。判断用语句表达,这个涉及真假的判断同样是抽象物。对于判断之间关系的断定,也就是复合判断,用复合语句表达,自然属于抽象物。人类用符号表征世界,建立了繁复庞大的具有确切意义的抽象符号系统。

在科学学习过程中,面对的自然世界各种各样事物多数是以具体形象呈现的,还包括各种自然现象、实验现象,自然变化过程、实验操作过程。这些是思维对象的形象存在,或称形象物。科学符号、科学概念,指代专门的科学事物。科学定理、科学定律,揭示自然世界发生发展的规律。都属于符号和符号体系,是思维对象的抽象物。而形象性科学模型,是对客观形象的抽象,兼具形象和抽象特征。

二、科学思维过程中的形象思维与抽象思维

形象思维是以事物形象为载体的思维;抽象思维是以符号为载体的思维。

首先考察科学认识过程。科学认识活动是以事实为依据的,而事实分为两种,即客观事实和科学(经验)事实(刘大椿. 科学哲学[M]. 北京:人民出版社, 2011: 44-47.)。[3]客观事实是事物的自然存在及其相互作用、相互联系、发展变化的本真状态。科学事实是用技术手段反映出的客观事实的特征、结构的影像、数据或符号描述。客观事实如果是可感知的实存客体,是形象化存在的。如植物、动物、岩石、矿物等。若客观事实不是可感觉的,则要通过实验揭示出这种存在,而实验现象作为科学事实也是形象化的。如电流,我们通过电流表指针偏转感知其存在和存在的强度。科学认识活动的第一个阶段即从客观事实到科学事实。这个阶段所采用的方法是观察与实验方法,且观察实验的结果就是获得的科学事实,也就是科学形象。科学认识活动的第二个阶段是从科学事实到科学理论(科学认识)。

对科学事实的思考是以科学形象为对象的，属于形象思维。如卢瑟福 α 粒子散射实验，用 α 粒子轰击金箔，呈现多数 α 粒子通过金箔，少数 α 粒子大角度偏离甚至反弹的现象，这是经验（科学）事实呈现的科学实验现象。由此想象，原子内部是很空旷的，且有一个质量比较大、带正电的粒子。这个过程就是形象思维过程，所获得的想象中的原子模型，就是形象思维的结果。当用语言作出判断，即原子质量集中在一个带正电的粒子上，把这个粒子称为原子核，这是抽象。汤普逊由原子内发出的阴极射线（电子流），推断中性的原子中同时存在正电荷和负电荷且数量相等，将负电荷命名为电子，也是抽象。以原子核、电子这些抽象概念构建“原子核式结构”模型，即所谓抽象思维。当以“原子核式结构模型”为前提，对带正电、带负电做出得失电子的判断，就是明确的演绎逻辑抽象思维。

再考察一般的思维过程。思维过程包括分析与综合、抽象与概括、比较与分类(多俊岗.基础心理学(第二版)[M].北京:化学工业出版社,2012:85-86.)。[4] 思维过程，从分析和综合开始，运用比较和分类，达到抽象和概括，建立概念或作出判断。分析与综合是最基本的思维活动。分析是指在头脑中把事物的整体分解为各个组成部分的过程，或者把整体中的个别特性、个别方面分解出来的过程；综合是指在头脑中把对象的各个组成部分联系起来，或把事物的个别特性、个别方面结合成整体的过程。科学，尤其是小学科学，一般是从具体形象的科学事物、科学现象作为科学认识的起点，即科学形象是科学认识对象。分析、综合是对科学事物、科学现象的分析与综合，是对科学形象进行思维操作的，包括共同特征、区别性特征和反映关键属性的现象的比较和分类，属于形象思维过程。抽象是在分析与综合的基础上，抽取同类事物共同的、本质的特征而舍弃非本质特征的思维过程。概括是把事物的共同点、本质特征综合起来的思维过程。抽象与概括是形成概念的必要过程和前提。当我们经过分析、综合的形象思维过程，会在头脑中获得想象性模型。当用符号和符号系统形成概念或作出判断，就是抽象。分析与综合是针对一个事物或一个系统的认识过程。先分析，再综合，获得对单一事物的整体认识，一旦将这种认识做出判断或结论，就作出了抽象。概括是对一类事物的共同特征或本质属性的认识过程。对若干事物或系统分别作出抽象判断，再寻找到共同特征或关键属性，获得对一类事物的普遍认识。概括过程就是抽象思维过程。

科学认识过程，从客观事实、科学事实的科学形象进行形象操作，获得科学抽象判断，经过抽象思维概括出科学结论，即更高一级的抽象判断。思维过程中最基本阶段是分析和综合，通过比较分类，进行抽象与概括。科学思维过程，与一般意义的思维过程高度吻合。科学思维对实存客体的分析和综合做出抽象判断和概括，是由形象和形象思维出发，通过抽象判断，得到抽象的概念和规律。

第二节 逻辑思维与推理

根据是否依赖规则，可以将思维分为逻辑思维和逻辑思维。逻辑思维属于抽象思维（也常常将抽象思维等同于逻辑思维），当依据形象思维进行比较、分类，获得抽象判断，再得到概念或规律，是抽象思维。这些概念和判断是抽象的，再依据抽象概念或判断进行推理，得到新的概念或判断，也是抽象思维过程。这个过程要依据有效的规则，也就是逻辑思维过程。因此，推理就是运用逻辑推出的新结论。“推理”一词，做名词理解，它还是表示判断，与判断同义；做动词理解，是从已知判断推断出新判断的过程。这个过程依据的方法就是逻辑方法。换句话说，使用逻辑方法作出判断就是推理，思维方法的运用就是推理。逻辑思维方法分为归纳、演绎、类比三种，则对应推理也分为三种，即归纳推理、演绎推理和类比推理。

一、归纳推理

（一）归纳推理的含义

归纳推理就是从若干个个别认识前提出发,推出一般性结论的推理。这种推理是对若干个个别事物的情况的逐一断定,结论是一般性认识。

如,人们发现,某些生物的活动是按时间的变化(包括昼夜交替或四季更迭)来进行的。

对鸡进行观察,对鸡的活动分析、综合后,发现“鸡叫三遍天亮”,得到一个抽象的单称判断,即鸡的活动具有时间上的周期性节律;

对牵牛花进行观察,对牵牛花呈现状态分析、综合后,发现“牵牛花破晓开放”,得到一个抽象的单称判断:牵牛花的活动具有时间上的周期性节律;

对青蛙进行观察,对青蛙的活动分析、综合后,发现“青蛙冬眠春晓”,得到一个抽象的单称判断:青蛙的活动具有时间上的周期性节律;

对大雁进行观察,对大雁的活动分析、综合后,发现“大雁春来秋往”,得到一个抽象的单称判断:大雁的活动具有时间上的周期性节律;

.....

鸡的活动、牵牛花的活动、青蛙的活动、大雁的活动.....都是生物的活动。由各个抽象单称判断,概括出抽象度更高的全称判断,或说经历分析、综合、抽象,概括,得到一般结论:一切生物体的活动都具有时间上的周期节律性。而分析、综合、抽象,概括,其中必然使用比较与分类,这是我们讨论过的思维过程。思维过程是我们的思维活动必须经历的,而其中使用的方法就是所谓的逻辑方法。而使用归纳法由多个单称判断得出全称判断,就是归纳推理。

(二) 归纳推理的性质

归纳方法是人类获得对客观世界认识的主要方法,归纳推理对于人类以类的方式认识世界具有重要意义。归纳推理结论的一般性认识,无疑是从前提中若干个个别认识概括出来的。但区别为两种情况,一种情况是考察某个类的全部个体对象,根据它们具有的共同属性或特征,得到概括出关于该类全部对象的一般结论。这是完全归纳推理。如,三角形包括锐角三角形、钝角三角形和直角三角形。锐角三角形三个内角和是 180 度、钝角三角形三个内角和是 180 度、直角三角形三个内角和也是 180 度。概括得出结论:所有三角形三个内角和都是 180 度。在完全归纳推理中,结论所断定未超出前提的范围,结论是被前提所蕴含的。所以完全归纳推理具有必然性,可称为必然性推理。另一种情况是只考察一类中的部分个体对象,根据这部分个体具有的共同属性或特征,视为该类事物整体的,概括出该类全部对象的一般结论。这是不完全归纳推理。在不完全归纳推理中,结论所断定的超出了前提的断定范围,是对前提原有认识的拓展。因此,其结论不具有必然性,称为或然性推理。也就是说完全可能存在不符合一般性结论的反例。如,考察各种物体受热和冷却后体积的变化,概括出“物体都具有热胀冷缩的性质”。但是水在温度降低到 4 摄氏度时,体积又是膨胀的。当然,科学上,当出现反例的时候,并不是立刻推翻结论,而是暂时把这个反例作特例处理。从性质上看,归纳推理得到的结论具有可错性。这也是归纳方法或说归纳推理在认识事物方面的局限性。

(三) 归纳推理的种类

归纳推理由于前提与结论的范围的不同,区分为完全归纳推理和不完全归纳推理。在科学上,一般情况下很难考察某一类的所有个体对象,基本上都是不完全归纳法。如,通过对大量青蛙的观察,发现青蛙的前肢发育出四指。尽管观察的青蛙足够多,但也不是全部,不能排除没观察到的有三指或五指的可能。而且青蛙在不断地繁殖,不断产生新的青蛙,也不可能无限地观察下去。因此,我们后面的讨论就是针对不完全归纳推理。

客观世界是一个有内在联系的有机整体,自然界和人类社会的一切事物、现象都不是彼此孤立的,而是相互联系、互相制约的。因果联系是客观事物普遍联系中的一种。归纳方法是人类认识世界的重要方法,也是认识世界因果联系的方法,也就成为探究因果联系的逻辑

方法。何为因果联系？如果一个现象的出现，能够引起另一个现象出现，那么能引起另一个现象出现的现象叫原因，而被引起的现象叫结果。因果联系，既有客观性，也有普遍性，也呈现出时间上的顺序性，即原因在前、结果在后。归纳推理是寻求一类事物的共同特征或属性，但寻找共同特征或属性的性质不同，采用的方式也存在区别。这样，寻找因果关系的归纳方法区分为：求同归纳法、求异归纳法、求同求异共用法、共变法、剩余法和典型归纳法。

1. 求同归纳法是直接寻找一类事物的共同特征或属性获得类概念或普遍性认识。求同归纳方法是指在不同情景中，都有一个因素总是存在，都出现了一个同样的现象，则这个因素与这个现象存在因果关系。如，鸟产卵在鸟窝中孵化出小鸟、乌龟产卵埋在沙中孵化出小乌龟、鱼产卵在水中孵化出小鱼、青蛙产卵在水中发育成小蝌蚪、蚕产卵发育成幼虫……在这些不同的情景中，都有“产卵”这个因素存在，都呈现出同样的现象，即繁殖出了新的个体。则产卵是这种繁殖方式的原因，也就是这种繁殖方式的特征。概括出这种繁殖方式，就是“卵生”。

2. 求异归纳法是通过制造差异的方式间接找到共同特征或属性。求异归纳法是当一个因素存在的时候，有一个现象出现，当这个因素不存在时，这个现象也消失了，则这个因素是这个现象产生的原因。如，准备两块有机玻璃板，其中一块上钻有一些细孔，将吸贴分别按在两块有机玻璃板上。发现吸贴可以牢固地贴在无孔的有机玻璃板上；而有孔的有机玻璃板根本贴不上。从现象上看，有机玻璃板无孔是吸贴可以贴上的原因。但与有孔有机玻璃板比较，不是粘上的，而是吸贴与有机玻璃板间的空气被排出，吸贴背面受到大气压力被压在有机玻璃板上的。因此，得出结论：大气压力使吸贴贴在有机玻璃表面上。大气具有压力，但在日常生活时，我们就处在大气之中，但并没有感受到。这种情况，我们要制造差异，就是把气体去掉，看去掉以后的效果，反过来（或说间接地）感知大气的一种作用——压力。再看“马德堡半球”实验，中医用机械抽气式“拔火罐”，都可以呈现无空气存在的效果，然后感知空气的压力。这时，我们可以概括出一般性结论：空气具有压力。

3. 求同求异共用法是寻找到共同性特征又可以得到差异性特征的归纳方式，从而区分出小类与大类。如果在若干因素出现的情景中，出现一个共同现象；而在这些因素不出现的情景中，都没有这个现象，那么这个现象就与这些要素之间有因果联系。如，导体和绝缘体概念的得出，将铜条、铁条、铝条、干木条、塑料条、橡胶条等分别接入简单电路。可以看到铜条、铁条、铝条使小灯泡亮了；干木条、塑料条、橡胶条不能使小灯泡亮。铜条、铁条、铝条这些因素导致一个共同结果——小灯泡亮了，则这些物体是使灯泡亮的原因。这些物体也就具有容易导电的性质，归为一类，产生一个类概念，即导体。干木条、塑料条、橡胶条这些因素导致一个共同结果——小灯泡不亮，则这些物体是使灯泡不亮的原因。这些物体也就具有不容易导电的性质，归为一类，产生一个类概念，即绝缘体。这两种性质的物体也被区别开来。我们看到，求同求异共用法是一种组合方法，两次用到求同法，一次用到求异法。求异是以两次求同的结果为依据的。

4. 共变法是寻找事物间变化性的联系从而确定共同的规律性特征。在不同的情景中，如果一个因素发生变化，有一个现象也随着发生变化，那么这个因素与这个现象间存在因果关系。如，物体浸入水中其浸入体积与所受浮力的关系。设计一个实验，用弹簧秤提起物体，测出其在空气中的重量，然后将用弹簧秤提着的物体浸入水中四分之一、四分之二、四分之三、全部浸入和继续沉入。弹簧秤在空气中的示数减去物体浸入水中的弹簧秤示数就是浮力。发现物体浸入水中的体积越大，物体所受浮力越大，当全部浸没水中，浮力不再变化。在教学中，各个小组的实验可视为不同的情景。每个小组的实验，都在寻找浸入体积变化与浮力变化的关系。使一个因素变化，就是物体浸入水中的体积变化。考察所出现现象的变化，就是浮力的变化。一般说来，各组实验基本都呈现出物体浸入水中体积越大，浮力越大，体积不变则浮力不变。这就是寻找到的浸入体积变化与浮力变化之间规律性共同特征。

5. 剩余法是通过剩余因素与剩余现象的对应联系找到因果关系的方法。在某个情景中,若干个因素(剩下一个),都对应若干个现象(剩余一个),都找到了因果关系。那么剩下的一个要素就与剩余的一个现象存在因果关系。剩余法好像算数中的减法,在一组复杂现象中,把已知有因果关系的现象减去,再探求剩余现象的原因。也就是由余果求余因。如,人们使用雷达向地球大气的电离层发射电波,然后分析接收的回波,从而研究电离层对电波的影响。可是发现回波往往有所增强。所增强的回波可能是发射波在空中遇到了其它能反射波的物体。在第二次世界大战期间,航空部队用雷达搜寻发射的导弹,发现除了接收到火箭回波外,有时还能接收到距离差不多的另外物体的回波。在观测流星雨期间,当许多看得见的流星经过头顶上空时,发现此时可以接收到很强的无线电回波。由此可以断定,增强的回波是因为流星的存在(王海传,岳丽艳,陈素,李征坤.普通逻辑学[M].北京:科学出版社,2013:307.)。1我们看,流星是我们探索对象以外的剩余因素,增强的回波是我们预期接收到回波以外的剩余现象。这样,将剩余因素与剩余现象对应起来,建立起它们之间的因果关系。因为存在流星,会接收到更强的回波。

6. 典型归纳法是对一类确定事物一个个体的研究得到这一类事物的共有属性。也就是说,从一类事物中选择一个标本作为典型,对它进行考察,然后将其显示的某种属性概括为同类其它个体对象共同具有的属性。如,“麻雀五脏俱全”。就是通过解剖一个麻雀,发现这个麻雀心、肝、脾、胃、肾都有,从而断定所有的麻雀都具有这些内脏。麻雀是一类鸟,所解剖的是一个麻雀,这个麻雀就是麻雀这类鸟的一个典型代表,或称样本。解剖这个麻雀,发现其具有心、肝、脾、胃、肾。这个麻雀的内脏结构应该是整个麻雀类都具有的,所以概括出所有麻雀都具有同样的内脏结构。典型归纳推理的前提是对一个确定的类,任意选择典型性个体作为样本。通过对这个样本的研究,发现其内在属性,再将这些属性推广到这个类。而发现内在属性的过程,就是科学研究的过程。对于有确定类的新属性或内在属性的研究,采取选取典型的方式,更经济和具有效率。因此,典型归纳法是现在科学研究常用的方法。有些逻辑学书中,也称这种方法为科学归纳法。

二、演绎推理

(一) 演绎推理的含义

演绎推理是从一般性认识推出个别性或特殊性认识的推理。在科学上,就是从一般性的科学原理出发,考察某个具体事物是否符合科学原理的条件或说符合科学原理规定的类,得到这个事物具有还是不具有符合科学原理的属性。如,所有金属都可以导电,铜属于金属,则铜可以导电。“所有金属都可以导电”就是一般性科学原理。“铜”是一个具体事物,“铜属于金属”就是对铜符合这个科学原理的类的判断。这时可以得出,铜具有科学原理所描述的属性,即导电性。一般性科学原理是全称判断,对具体事物具有符合科学原理的属性的判断是单称判断。那么,演绎推理就是由一个全称判断得到一个单称判断的过程。

(二) 演绎推理的性质

演绎推理的前提是一般性或称普遍性的认识,而结论是对具体事物的特殊属性的判断。前提范围大于结论的范围,也就是结论蕴含在前提之中,这种推理得出的结论就是必然的,称为必然性推理。也就是说,从“真”的前提出发,可以得到“真”的结论。

科学是追求“真”的知识的。归纳推理是或然性推理,不能保证获得“真”的知识;演绎推理是必然性推理,似乎可以保证“真”的知识的获得。但是,演绎推理所依据的“真”的前提从何而来?它不是天然存在的,而是必须依靠归纳推理从个别事实中概括出来。如果前提存在问题,则演绎推理得到的结论也会出现问题。因此,从方法论层面,无论从归纳推理还是演绎推理,都无法保证获得绝对正确的结论。这也是科学所表现出的可错性或说发展性。这里,对“真”这个字加上引号来说明真的相对性。不论是归纳推理还是演绎推理得到

¹王海传,岳丽艳,陈素,李征坤.普通逻辑学[M].北京:科学出版社,2013:307.

的结论，都是在某种程度、某种精度或某个侧面上对自然世界的近似反映。人类认识上的进步，就是使这种反映不断深化。由归纳推理得到的一般性认识，在演绎推理中获得成功，则每一次演绎的成功，使得归纳结论的可靠性增强。在科学上，归纳推理获得科学认识，演绎推理在应用这些认识。演绎推理实现着科学的解释与预测功能。

（三）演绎推理的分类

直言判断是用一个单句表达的概念间关系的判断，也称为简单判断。由直言判断作出的推理，就是直言判断演绎推理。判断之间关系的断定为复合判断，往往由两个或两个以上的语句来表达。由复合判断作出的推理称为复合判断演绎推理，简称为复合判断推理。由于复合判断的性质不同，区分为联言判断、选言判断和假言判断，对应有联言判断推理、选言判断推理和假言判断推理。

1. 直言判断推理

直言判断是用一个单句表达的概念间关系的判断，也称为简单判断。由直言判断作出的推理，就是直言判断演绎推理，简称为直言判断推理。直言判断推理一般是由三个直言判断组成的演绎推理，也称为三段论推理。具体地说，三段论是借助一个共同的概念把前提概念中另外两个概念联接起来，从而推出一个新的判断为结论的推理。如，凡金属都是导体。铜是金属。则铜是导体。“凡金属都是导体”是一个全称判断，作为一个前提，其中包含“金属”和“导体”两个概念。“铜是金属”是一个单称判断，也是作为一个前提，其中包含“铜”和“金属”两个概念。在这两个前提中，共同的概念就是“金属”，而不同的两个概念“导体”和“铜”被联结起来形成结论，即“铜是导体”。最后的结论也是单称判断。这就是演绎推理的特点，即由普遍性认识推出特殊认识。三个直言判断中，前两个作为前提，一个是全称判断，称为大前提；一个是单称判断，称为小前提。三个直言判断区分开为大前提、小前提和结论。

2. 联言判断演绎推理

联言判断是断定几种事物情况都存在的判断。对于获得联言判断结论的联言推理，是归纳推理的应用。如，声音可以在气体中传播，声音可以在液体中传播，声音可以在固体中传播，所以声音能在气体、液体、固体中传播。这是一个由三个肢判断得到一个联言判断的联言推理。三个肢判断为真，联言判断的结论才成立。若有一个肢判断为假，则无法得出这样的联言判断结论。我们可以看到，三个肢判断的得出，是归纳推理的结果，这个联言判断是在归纳推理的基础上作出的。

联言判断推理是根据联言判断的逻辑特性进行的推理，这个推理是演绎推理。它的前提是联言判断，其逻辑特性：是组成联言判断的各个肢判断为真，则得到真的联言判断结论；有一个肢判断为假，则联言判断的结论不成立。这就是获得联言判断新结论的联言推理。对于使用联言判断结论的联言推理，就是把联言判断作为前提，推出其肢判断的推理。如果联言判断就是“声音能在气体、液体、固体中传播”，以此为前提，“水是液体”作为小前提，推出结论“声音能在水中传播”。联言判断为真，则各个肢判断也为真，也就是“声音能在液体中传播”为真。实际上是以此为大前提，对水能否传声作出判断。这也是联言判断推理的三段论形式。

3. 选言判断演绎推理

选言判断是断定若干种事物中至少有一种情况存在的判断，选言推理是根据选言判断的逻辑特性而进行的推理。它的前提中必有一个是选言判断，另一个前提和结论为直言判断。选言判断的逻辑特性，由于选言判断就是断定若干种事物情况中至少有一种事物情况存在的判断，也就是说在选言判断的各个肢判断中，只要有一个判断是真的，则选言判断的结论为真；只有各个肢判断都是假，选言判断的结论是假。在选言推理中，通常把选言判断的前提叫大前提，把直言判断的前提叫小前提。正由于它的大前提是关于一般原则的判断，小前提

和结论是关于特别情况的判断，所以，选言推理又被称为选言三段论。

4. 假言判断演绎推理

假言判断是陈述某一事物情况存在是另一事物情况存在的条件的判断。假言判断分为充分条件假言判断、必要条件假言判断和充分必要条件假言判断。假言推理就是根据假言判断的逻辑性质进行的推理。

充分条件假言判断，如果作为前提条件的判断为真，那么必有作为结论的判断为真。即前提的存在，必有这个结论的存在，这个前提就是这个结论的充分条件。由联结词“如果……那么……”将条件、结论两个肢判断联接起来。“如果”后面的肢判断称作假言判断的前件，“那么”后面的肢判断称作假言判断的后件。充分条件假言推理，即是根据充分条件假言判断的逻辑特性进行的假言推理。充分条件假言判断的逻辑特性就是前件为真，后件必为真；后件为假，前件必为假。其它两种组合方式，不能保证逻辑真，即前件为假，不能保证后件为假；后件为真，不能保证前件为真。总结出来，充分条件假言推理的规则是：肯定前件即可肯定后件，否定后件即可否定前件；否定前件不能否定后件，肯定后件不能肯定前件。

必要条件假言判断，如果作为前提条件的判断为假，那么必有作为结论的判断为假。即前提条件不存在，必得到这个结论不存在的判断，这个前提就是这个结论的必要条件。也就是得到这样结论，缺此条件不可。必要条件假言判断是陈述一事物情况是另一事物情况的必要条件的复合判断。必要条件假言判断由联结词“只有……才……”将条件、结论两个肢判断联接起来，“只有”后面的肢判断称作前件，“才”后面的肢判断称作后件。如，“只有电池、小灯泡由导线连接成闭合电路，小灯泡才可以被点亮”。这个结论就是必要条件假言判断。“电池、小灯泡由导线连接成闭合电路”是条件，也是前件；“小灯泡可以被点亮”是结论，也是后件。其逻辑特性：一是前件不存在时，后件一定不存在。换句话说，就是前件假时后件一定假，就是说没有构成闭合电路，小灯泡必然不亮。二是后件真时前件一定真，即小灯泡亮了，必有电路是闭合回路。我们看到，将必要条件假言判断“只有电池、小灯泡由导线连接成闭合电路，小灯泡才可以被点亮”，可以改成“只要小灯泡亮了，那么说明电池、小灯泡由导线连接成了闭合电路”。而这个复合判断是充分条件假言判断。也就是说必要条件假言判断可以转化为充分条件假言判断。必要条件假言推理就是根据必要条件假言判断的逻辑特性进行的假言推理。必要条件假言判断的逻辑特性就是前件为假，后件必为假；后件为真，前件必为真。其它两种组合方式，不能保证逻辑真，即前件为真，不能保证后件为真，如由电池、小灯泡、导线组成了闭合回路，不能必然导致小灯泡亮（电池电压低，在闭合回路产生的电流很小，不足以点亮小灯泡）；同样道理，后件为假，不能保证前件为假。总结出来，必要条件假言推理的规则：否定前件即可否定后件，肯定后件即可肯定前件；肯定前件不能肯定后件，否定后件不能否定前件。

充分必要条件假言判断，如果一个假言判断同时满足充分条件和必要条件下的判断，就称为充分必要条件假言判断。就是如果条件存在，则结论必存在，并且条件不存在，则结论必不存在，那么，这个条件就是这个结论的充分必要条件。充分必要条件假言推理是根据充分必要条件假言判断的逻辑特性进行的假言推理。其逻辑特性，即满足充分条件假言判断的逻辑特性，也满足必要条件假言判断的逻辑特性，即肯定前件式、否定前件式、肯定后件式和否定后件式，都是充分必要条件假言推理的有效规则。推理过程：充分必要条件假言推理的大前提是充分必要条件假言判断。小前提是对充分必要条件假言判断前件或后件的断定，结论是对后件或前件的断定。如“等边三角形，三个内角相等”。可以进行推理：三角形三条边不相等，则三角形三个内角不相等；三角形三个内角不相等，则三角形三条边不相等；三角形三个内角相等，则三角形三条边相等。都是正确的必然性推理。这就是充要条件的假言命题，也可以体会到其是等价命题。

三、类比推理

（一）类比推理的含义

类比推理是根据两个或两类相关的对象某些属性相同或相似,从而推出它们在另外的属性上也相同或相似的推理(王海传,岳丽艳,陈素,李征坤.普通逻辑学[M].北京:科学出版社,2013:173.)。2.类比推理的规则是什么?显然,类比推理,首先是要在两个事物间进行对比,一个事物作为对比的对象,可称为对比物;另一个事物将被赋予新的属性,也就是类比物。其次,两个事物必须具备至少一个相同或相似的属性,否则失去类比的基础。再次,对比物的属性多于类比物的属性。最后,得到判断,类比物具有对比物的剩余属性。

（二）类比推理的性质

演绎推理是由一般到特殊的推理,由于结论是符合前提的个别事物,结论蕴含在前提中,所以是必然性推理。归纳推理则是由特殊到一般的推理,由于结论的范围大于前提的范围,也就是结论不是必然蕴含在前提中,所以是或然性推理。类比推理的推理是从特殊到特殊的推理。类比推理是把某对象所具有的属性推移到与之相似的另一对象,结论所作的断定已超出了前提的断定范围。也就是说,它的结论并不被它的前提所蕴涵,即使前提是真的,其结论也只是可能真,而不是必然真。所以,类比推理是或然性的。在科学史上,类比推理的结论为尔后的实践所证实的确有不少,然而被实践推翻的也更多。

演绎推理和归纳推理虽然在思维进程方向上截然相反,但它们都是在同类对象的范围内进行的。类比推理则不受同类中一般与个别关系的严格限制,现实中那些差别极大的殊异对象,都有可能运用类比推理加以推论。人们既可以在两个不同的个体事物之间进行类比,如地球与火星;也可以在两个不同的事物类之间进行类比,如太阳系与原子内部结构;还可以在某类个体与另一事物类之间进行类比,如作为试验对象的某只猴子与人类。因此,类比推理的应用范围很广。

另外,类比推理的结论受前提的制约程度较低。推理是由前提引伸出结论的过程,推理的结论受前提的逻辑制约。但是,在不同的推理中,前提对于结论的制约程度是有差别的。演绎推理的结论被前提所蕴涵,因而受前提的严格限制,否则,结论就不可能是必然的;不完全归纳推理是从特殊到一般,它的结论超出了前提的断定范围,是前提已有知识的推广,因此,其前提对结论的制约程度明显弱于演绎推理。然而,不完全归纳推理的结论需要严密的例证来支持,否则,就很容易犯“以偏概全”的逻辑错误。由此可见,归纳推理的结论仍然在相当的程度上受前提的制约。类比推理是从特殊到特殊的推理。类比推理的前提大多是为结论提供线索,但并未严格地规定和限制它的指向。它往往能把人的认知从一个领域引申进另一个新的领域,其应用具有极大的灵活性。因此,与演绎推理和归纳推理相比,类比推理更富有创造性,它对于科学发现和技术发明来说,具有特别重要的意义。

（三）类比推理的普遍性

在生活中人们经常进行类比推理作出判断。当你在一群人中,发现你的一位老同学。你如何识别出自己的这位老同学?你头脑中存储着老同学的表象,你的视域现场存在这样一个人,这个人与你头脑中表象具有很多相似的地方,你得到共同属性的判断——这两者是同一的。两个事物,即头脑中的表象和眼前的同学;进行对比,在特征属性上有很多相似之处;类比推理,眼前的人应该与头脑中的老同学具有共同属性。这样,你就判断这个人是你的老同学。会不会错?上前搭讪,此人回应,且可以共同回忆上学时的往事,则确定无疑了。在日常生活中,我们进行辨别和识别,经常应用类比推理。

在刑侦破案中的经常使用比较谨慎的类比推理。在刑事案件的并案侦查中,如果发现某案件与另一个(或另一些)案件有相似之处,又知道该案件是某犯罪嫌疑人所为,那么就可以推测另一个(另一些)案件也可能是同一犯罪嫌疑人所为(王海传,岳丽艳,陈素,李征

²王海传,岳丽艳,陈素,李征坤.普通逻辑学[M].北京:科学出版社,2013:173.

坤. 普通逻辑学[M]. 北京: 科学出版社, 2013: 179.)。3谨慎之处在于这种类比是基于一个大概率前提, 即连续作案的犯罪嫌疑人在作案动机、时间、场所、手段等方面都有一定的规律和相似之处。

在科学活动中也经常进行类比推理, 尤其在科学认识的早期阶段。如亚里士多德关于地球是球体的推断。每当月食发生的时候, 会看到月亮被遮住部分的外轮廓为圆弧状。而用光照射一个球体, 不论从什么角度照射, 其投影都是圆面。这两种现象中, 都是遮光形成阴影, 阴影都具有圆的性质, 类比推理得出遮光物具有相同的特征, 即地球应该也是球体。再如, 引力场概念的提出。电荷周围存在一种物质, 称为电场。电荷对电荷的作用力, 是一个电荷产生电场, 这个电场对另一个电荷产生力的作用。反之亦然。表现出电荷间的引力或斥力作用。物体间存在万有引力, 这种引力也不应该是超距作用, 也应该有一种类似于电场这样的场的起作用, 称为引力场。这样, 类比得出引力场存在的判断。当然, 科学是要实证的, 科学家投入到证明引力场存在的科学活动中。

不论在日常生活中作出判断, 还是在专业的司法推理活动, 甚至更为抽象的科学思维, 可以体会到, 类比推理普遍应用在人类思维活动的各个领域。

(四) 类比推理在科学上的独特作用与意义

类比推理是科学发现的一种形式。如奥斯特发现电流的磁效应。首先, 要考察如何选择两种事物, 寻找相似性, 进而类比得到新性质。当电和磁的概念都已经建立, 人们思索电和磁应该统一起来, 既电和磁应该存在联系。奥斯特本人就是在这种大统一的思想下联想和想象进而探索电与磁的关系。当他偶然发现, 通电导线旁的磁针发生偏转时, 静止的电荷不能产生磁, 但运动的电荷可以产生磁。也就是说, 磁针在磁场中会发生偏转; 磁针在通电导线旁发生偏转, 通电导线周围应该存在磁场。我们看到, 寻找到对比物是依靠联想和想象的。由对比物寻找到类比物的新性质依靠类比推理规则。但事情并没结束, 类比推理是或然的, 其结论的可信度需要更多证据支持。安培继续进行更多的实验, 包括将通电导线弯曲成各种形状, 去吸引铁、吸引铜, 隔一定距离吸引铁, 等等。证明通电导线的性质在很多方面都与磁的性质相同。最后的推理结论是电流产生磁场。从科学史上看, 很多科学发现是类比推理的结果。

类比推理是构建科学模型的一种方式。如原子核式结构模型。当卢瑟福通过 α 粒子散射实验推知原子内部是很空旷的, 原子大部分质量和全部正电集中在一起, 称其为原子核。在原子核外存在电子。(原子中存在的电子是由汤姆逊阴极射线所证明的。)但是, 在非常小的原子内, 带负电的电子与带正电的原子核距离非常近, 会存在巨大静电引力。这个引力应该将电子与原子核拉到一起, 但实验事实是原子内部很空旷。这时联想到行星绕太阳的运动。行星与太阳间存在万有引力, 这个引力是保持行星绕地球转动的向心力。如果电子与原子核之间的引力作用, 是保持电子绕原子核转动的向心力, 则电子就不会被吸引到原子核上。由此类比推理得到判断——电子绕原子核旋转。这个结论被大家认同, 成为共识, 则原子核式结构模型, 也称为原子行星模型, 建立起来了。

类比推理是解释科学现象的一种方式。如宇宙膨胀学说。根据开普勒效应, 当一个发声的物体远离你运动时, 你所听到声音的音调降低, 即声音频率减小; 当这个物体朝向你运动时, 你所听到音调升高, 即频率增大。用光来测量天体之间距离时, 呈现的科学事实是——反射光的频率低于发射光的频率。说明天体间的距离在增大, 即天体彼此远离运动。在可见光范围, 紫光频率高, 红光频率低。这种光频率减小的现象, 形象地称为向红光方向移动, 天体这种相互远离的现象就称为宇宙红移。根据宇宙红移, 说明整个宇宙在不断膨胀。如何向公众解释这种膨胀现象呢? 科学家取一个气球, 在气球表面上画上若干个点。向气球内充气, 气球则不断膨胀, 气球表面上的这些点彼此远离, 距离增大。若这些点表示众多天体,

³王海传, 岳丽艳, 陈素, 李征坤. 普通逻辑学[M]. 北京: 科学出版社, 2013: 179.

天体彼此远离，类比推理得到宇宙空间在膨胀。这里运用类比推理形象地解释了宇宙膨胀的科学判断。

第三节 科学思维过程

思维过程要经历分析、综合、抽象、概括和比较、分类各个过程，但我们也看到不管是得到科学概念还是得到规律性判断，都是获得新的科学认识过程。引发两个问题，一个是获得新科学认识后，要依据科学知识进行解释和预测，这时思维过程的要素是什么？另一个是获得新科学认识的过程，一定要包括分析、综合、抽象、概括、比较、分类各个过程吗？因此，对思维过程还要进一步考察。

基于逻辑学的视角，思维过程体现为推理，而推理的方式由遵循的规则或说方法决定。对应的就存在归纳推理、演绎推理和类比推理。下面从这三个方面考察思维过程的表现形态。

一、归纳推理的思维过程

归纳方法是从多个前提出发，寻找到它们共同的特征或属性，得到普遍性结论的思维方法。应用归纳方法得出判断的过程就是归纳推理。“果实是由果皮和种子构成的”，这是关于果实这一类事物的普遍结论。这个普遍结论，是在“苹果是由果皮和种子构成的”、“桃子是由果皮与种子构成的”、“大豆是由果皮和种子构成的”、“柿子椒是由果皮和种子构成的”等多个前提出发，根据共同的结构特征，推理得出的。“空气占据了气球内的空间”、“空气占据了塑料袋内的空间”、“空气占据了针管内的空间”、“空气占据了水杯内的空间”等多个前提，发现共同的现象，推出普遍结论“空气占据空间”。“铜导电”、“铁导电”、“铝导电”等多个前提，发现，“铜”、“铁”、“铝”是一类性质的材料，即金属。概括出结论，也是作出普遍结论，即“金属导电”。可以看出，前面用来讨论思维过程的例子，都属于归纳推理。我们也发现，这些例子所呈现的思维过程，都经历了分析、综合、抽象、概括、比较、分类各个分过程。因此，我们得出结论：归纳推理要经历思维过程的所有分过程。完整的表述出来，即归纳推理是经历了分析、综合、抽象、概括、比较、分类各个分过程的完整的思维过程。

归纳推理过程，客观上要求必须遵从思维过程的顺序性。人们对世界的认识，都是从个体开始的。对个体的认识要先分析，再综合，在综合的基础上形成对个体的抽象判断。对群体或说一类事物的认识，建立在对各个个体的抽象判断上，得到更高层次的或说更普遍的判断，即概括。先抽象，后概括。在教学中，要求学生拆解科学事物的各个关键部分或科学过程各个关键阶段，仔细分析。在仔细分析的基础上，才可寻找到突出特征或突出属性，从而得到对个体科学事物的抽象。对各个科学事物分析、综合后，得到一系列的抽象判断，才可以比较获得它们的共同特征或共同属性，概括出普遍结论。由于任何科学事物或科学系统，都是具有各种特征、各种属性或各种联系的，而我们带领学生获得科学认识，总是从一个特征、一种属性或某一种联系进行的。或者换一个角度看，教学是按主题有目的的进行的。首先，教师选择的科学实例是要符合具体科学认识目的或说符合教学目标要求。其次，在分析过程，教师要引导学生观察指向目标的（至少是抽象判断目标）部分或阶段，即所谓的关键部分和关键阶段。其它与目标无关的部分或阶段只是隐性存在着，关键部分或关键阶段要明显认识出来。不是将尽量多的特征和属性在分析阶段认识出来。

二、演绎推理的思维过程

演绎方法是从一般性或普遍性的原理出发，对个别事物符合原理的条件作出判断，推出这个事物具有的特征或属性。使用演绎方法得出新的判断的思维过程就是演绎推理。如果说归纳推理是特殊到一般的推理，演绎推理刚好反过来，是一般到特殊的推理。我们看到，演绎推理的出发点是归纳推理得出的普遍结论，依据普遍结论对个别事物具有特征或属性的判断。其思维过程不同于归纳推理。

首先看，演绎思维过程的出发点是归纳推理概括出的普遍结论，则此思维过程不包括概括。如“果实是由果皮和种子构成的”、“空气占据空间”、“金属导电”，都是概括出的普遍结论，但是在归纳推理过程概括出来的，概括过程在归纳推理，只是成为演绎推理的前提。其次，考察“对个别事物符合原理的条件作出判断”经历的思维过程。如判断一个“梨子是不是果实”，将梨剖开，看到梨具有果皮和种子，得到判断，梨有果皮和种子。这个过程就是我们前面阐释的分析、综合过程。得到的结论过程是抽象。再看，“粉笔的孔隙中有空气吗？将粉笔放入水中，会出现很多气泡迅速上升，这些气泡出自粉笔，是水将粉笔孔隙中的空气挤压出来，得到判断：粉笔孔隙中有空气。也经历了分析、综合和抽象。对“金属导电”，判断一种材料（如铅）是不是金属，也会经历同样的思维过程。最后看，梨符合果实的共同特征，判断梨是果实；粉笔孔隙中有空气，符合空气占据空间的属性，判断空气占据了粉笔孔隙的空间；铅属于金属，判断铅可以导电。这些是演绎推理得到的新的判断，是对个别科学事物的判断，仍然是抽象过程。比较和分类是贯穿思维过程的，同样存在于演绎思维过程。

总起来看，演绎思维过程包括分析、综合、抽象、比较和分类，但不包括概括过程。思维过程流程是从归纳推理概括出的普遍结论出发，经历分析、综合、抽象、再抽象过程，而比较、分析贯穿整个思维过程。强调一点，思维是“想”，在科学过程中，是与“做”结合在一起，由“做”呈现出来。会体会到“做”和“想”都在进行。这是与逻辑学纯“想”的区别。

三、类比推理的思维过程

类比方法是根据两个或两类事物在一系列属性上相似，从而推出它们在另一个或另一些属性上也相似的思维方法。应用类比方法得出新的判断的过程就是类比推理。类比推理，首先是要在两个事物间进行对比，一个事物作为对比的对象，可称为对比物；另一个事物将被赋予新的属性，也就是类比物。其次，两个事物必须具备至少一个相同或相似的属性，否则失去类比的基础。再次，对比物的属性多于类比物的属性。最后，得到判断，类比物具有对比物的剩余属性。

考察亚里士多德关于地球是球体的推断。每当月食发生的时候，会看到月亮被遮住部分的外轮廓为圆弧状。而用光照射一个球体，不论从什么角度照射，其投影都是圆面。这两种现象中，都是遮光形成阴影，阴影都具有圆的性质，类比推理得出遮光物具有相同的特征，即地球应该也是球体。这是一个类比推理过程。对月食轮廓的考察，地球遮太阳光在月球上形成阴影，是分析过程；对月食的整体认识是综合过程，认识结论表达出来，即月食的外轮廓为圆弧状，是抽象过程。对球体投影面的考察，球体遮光出现圆面阴影是分析过程；整体认识是综合过程，表达出来，即球体遮光的阴影面总是圆面，是抽象过程。通过对比，推出地球是球体，是新的判断，又一次经历抽象过程。比较与分类也同样存在于分析、综合和抽象过程，即比较与分类存在于类比推理过程。总起来看，类比推理经历了分析、综合、抽象和比较、分类。

将归纳推理、演绎推理和类比推理三种思维过程进行比较，归纳推理经历的过程是最完整的，也是顺序性最强的。演绎推理不包括概括过程，但是是以归纳推理概括的结论为前提展开思维过程。类比推理也不包括概括过程，而且与归纳推理概括的结论无关，即不经历概括过程，也不依赖概括结论。各个思维过程共同包括了比较、分类、分析、综合和抽象。

第四节 科学推理在小学科学教学中的应用

一、获得科学认识的归纳推理

人类在对自然世界的认识过程中，要大量观察，归纳总结，获得客观事物的共同特征或关键属性，寻找自然存在的内在原因和发生发展规律。当小学生学习新的科学内容或说获得

新的科学知识，遵循人类科学认识规律，也主要采用归纳方法，经过归纳推理获得科学认识。

（一）归纳推理应用的总体要求

运用归纳推理，首先必须收集和占有事实材料。而收集和占有材料的方式就是观察、实验、旁证和调查。对科学来说，主要是观察和实验。对于亲自获得的现场材料或者是获得的二手资料，在这里区分为直接性观察和间接性观察。直接性观察，是有目的、有计划，通过个体感官获得的事物属性或特征的观察。如，小学科学教学中，观察植物的根、茎、叶、花、果实和种子等；观察月相、岩石标本、矿物标本等；观察运动的特点、声音的音强和音调、物体的沉浮等，这都是直接性观察。间接性观察，是指通过视频、照片甚至描绘图这些反映事实的资料进行的观察。如，观察动物活动的视频或动物图片，观察火山、地震、海啸等视频或图片等，这些是间接性观察。实验也是观察，但具有特殊含义，即科学上为阐释某个原理而创设特定条件，人为地引起和控制现象的发生，以观察其变化的过程和产生的结果。这样，实验可以起到对事物精确研究的作用，也可以起到稳定某种现象或让某种现象重复出现而揭示原因或规律。总结起来，归纳推理是以获得大量科学事实为前提的。

在小学科学中，求同归纳法、典型归纳法应用最多，求异归纳法和共变归纳法使用情况也不少，而求同求异共用法、剩余法鲜有使用。因此，我们详细讨论求同归纳推理、求异归纳推理、共变归纳推理和典型归纳推理。

（二）求同归纳推理的应用要点

求同归纳推理是寻找科学事物的共同特征或属性获得科学认识。而依赖共同特征或属性的科学概念和科学判断的学习就是使用求同归纳推理。第一，由实指定义获得的指称性概念，其特点就是对科学事物反复指认，使实指物与概念建立对应关系。尽管实指定义获得的科学概念没有清晰阐释概念的共同特征或属性，但是这些共同特征或属性是隐含在被反复指认的事物中的。由此，实指定义应用的过程，就是使用求同归纳推理的过程。第二，只由列举定义说明的概念或科学结论，因为要列举若干实例，也是使用求同归纳推理。但是也经常不明确共同特征或属性。如，“种子的传播方式”，“风将种子吹到远方、水将种子漂到远方、果实爆裂将种子弹射出去、动物食用果实再将果实中的种子排泄到其它地方……这些都是种子的传播方式”。第三，使用属加种差定义的概念和由各个单称判断概括得到的全称判断，如果是直接通过共同特征或属性得到的，那么要使用求同归纳推理。

对于第三种情况，在教学中，要提供若干反映事物共同特征或属性的典型实例。对这些典型实例经历分析、综合、抽象，得出单称判断。由各个单称判断概括出进一步抽象的全称判断。如，铜丝接入电路使小灯泡发光、铁丝接入电路使小灯泡发光、铝丝接入电路使小灯泡发光……对每一种情况进行分析、综合后，得到对应的抽象的单称判断，即铜丝容易导电、铁丝容易导电、铝丝容易导电……对各个单称判断概括出更抽象的全称判断：像铜丝、铁丝、铝丝这样容易导电的物体称为导体。这样得到导体的概念。

（三）求异归纳推理的应用要点

求异归纳推理也是寻找科学事物的共同特征或属性获得科学认识。但与求同法不同的是通过制造差异的方式。其主要针对的科学概念或科学结论中关键特征或属性存在还是不存在的差异对比，揭示出共同特征或属性。尤其是构成科学概念或科学结论的关键特征或属性无法清晰被感知，最好的方式只能是采用求异归纳推理。如，“振动产生声音”，采用求同归纳推理，就是鼓面振动，听到鼓声；琴弦振动产生琴声；哨子中空气振动产生哨音等，概括得到物体振动产生声音。这个科学结论也可以采用求异归纳推理，使鼓面停止振动，鼓声消失；使琴弦停止振动，音声消失；使哨子内空气静止，哨音消失。振动存在，有声音存在；振动停止，声音消失。得到结论：振动与声音的存在具有因果关系。但我们再看前面使用过的例子，就是“空气具有压力”。我们就生活在空气中，但是我们却感觉不到空气的压力。这时认识空气压力的最好方法就是把空气去掉看看效果，也就是采用求异归纳推理。

在教学中,要提供若干反映事物共同特征或属性的典型实例,然后进行具有一个因素与不具有这个因素所产生现象进行对比,特别是不具有这个因素可以更强烈地引起感知。对这些典型实例经历分析、综合、抽象,得出单称判断。由各个单称判断概括出进一步抽象的全称判断。还是“空气具有压力”实例,两块有机玻璃板(其中一块上钻有一些细孔),将吸贴分别按在两块有机玻璃板上。对比发现吸贴与玻璃板间无空气,则吸贴外部空气将其压在板上。得到一个单称判断:空气压力将吸贴牢牢压在玻璃板上。“马德堡半球”实验。将球内有空气和无空气情况两半球能否容易被分开进行对比,发现球内抽真空后,球内没有空气压力,而球外空气仍然存在,说明“马德堡半球”很难被拉开,是球外空气压力作用。得到一个单称判断:空气压力把马德堡两个半球紧紧压在一起。中医用机械抽气式“拔火罐”,人的皮肤表面是平滑的,将抽气“拔火罐”紧压在皮肤上,然后抽出“拔火罐”内的空气,皮肤表面突起如“包”。皮肤表面失去空气,会鼓起来,而平时是平滑的,说明平时就存在空气压力。得到一个单称判断:我们皮肤表面也存在空气压力。通过差异比较得到的各个单称判断,都说明空气存在的地方就存在空气压力。可以概括出一般性结论:空气具有压力。

(四) 共变归纳推理的应用要点

共变归纳推理是寻找一个因素变化和随之变化的现象间的变化规律。在科学上,对于事物间变化规律认识的科学判断,一般都要使用共变归纳推理。如,“合理密植,提高产量”,选择试验田,种植密度分别为密度1、密度2、密度3、密度4、密度5,考察不同种植密度情况下的产量,分别标示为产量1、产量2、产量3、产量4、产量5。这就是寻找密度变化和产量变化间的关系。如果密度1、密度2、密度3的产量1、产量2、产量3逐渐升高,而密度4、密度5的产量4、产量5又降低了,则找到密度3是最高产的密度。找到最高点的理想曲线是正态分布。如果密度5时,产量5最大,则需要进一步增加密度,一直找到下降情况,才可断定最大。

规律是复杂的,但我们寻找规律的方法力求简单。使用共变归纳推理时,主动变化的因素或说控制为变化的因素,要求其按一定方向均匀变化,然后考察随之变化的现象。等间隔采集数据,才易于得到规律性认识。如,“凸透镜成像特点”。物通过凸透镜成像,涉及三个物理量,即焦距、物距和像距。一般情况,选定一个透镜,其焦距就是确定的。然后控制物距的变化,寻找像的位置(即被动变化的是像距),观察像的特点。物距如何变化?物可以由远及近向透镜移动,也可以由近及远远离透镜,一般方便情况选择后者。一定使物距向一个方向变化。同时要规定等间隔变化,如远离透镜2厘米、4厘米、6厘米、8厘米、10厘米、12厘米、14厘米……若所选择透镜的焦距是5厘米,则可看到的现象是光屏上无像、倒立放大的像、倒立等大的像、倒立缩小的像……光屏上无像的情况,向透镜方向看去,可见放大正立的像。作为区分这种情况的像称为虚像,而可投射到光屏上的像称为实像。凸透镜成像的规律性特点,就是在一倍焦距以内,成放大正立的虚像,放大是指像与物比,像比物大,但虚像本身也在变大;在一倍焦距以外两倍焦距以内,成倒立放大的实像,但像本身在缩小;在两倍焦距处,成等大倒立的实像,此处是一个关键点,即所成实像由放大将转为缩小;在两倍焦距以外,成缩小倒立的实像,随物距增大,这个实像本身不断缩小。我们看到,当使物距这个因素单方向等间隔变化时,像会呈现出虚、实,大、小,正立、倒立等显著特点的规律性变化,也呈现出像本身在一个区间内也是变化。在像变化的整个过程有两个关键点,一个是由放大变为缩小的关键点,即两倍焦距处;还有一处是虚像转为实像的关键点,即一倍焦距处,但此处不好观察到,由理论可以准确说明。如果我们在教学中,指定三个恰好可以呈现凸透镜成像显著特点的位置,学生可以体验感知建构知识,但是却不符合共变归纳推理的操作要点,失去了探索性。

当多因素变化影响一个共同现象变化,这时就要对多个因素进行控制。这也就是所谓的“控制变量法”。如,物体获得的加速度是施加在物体上的力和物体本身的质量决定的。如

何寻找“力”、“质量”与“加速度”的关系？我们可以先控制或说保持质量不变，看施加的力变化与加速度变化的关系；再保持施加的力不变，看质量变化与加速度的关系。得到“力越大，加速度越大”和“质量越大，加速度越小”的结论，这就是在控制变量的情况下，分别运用了共变归纳推理。精确实验下再将两种情况组合起来，得到“加速度与力成正比，与速度成反比”。这就是著名的牛顿第二定律。在小学科学上，讨论影响摩擦力大小的因素，也是同样的道理。影响摩擦力大小的因素有两个，即物体的重量和接触面的粗糙程度。同样接触面，看不同重量物体在移动中所受摩擦力大小；同样物体在不同接触面上的摩擦力大小。然后将两个因素与结果的关系组合起来，得到“物体越重，接触面越粗糙，摩擦力越大”。“控制变量法”不只局限在共变归纳推理。如，“植物的向光性”。在暗盒中种植物，植物生长的土壤、水分、温度都保持一样，这就是控制变量。在暗盒不同位置挖小孔或说开小窗，发现植物都偏向小窗生长，而小窗是透光的地方，说明植物生长具有透光性。这种情况，运用的是求同归纳推理。

（五）典型归纳推理的应用要点

典型归纳推理是对一类事物的内在属性的揭示。由于要在一类事物中选择一个个体进行研究，首先个体所属类应该充分可靠。如果类不清晰，所选个体将失去典型性。接下来，对所选择的个体或说事物对象进行深入观察实验研究，揭示出深层次特征或内在属性，这也是运用典型归纳推理最重要的部分。最后，必须将揭示的个体属性推广到个体所属的类，就是获得普遍性认识。

典型归纳推理也是从一个清晰的类为前提出发的，也是对一个特殊事物对象进行研究，这与演绎推理很相似。但是演绎推理是得到一个关于特殊事物的特殊结论，而典型归纳推理却是关于一个特殊事物的研究得到这个事物所属类的普遍性结论。

二、深化科学认识的演绎推理

当人类应用归纳推理得到关于自然世界的认识，这种认识成果会指导人们解释自然和改造自然的实践活动。小学生应用获得的科学认识去解释自然现象或生活现象，理解科学原理的作用。从学习角度看，是对获得科学知识深入理解；从认识规律看，是深化科学认识，即每一次演绎的成功，都是对归纳结论可靠性的证实。

（一）直言判断推理的教学应用

直言判断推理为三段论式推理，是一种必然推理，其依据的原理就是：凡对一类事物有所肯定，则对该类事物中的每一个事物也有所肯定；凡对一类事物有所否定，则对该类事物中的每一个事物也有所否定。这样，三段论推理，就明确出“证明格”和“区别格”。使用“证明格”的规则是，大前提必须是全称判断，小前提必须是肯定判断，才能得到真的肯定结论。如，空气占据空间，粉笔置于水中有气泡产生，则粉笔中有孔隙。“气泡”表明空气存在于粉笔中，“孔隙”表明粉笔中有“空间”。使用“区别格”的规则是，大前提必须是全称判断，小前提必须是否定判断，才能得到真的否定结论。如，昆虫是六足节肢动物，蜈蚣有很多足（不是六足），则蜈蚣不是昆虫。在小学科学教学中，一般情况，我们是通过归纳推理获得一般性的科学结论。在一节课的后段，往往设计有“应用”或“拓展”环节，就是应用科学结论进行演绎推理。这个过程，一个是加深对科学结论的理解，也是了解科学结论的解释功能、预测功能；另一个是理解“学科学、用科学”的意义。

（二）联言判断推理的教学应用

在小学科学学习中，对事物具有的综合特征或属性的判断，很多使用联言判断推理。如我们熟悉的“纯净的水没有颜色，没有味道，没有气味，会流动，没有一定的形状。”这是一个联言判断，而其得出是以归纳推理得到的“水没有颜色”、“水没有味道”、“水没有气味”、“水会流动”、“水没有一定的形状”各个判断为真的前提下，把这些特征综合起来，经过联言推理得到的结论。这也是我们讨论概念定义方式中的合取定义。将上面关于纯净水的结论

作为前提，我们根据联言判断的逻辑特性对特殊物体是否是水进行联言推理。如，酱油是黑色的，则酱油不是纯净水。在联言判断中，一个肢判断是“水是没有颜色的”，“酱油是有颜色的”，则酱油的特征不符合这个肢判断，则酱油不属于联言判断所确定的水这类。同样的推理过程，酒精是有味道的，则酒精不属于水。这就是一个肢判断是假的，则联言判断的结论为假或说不符合联言判断的结论。只有满足联言判断的各个肢判断为真，才能符合联言判断推理结论的真或者说才能符合联言判断结论。再有像“植物生长需要适宜的肥料、阳光、水和温度”、“光合作用需要阳光、水和二氧化碳”等，都是联言判断。断定是联言判断，依据其逻辑特征，即各个肢判断必须真，联合判断结果是联言判断。这些联言判断的得出，是运用联言判断推理；而它们对具体事物是否符合联言判断的断定，也是运用联言判断推理。

（三）选言判断推理的教学应用

选言判断的各个肢判断如果可以同时存在，称其为相容的；如果不可以同时存在或说彼此是对立的称为不相容。这样选言判断有相容与不相容之分，相应地，选言推理分为相容选言推理和不相容选言推理两种。

相容选言判断就是断定事物情况中至少有一种（可以是全部）事物情况存在的判断。它的联结词常用“或”、“或者”表示，还可以用“可能”“也许”。相容选言推理是根据相容选言判断的逻辑特性（即选言肢可以同真）进行的选言推理。它的大前提是相容选言判断。相容选言推理只有一个正确式，即否定肯定式。在相容选言推理中，小前提否定一个选言肢，结论肯定另一个选言肢。如，若要增大物体的摩擦力，可以采用增大物体的重量，也可以增加接触面的粗糙程度。人走路过程如何防滑？防滑就是要增加摩擦力。人的体重是基本不变的，可以在鞋底作上花纹增加接触面的粗糙程度。这就是基于相容性选言判断的选言推理。

“增大物体重量”和“增加接触面的粗糙程度”都可以增大摩擦力，这两个肢判断是可选的，也是可以同时存在的，所以属于相容性选言判断。而否定“增大物体重量”这个肢判断，就必然选择“增加接触面的粗糙程度”的肢判断，这就是否定肯定式的相容选言推理。

不相容选言判断就是断定其选言肢中有并且只有一个选言肢为真的选言判断。不相容选言判断的联结词常用“要么__要么__”“或者__或者__”表示。不相容选言推理是根据不相容选言判断的逻辑特性进行的选言推理。即各个选言肢不能同时为真。它的大前提是不相容选言判断。不相容选言推理，包括两种情况：一是肯定否定式，二是否定肯定式。肯定否定式即小前提肯定大前提的一个选言肢，结论否定大前提的其余选言肢。如，既有雄蕊又有雌蕊的花，叫做两性花，否则是单性花。一朵花要么是两性花，要么是单性花。桃花既有雌蕊又有雄蕊，是两性花，所以，不是单性花。这是包含两个肢判断的不相容选言推理，肯定了一个肢判断，就否定另外的肢判断。否定肯定式即小前提否定大前提除一个以外的所有选言肢，结论肯定这一未被否定的选言肢。如，动物有性繁殖后代的方式或者是卵生或者是胎生。熊猫不是卵生，所以，熊猫是胎生。这是包含两个肢判断的不相容选言推理，否定了一个肢判断，就肯定了另一个肢判断。再如，物体传热的方式或者是传导，或者是对流，或者是辐射。太阳不是通过传导、对流的方式向外传递热的，所以，太阳是通过辐射的方式向地球传热的。这是包含三个肢判断的不相容选言推理，否定了两个肢判断，则第三个肢判断必然被肯定。

在小学科学学习中，也存在很多选言推理的运用。在科学探究的猜想和假设阶段，经常做出选言判断，然后作出选言推理。如，对影响摆摆动快慢的猜想。根据摆的结构因素和摆动中的操作因素，猜想后作出假设：摆的摆动快慢可能与摆长有关、可能与摆球重量有关、可能与摆角大小有关。再如，水位高，小水轮转得快；水流量大，小水轮转得快；所以，小水轮转得快，可能是水位高，也可能是水流量大。对于辨别和识别，也经常用到不相容选言推理。如，节肢动物包括甲壳类、螯肢类、多足类和六足类。蜻蜓属于六足类（昆虫），则它不属于其它类。等等。

（四）假言判断推理的教学应用

1. 充分条件假言推理的应用

充分条件假言推理的大前提是充分条件假言判断。小前提是对充分条件假言判断前件或后件的断定，结论是对后件或前件的断定。如，“天上下雨，地面会湿”。“天上下雨，地面会湿”是事实真，或说天上下雨，地面必定会湿，这个判断就是充分条件假言判断。这个假言判断构成假言推理的大前提。我们看到窗外下雨了，就是肯定了大前提中的前件，这个对前件的断定就是小前提。我们没看地面，也可以判断“地面湿了”，这是前件被肯定得到的对后件肯定的断定，也就是我们的结论。我们又看到了大前提、小前提和结论，这是充分条件假言推理的三段论。由天上下雨，判断出“地面湿了”是逻辑真，与大前提的事实真相符。这是充分条件假言推理的一种有效规则，即肯定前件，后件必成立。称为肯定前件式。如果我们早晨拉开房门，看到地面很干爽，会得到结论：夜里没下雨。这个结论与事实必然相符。如何得到这个结论的？大前提还是“天上下雨，地面会湿”，小前提是对后件的否定，即地面没湿，得到对前件的否定，即没有下雨。这也是充分条件假言推理的一种有效规则，即否定后件，前件必不成立。称为否定后件式。如果说“天上没有下雨”，不能必然得到地面不湿。地面湿，可能是下雨了，也可能是人工洒水，也可能是管道漏水等。同样的道理，地面湿了，也不能得到“天上下雨”的结论。换句话说，就是否定前件，不能必然否定后件；肯定后件，也不能必然肯定前件。而演绎推理是必然性推理，则充分条件假言推理的有效规则就是肯定前件式和否定后件式。

2. 必要条件假言推理的应用

必要条件假言推理的大前提是必要条件假言判断。小前提是对必要条件假言判断前件或后件的断定，结论是对后件或前件的断定。如，“只有物体产生振动，才会有声音产生。”前件是“物体产生振动”，后件是“有声音产生”。前件存在是后件存在的必要条件，这是必要条件假言判断。这个假言判断“只有物体产生振动，才会有声音产生”，作为必要条件假言推理的大前提。如果“物体没有产生振动”，是对前件的否定断定，构成了小前提。可以推出否定后件的断定结论“物体不会发出声音”。这是符合必要条件假言判断逻辑的推理，是必要条件假言推理的一种有效规则，即否定前件式，也就是否定前件必否定后件。如果大前提没变，小前提是肯定后件“物体发出了声音”，得到对前件的断定“物体振动了”。这也是必要条件假言推理的一种有效规则，即肯定后件式，也就是肯定后件必肯定前件。对比可以看到与充分条件假言判断的有效方式正好相反。

3. 充分必要条件假言推理的应用

充分必要条件的假言推理也称为等价推理，即充分必要条件假言推理的规则存在四种：肯定前件即可肯定后件；肯定后件即可肯定前件；否定前件即可否定后件；否定后件即可否定前件。且都是有效的推理规则。可由下面四个例子来说明。

例 1：“当接触的两个物体温度不同时，温度较高的物体则会向温度较低的物体传递热”。温度不同，是热传递的充分条件，即只要温度不同，就会发生热传递；温度不同，又是热传递的必要条件，即只有温度不同，才会发生热传递。所以这个判断是充分必要条件假言判断。前件是“接触的两个物体温度不同”，后件是“温度较高的物体则会向温度较低的物体传递热”。整个判断就是充分必要条件假言推理的大前提。将“烧热的勺子放入冷水中”，是对前件的肯定，构成小前提。得到对后件的肯定“勺子会向冷水传递热”是推理的结论。通过肯定前件而肯定后件，属于肯定前件式。

例 2：“对于带电体，如果物体带同种电，它们彼此相互排斥”。带同种电，是物体相互排斥的充分条件，即只要物体带同种电，则它们接近产生相互排斥；带同种电，又是相互排斥的必要条件，即只有带同种电，它们之间才会排斥。所以这个符合判断是充分必要条件假言判断。前件是“物体带同种电”，后件是“相互排斥”。整个判断构成充分必要条件假言推

理的大前提。而“将塑料尺子与头发摩擦后接近毛皮摩擦过的橡胶棒，发生了相互排斥的现象”，是对后件的肯定，构成小前提。得到对前件的肯定“塑料尺子与橡胶棒带的电是同种电”是推理的结论。通过肯定后件而肯定前件，属于肯定后件式。

例3：“如果一个叶柄上生有一个叶片，则这种叶是单叶”。因为当且仅当一个叶柄上生有一个叶片，才命名为单叶。这个复合判断也是充分必要条件假言判断。前件是“一个叶柄上生有一个叶片”，后件是“这种叶是单叶”。“如果一个叶柄上生有一个叶片，则这种叶是单叶”作为大前提。考察大豆的叶，发现“大豆叶的一个叶柄上长有3个叶片”，是对前件的否定，构成小前提。得到对后件的否定，“大豆的叶不是单叶”，这就是推理后的结论。通过否定前件而否定后件，属于否定前件式。

例4：“当物质发生了化学变化，则产生了新的物质”。也是当且仅当物质发生化学变化，才产生新的物质。这个判断也属于充分必要条件假言判断。前件是“物质发生了化学变化”，后件是“产生了新的物质”。“当物质发生了化学变化，则产生了新的物质”作为大前提。考察水结冰的过程，发现“水结冰的过程没有产生新的物质”，是对后件的否定，构成小前提。得到对前件的否定，“水结冰不是化学变化”，这也是推理后的结论。通过否定后件而否定前件，属于否定后件式。

在小学科学中，存在很多充分必要条件假言判断结论，因此会经常进行充分必要条件假言推理。而且可以灵活使用四种推理规则。如，把一团纸塞进玻璃杯底，然后将杯子倒立放入水里，如果水进去了，那么纸就会湿。实验现象：纸没湿。说明水没进去。也可以说水没进去，所以纸未湿。而将杯子斜插入水中，实验现象：纸湿了。说明水进去了。或说水进去了，所以纸湿了。

三、激发联想想像的类比推理

类比推理是或然性推理，要想得到可靠的结论，需要很多证据支撑。而当很多证据可以说明同一现象或属性时，其与归纳推理很类似了。但类比推理在科学上非常重要的意义是可以指出研究方向，成为科学研究的先导。

（一）类比推理的特殊性

逻辑思维方法包括归纳法、演绎法和类比法。非逻辑思维包括想象、联想、直觉、灵感和顿悟。依据归纳方法进行推理，称为归纳推理；依据演绎方法进行的推理，称为演绎推理；依据类比方法进行推理，称为类比推理。但是归纳推理有其有效的规则，现在认同的是穆勒五法，即求同法、求异法、求同求异共用法、共变法、剩余法，它们也成为科学上寻求因果关系的方法；演绎推理也有其有效的规则，包括亚里氏多德的直言判断三段论法，复合推理中依据联言判断性质的联言推理、依据选言判断性质的选言推理和依据条件判断的假言推理等。而考察类比推理，却没有复杂的规则，且经常涉及想象和联想。似乎这种推理处于逻辑思维和非逻辑思维的交界处。

世界上事物千千万万，为什么将这两个事物放到一起，还要推断出一个事物的新属性？显然取决于我们认识新事物或研究新事物的需要。基于我们要识别的事物或要认识的事物，联想我们熟悉的事物，甚至想象将我们熟悉的事物进行重新组合或变形，去搜索到与我们要识别或认识的事物具有相似属性的事物。这样，我们才可以由类比规则推理出欲认识事物的新属性。寻求类比物的过程，需要联想、想象。而联想或想象的结果有时是突发，这时表现为直觉和顿悟。因此，类比推理的全过程，既有非理性的想象，也有依规则的理性推断。

推理是从一个判断得到一个新的判断。类比推理的结论具有怎样的性质？如我们看到天上下雨，地上会湿。这是一个现实因果关系判断，也是一个充分条件的假言判断。进行假言推理，有效的“格”是：天上下雨，地面会湿；地面没湿，天上没下雨。即肯定前件，可以肯定后件；否定后件，可以否定前件。得到必然性的结论为真的判断。但是，“天上没下雨，地面不会湿；地面湿了，天上下雨了。”是无效的假言推理。而生活中，我们经常看到地面

湿了，做出判断：下过雨了。人们是在用充分条件假言推理的无效格式吗？实际上，人们是在利用类比推理得到的判断。“天上下雨，地面会湿”，对这一现象，具有“下雨”和“地湿”两个属性。当我们眼前的现象具有与我们头脑中“天上下雨，地面会湿”的共同属性“地湿”，对比得到判断“下雨”这个新属性。换一个角度，就是由两个现象具有共同的结果“地湿”，对比得到具有共同原因“下雨”的判断。也就是说，类比推理，恰恰是充分条件假言推理的无效格式。从逻辑学角度看，类比推理是从一个特殊的判断得到一个特殊的判断，属于或然性推理，即其结论具有可错性。那么，类比推理的可信性在哪？其意义何在？因此，类比推理里得到的结论，在生活中运用，需要更多证据支持，才能增强其可信度；在科学上，需要进一步实验证实。如上面的由“地湿”，得到“下雨”的类比推理，如果看到屋顶是湿的、树叶是湿的，这些证据使“下雨”的判断为真的可信度大大增强。

（二）类比推理教学应用

类比推理是从一个特殊的判断得到一个特殊的判断，属于或然性推理，即其结论具有可错性。因此，类比推理里得到的结论，在生活中运用，需要更多证据支持，才能增强其可信度；在科学上，需要进一步实验证实，才可增强与所反映客观现实的一致性。如前面讨论过的，由“地湿”，得到“下雨”的类比推理，如果看到屋顶是湿的、树叶是湿的，这些证据使“下雨”的判断为真的可信度大大增强。

类比推理虽然列入逻辑方法范畴，但其具有非逻辑方法特征。在日常生活中到科学研究中，普遍运用类比推理。小学生的科学学习也必定会运用类比推理获得科学认识。特别是类比推理在科学研究中的重要作用，要求我们在小学科学教学中，明确类比推理的特性，重视这种思维方法，帮助学生获得科学认识。

积累丰富表象，奠定小学生类比推理的基础。类比推理要求两个科学事物，一个是对比物，一个是类比物。根据对比物的剩余性质，推出类比物具有的新性质。小学生的科学认识具有生活经验性，也就是说可用于对比物的表象源于生活经验积累。但在学习某一个科学新知识时，这种积累不足以对应新知识点。这时需要教师提供各种对比物的学习，获得丰富的对比物的形象认识，为类比得到类比物的新性质做好铺垫。如上面提到的亚里士多德从月食现象得到的地球是球体的判断。在小学科学教学中，要准备球体、圆柱体、圆锥体等，先用光照射各种几何体，观察投影（阴影）面形状。通过改变照射光的角度，改变各种几何体放置的姿态，观察各种投影形状，发现只有球体在任何光照角度、任何放置姿态下，其投影面都是圆面。呈现各种各样的月食，食面的轮廓都是圆弧形的，这时判断遮光物体（地球）是球体。这样，前期对比物的铺垫，对于经验表象不够丰富的小学生来说，是一个运用类比推理的重要准备工作。在要求小学生独立运用类比推理得到新认识时更为重要。

遵循类比规则，学习科学上类比推理的严谨性。日常生活中使用类比得到判断，常常是直接类比，即对比物和类比物有一个相似属性，对比物比类比物多一个属性，则判断类比物具有与对比物剩余属性相同的新属性。如“天上下雨，地面湿。”则由“地面湿”，判断“天上下雨”，很有错的可能。而司法、科学利用类比推理得到判断则要谨慎、严格，才能得到可靠的结论。如何谨慎、严格呢？这就要求对比物与类比物的相似属性尽量多。或者说，多个类比推理指向相同的结论。也可以说，需要尽量多的证据。如魏格纳提出的“大陆漂移学说”。当魏格纳看到地图上大洋对岸的海岸线其凸出的地方对面大致是凹进的，联想到它们可能原来是一体的，它们漂移分裂开来成为现在的样子。我们看看魏格纳得到这个结论的推理过程。首先看，魏格纳进行了对比。对比物是什么？当我们把一张报纸撕成几块，会出现凹凸对应的曲线边缘。这个现象就是存在于头脑中的对比物。类比物是大洋对岸边缘凹凸对应的大陆块。对比物与类比物的共同特征是凹凸边缘对应。对比物的多余属性是凹凸对应特征源自同一个物体。判断类比物也具有这个属性，即分裂开的大陆块是一体的。这个推理过程，就是类比推理，而且是直接类比推理，与日常生活中类比无异。我们为什么相信“大陆

漂移学说”呢？实际上魏格纳为证明这个结论，从古生物学、地质学、古气候学三个方面收集了大量证据。在古生物学方面，主要是大西洋两岸存在的许多生物的亲缘关系；在地质学方面，主要是大西洋两岸的岩石、地层和褶皱构造的相似性和连续性；在古气候学方面，主要是指出两极地区曾有热带沙漠，而赤道地区有冰川的痕迹（吴国盛. 科学的历程[M]. 长沙：湖南科学技术出版社，2013：612.）。当发现这些性质或特征都在很大程度上相似，则确立了最早结论的可靠性，直接类比判断也上升为一种科学理论。魏格纳寻找证据的过程，就是进行了多次类比推理——对岸大陆岩石性质相同，大陆是一体的；生物存在亲缘关系，大陆是一体的；寒带（热带）气候特征中具有热带（寒带）气候因素，大陆是一体的。每一次类比推理都指向了同一个结论，则结论是可靠的。作为对比物，将报纸撕成几部分，对应部分边缘凹凸对应、撕裂的图形是对应的、撕裂的文字也是对应的、边角也是有组合特征的。即一张报纸撕开，有多个对应特征或说属性。作为类比物，大洋对岸的大陆，凹凸边缘是对应的、岩石属性是相同的、存在的古生物是相同的、气候是相似的。即有多个特征或属性满足同一要求，则得到可靠判断“大陆原来是一体的，现在漂移分裂开来”。也就是说，对比物和类比物相似特征或属性越多，类比推理的结论越可靠。在教学中，可以用增加证据的方法，也可以多次类比的方法，还可以用增加相似属性的方法，帮助学生认识到科学上类比推理的严格性。

利用类比推理的想象性、联想性，发挥学生的创造性。日常生活中的类比推理，经常是以头脑中积累的事物及其发生发展过程表象作为对比物，将眼前的事物作为类比物，得到生活中遇到的现象及其发生原因的判断。而科学上的类比推理，是以认识新事物或事物的新属性为目的的。寻找到与新事物具有多个相似属性的对比物且能够揭示新事物或新属性，是需要联想和想象的，是一个艰苦的过程，充满了创造性。如阿基米德发现测量浮力的方法。阿基米德一直在思考用黄金打造的皇冠是不是纯金。当他坐进盛满水的浴盆时有许多水溢了出来，他突然意识到溢出水的体积正好应该等于他自己的体积。如果把皇冠浸入水中，水面上升的部分就是皇冠的体积。这就是类比推理。可以看到，将对比物和类比物联系起来，是突发性的联想（吴国盛. 科学的历程[M]. 长沙：湖南科学技术出版社，2013：145.）。正是类比推理的这种特性，提供了培养学生创造性想象的机会。如上面所谈的魏格纳的“大陆漂移学说”的学习。可以将一张报纸撕成几部分，打乱。然后要求学生将碎片拼接起来。学生确信拼接正确的依据是凹凸边缘的对应、文字对应、图形对应、边角对应。再让学生观察地球仪上大洋对岸大陆边缘形状，再进一步引导，如何确认相对应大陆是一体的。这时，要想象和联想，是不是岩石应该一样、土壤应该一样、动物植物应该一样……结合魏格纳寻找证据的科学史实，认识到“大陆漂移学说”是如何建立的。虽然学生通过联想、想象是学习新知识，而不是创造知识，但可以训练学生的联想、想象意识，培养其创造性人格。