



基于逻辑的 小学科学教学设计

叶宝生 王灵华 刘春梅◎著



叶宝生，首都师范大学初等教育学院教授，首都师范大学科技教育中心主任。北京小学科学教学研究会常务理事。长期从事小学科学教师和科技辅导员的培养和培训工作。主要研究领域为小学科学教师培养研究、小学科学教学研究和科技教育活动研究。编著有《小学科学教育的理论和方法》《多元化小学科学教育的理论与实践》和《小学科学课堂教学资源的开发与应用》。

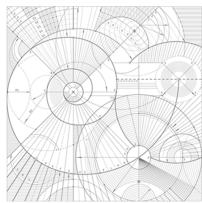


王灵华，北京市平谷区小学科学教研员，北京市小学科学特级教师。北京市平谷区第一、二届小学科学名师工作室主持人。教育部中小学教师培训项目课程主持专家、北京教育学院远郊区县培训教师。北京市优秀青年教师，全国优秀教研员，首都劳动奖章获得者。参编首师大版《科学》教材及配套教师教学用书，《科学观察实验报告册》《小学科学学科主题教育教学案例研究》和《小学科学课的实践、探索与反思》等。



刘春梅，从事小学科学教学工作21年。任教于北京市平谷区山东庄中心小学。撰写多篇小学科学教学文章发表在教育期刊。曾被评为北京市平谷区“十佳青年教师”、优秀教师，北京市小学科学“做中学”实验优秀教师，中国教育学会科学教育分会学会系统优秀教师，北京市优秀教师。

序



科学作为人类认知自然世界的过程，思维方法的运用具有独特的认识论价值。在培养学生科学素养和培养未来科学人才的科学教育中，思维能力培养是其中重要的组成部分。在小学科学教育中，培养小学生的科学思维能力，又具有其对应的阶段性特点。科学能力是在应用科学方法的科学学习中习得的，科学能力又是在使用科学方法的科学活动中体现出来的。同样，思维能力是在思维方法的应用中习得的，也是在科学思维活动中体现出来的。作为小学科学教师，应该深刻理解科学思维过程、学习思维方法、把握小学科学概念，在小学科学教学设计中显性表达和运用思维方法，才能在小学科学教学实施中有效培养学生隐性的思维能力。因此，帮助小学科学教师将丰富的教学经验与明确的逻辑思维运用结合起来，努力实现对学生思维能力培养的有效性，是本书的编写目的。

本书以逻辑学为基础，将小学科学教学中涉及的思维问题提炼出来，从思维过程、思维方法和思维形式三个方面，讨论小学生科学认识的获得和应用，由小学科学教师根据思维逻辑进行教学设计并实践。对分析与综合、抽象与概括、比较与分类构成的思维过程，对归纳、演绎、类比等思维方法内涵，对概念、判断、推理等思维成果形式，都应用小学科学例子进行解释。同时，结合具体案例进行思维过程分析、思维方法应用分析和包括过程与方法的综合分析。这些案例也是逻辑思维综

合运用的示范。这是本书的编写原则。

本书内容一共有五章和一个附录。第一章，小学科学思维概述，主要讨论了小学科学概念体系中概念和判断两种思维成果形式。对小学科学概念和小学科学判断作出分类和说明，对小学生概念学习特征进行了分析。第二章，小学科学学习中的思维过程，主要阐释分析与综合、抽象与概括、比较与分类的内涵和在教学中的体现。对比较与分类的方法特征进行了分析。第三章，小学科学概念的定义方式，主要讨论如何形成概念。根据内涵定义、外延定义和语词定义的逻辑学划分，主要讨论了小学科学概念定义中经常应用的性质定义、功用定义、发生定义三种内涵定义，实指定义、列举定义两种外延定义和规定性语词定义（一种语词定义）。重点说明其在教学中的运用。第四章，小学科学学习中的推理，主要讨论了求同归纳推理、求异归纳推理、共变归纳推理和典型归纳推理；联言演绎推理、选言演绎推理和假言演绎推理；类比推理。重点阐释这些推理的教学应用。第五章，基于逻辑的教学设计分析，主要说明思维过程中各要素分析是各自独立的，但这些要素综合性地贯穿整个教学过程。对具体主题教学中思维各要素的呈现和应用进行综合分析。附录讨论了增强感知觉的观察实验方法。观察实验设计包括逻辑的，也包括感知觉的。作为科学观察，是以感知觉为基础的。观察实验是获得科学认识的必要手段，是思维得以进行的前提，是无法回避的。基于感知觉的观察实验不在本书逻辑体系内，因此，仅作为附录提供参考。

由北京市平谷区教育研修中心小学科学教研员、特级教师王灵华老师统筹，平谷区山东庄小学的小学科学市级骨干教师刘春梅老师带领，平谷区小学科学核心组教师进行理论分析和教学实践，由首都师范大学叶宝生教授统稿，最终完成本书。参加本书的编写人员如下：北京市平谷区教育研修中心王灵华，北京市平谷区山东庄小学刘春梅，北京市平谷区第三小学

曹丽荣，北京市平谷区靠山集中心小学陈秋梅，北京市平谷区北杨桥中心小学高喜军，北京实验二小平谷分校王建交，北京市第三小学于海滨，北京市平谷区第八小学贾明杰，北京市平谷区大华山中心小学张春霞，北京市夏各庄中心小学唐艳丽，北京实验学校平谷分校刘春梅，首都师范大学叶宝生。

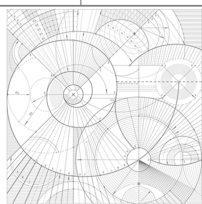
本书可作为小学科学教师的教学指导用书，也可以作为小学科学教育专业学生的学习辅导用书。本书是以逻辑学为基础，结合小学科学教学特点，通过小学科学教师的教学实践初步形成的。由于是理论结合实践的一种努力尝试，不论在理论方面还是实践方面，肯定存在很多缺陷和漏洞，希望得到使用者的意见反馈和建议。

本书的成书过程，平谷区小学科学研究团队付出了艰辛的劳动，湖南科学技术出版社有限责任公司赵龙老师进行了认真严谨的审校。在此一并表示感谢！

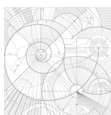
叶宝生

2018年5月

CONTENTS 目录

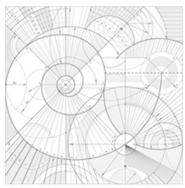


第一章 小学科学思维概述	001
第一节 思维.....	001
第二节 小学科学概念体系.....	004
第三节 小学生概念学习特征.....	019
第二章 小学科学学习中的思维过程	024
第一节 思维过程概述.....	024
第二节 小学科学教学思维过程分析.....	030
第三节 思维过程的表现形态.....	039
第三章 小学科学概念的定义方式	044
第一节 概念定义概述.....	044
第二节 小学科学概念的定义方式.....	050
第三节 依据定义方式进行概念教学设计的要点.....	060
第四章 小学科学学习中的推理	082
第一节 小学科学中的归纳推理.....	083
第二节 小学科学中的演绎推理.....	116
第三节 小学科学中的类比推理.....	133



CONTENTS 目录

第五章 基于逻辑的教学设计分析.....	149
第一节 “空气占据空间”的教学逻辑分析.....	149
第二节 “光的反射”的教学逻辑分析.....	153
第三节 “大陆漂移”的教学逻辑分析.....	163
附录：增强感知觉的观察实验方法.....	169
第一节 感知觉与科学观察.....	169
第二节 观察实验方法.....	176



第一章 小学科学思维概述

第一节 思维

一、思维定义

从“脑”的角度看，思维出现了不同的定义形式。恩格斯说：“思维是能的一种形式，是脑的一种职能。”^①毛泽东指出：“思维是人在脑子中运用概念以作判断和推理的功夫。”^②还有的人认为思维就是思考问题，就是通过概念、判断、推理反映对象物的本质、全局、内部联系的认识活动。^③

从认识的角度看，有的人认为思维就是人的理性认识。人的认识需要经过两个步骤：第一步是接触外界的事物，在人脑中产生感觉、知觉、表象，属于感性认识阶段；第二步是综合感性认识的材料加以整理和改造，逐步把握事物的本质、规律，产生认识的飞跃，形成概念，进而开展判断和推理，属于理性认识阶段，也就是思维阶段。有的人认为思维是在人的头脑中进行的一种运动形式，把感性认识排斥在思维之外是不对的，所以思维既是感性认识又是理性认识。还有的人认为认识

①恩格斯. 社会主义从空想到科学的发展 [M]. 北京: 人民出版社, 1972: 81.

②毛泽东. 毛泽东选集 (1—4 卷合订本) [M]. 北京: 人民出版社, 1991: 262—267.

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: 3.

是思维能力的一种表现，认识中存在着思维，但是思维并不等于认识活动。^④

从反映客观世界的角度看，思维在反映客观世界时具有两个基本特征：概括性和间接性。概括性表现在思维不但能够反映个别对象物，而且能够反映一类对象物；不但能够反映对象物的非本质属性，而且能够反映它们共同的本质属性。间接性表现在思维能够根据已有的认识推出新的认识，对根本不能直接感知的对象物及其属性加以反映，获得新的认识。基于此，有的人认为思维是人脑对于客观世界的间接的、概括的反映。^⑤

综上所述，我们发现看待思维的角度不同，大家对思维的理解既有相同之处又有不同之处。一般意义上讲，“想一想”“思考思考”“动脑筋”等，都是思维。我们从心理学角度看，人通过感知觉获得外部信息，这些信息存储在大脑中，即产生记忆。凭借记忆信息，人们可以进行辨别和识别，也可以进行抽象判断。首先看记忆，没有记忆，思维无法进行。一个“失忆”的人，总是“想不起来”，无法识别，也无法判断。因此，记忆是思维的基础。再看辨别和识别，是应用记忆信息，将头脑中的储存形象与客观物比较，从相同与不同方面作出判断。最后看抽象判断，是将形象的记忆信息转化为语言、符号等抽象信息。由此我们可以概括出来：思维就是记忆信息的转化和应用。

二、思维分类

按照不同的标准，可以对思维的基本形式进行如下的区分。

1. 从思维构成的要素看，思维分为感性思维与理性思维。感性认识是认识的第一个阶段。它是人们的感官直接接触客观

^④刘怀惠. 什么是思维? [J]. 国内哲学动态, 1980 (10): 21-22.

^⑤普通逻辑编写组. 普通逻辑 (第五版) [M]. 上海: 上海人民出版社, 2010: 7.

事物产生的，是关于事物的现象、事物的各个片面和事物的外部联系的认识，包括感觉、知觉、表象三种形式。理性认识是人们通过抽象思维获得的关于事物的本质、事物的整体和事物的内部联系的认识，包括概念、判断、推理。

2. 从思维的依靠基础看，思维分为经验思维和形象思维。经验思维是建立在直观动作和情感之上并摆脱了这种思维的限制而形成的直观思维。它离不开人们的日常行为和日常活动，是人们日常生活的感受、体验的产物，也是经验社会化过程的必要环节。形象思维是在感性现象认识的基础上，通过意象、联想和想象来揭示对象物的本质及规律的思维形式。

3. 根据思维的方向性，思维分为顺向思维和逆向思维。顺向思维是思维通路遵循既定趋势的顺逆思维。逆向思维是思维通路逆反既定趋势的顺逆思维。

4. 根据思维的具体运用，思维分为发散思维和聚合思维。发散思维是以某一观念为核心向四面八方展开的聚散思维。聚合思维是以某一观念为核心从四面八方趋向核心观念的聚散思维。

5. 从思维的参照体系看，思维分为单一化思维和多样化思维。单一化思维是指在思维活动中，只考虑到事物的某一方面，而不顾及其他方面关系的一种思维过程。多样化思维是指从不同层次，对事物进行多维度、多方面、多变量的系统考察的一种思维过程。

6. 从思维是否符合逻辑看，思维分为逻辑思维和非逻辑思维。逻辑思维来自于人脑对客观事物本质和规律的反映，是人们对感性认识材料进行加工制作而形成的理性认识，具有预测、论证、导引事物发展方向的功能。逻辑思维的形式主要是指概念、判断和推理。^⑥ 非逻辑思维与之相反，是不符合逻辑

^⑥列宁. 哲学选集（第一卷）[M]. 北京：人民出版社，1990：88.

思维的规则、规律的思维。非逻辑思维的形式主要有直觉、灵感、想象等。

本书是从思维是否符合规则的角度对思维进行分类的，即逻辑思维和非逻辑思维。从逻辑思维出发，分析小学科学教学设计。

第二节 小学科学概念体系

概念是思维的基本单元。思维的结果是形成概念和作出判断，概念、判断也称为思维形式。小学科学课程所选取的科学学习内容是以大概念的形式构建出小学科学概念体系。从逻辑学角度看，这个概念体系包括了科学概念和科学判断。概念与判断的性质是不同的，我们要对小学科学教学设计进行逻辑分析，就必须区分出科学概念和科学判断。我们先从形式上进行划分，即科学概念对应科学语词、科学判断对应科学结论（规律或原理）。

一、概念和判断的形式

逻辑与语言之间的关系是十分密切的。这是因为逻辑的研究对象是思维，而思维和语言是不可分割的。无论是思维的产生，还是思维活动的实现以及思维成果的表达、传播，都要借助于语言。没有语言这种符号表征的思维是不存在的。思维与语言之间的联系，具体表现为思维的逻辑形式与语言形式总是联结在一起的，即概念、判断和推理的存在和表达需要运用语词和语句。

（一）概念和语词

语词是概念的表达形式，概念是语词的思想内容，二者是不可分割的。概念的形成和存在必须依赖于语词，不依赖语词的概念是不存在的。换句话说，任何概念都是通过语词来表达的。概念可以用一个词或一个短语来表达，如“动物”是用语

词表达的概念，而“各种各样的动物”就是用短语表达的概念。因此，我们考察小学科学知识体系，用语词或短语表达的思维形式或思维成果，才可称为逻辑学上的概念。

概念是反映事物本质属性的思维形式，也可以表述为反映一类事物特殊属性或关键特征的思维形式。后一种表述更好理解。每一个事物都有自己的属性，且都具有多种属性，如颜色、形状、硬度、韧性，等等。每个单个事物除了具有自身的属性，还与其他事物发生联系，表现出其功能属性，如透明度、导电性、导热性、漂浮性，等等。事物与属性是不可分离的，在一类事物的属性中，有本质属性和非本质属性，本质属性是决定一事物与他事物相区别的属性；非本质属性不仅为本事物所具有，也为他事物所具有，对区别某个事物不具有决定意义。例如，“人”的本质属性是“有语言，会思维，能制造和使用工具”，这些属性是其他动物不具有的。而人有四肢躯干，有眼耳鼻舌，这些是非本质属性，因为这些属性不仅人具有，其他很多哺乳动物也具有。因此，用来作为概念的语词，必须能够反映出事物的本质属性，否则只是语词，而非概念。对于小学生而言，如果只知道表达概念的语词，而不理解概念的意义，只能称其知道概念词，而非具有概念。概念与语词不是一一对应的，即不是所有的语词都是概念。从语言学角度，汉语中语词分为实词和虚词两大类，实词可以表达概念，而虚词一般不表达概念。

在逻辑学上，同一个概念可以用不同的语词来表达，如番茄和西红柿、屎壳郎和蜣螂；也存在一个语词在不同的语境中表达不同的概念，如“本末倒置”“本本主义”“书本知识”中，“本”的内涵各不相同。但是，科学上，要求用统一的语词表达科学概念，尤其是科学术语，既保证对科学事物指称的明确性，也避免在科学交流中产生歧义。尤其是在科学中运用符号表达概念，能在使用各种语言的世界范围保持概念的统一

性。物理学追求概念和规律表达的数学化就体现出这个特点。

概念，根据不同的标准，可以有多种分类。逻辑学上，一是以概念所反映的对象的数量范围或者外延中对象的数量多少而区分的概念，有普遍概念、单独概念和虚概念。普遍概念，也叫类概念，指以两个或两个以上的事物为反映对象的概念。它的外延一般具有很多对象，如“金属”“昆虫”“丘陵”等。单独概念是以某个独一无二的、特定事物为反映对象的概念，如“地球”“牛顿”“北极星”等。虚概念是外延为零的概念。这类概念所反映的对象在现实世界根本不存在，如“天堂”“小鬼”等。二是以概念所反映的对象内容而区分的概念，有实体概念、属性概念和关系概念^⑦。实体概念是以具体事物为反映对象的概念，如“兔子”“河流”“茎”等。属性概念是以事物的属性为反映对象的概念，如“导电性”“硬度”“绝缘体”等。关系概念是以事物之间的关系为反映对象的概念，如反映数量关系的“大于”“小于”“等于”等；反映时间关系的“早于”“晚于”“同时”等；反映方位关系的“在……之上”“在……之下”“在……之间”等。关系概念存在于至少两个或两类事物之间，通过及物动词和表达关系的词组表达。其他标准的概念分类，读者可以参阅相关的逻辑学书籍。科学上，从科学概念的来源和概念所指称事物的性质方面，作出概念的分类（在本节后面的内容会详细讨论）。

（二）判断和语句

判断是对思维对象有所断定的思维形式。断定某对象具有某种属性或对象间具有某种关系，是对对象有所肯定；断定某对象不具有某种属性或对象间没有某种关系，是对对象有所否定。肯定或否定，都是有所断定。如果在思维中对一定对象没有进行断定，即既不肯定什么，也不否定什么，那就不是判

^⑦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：

断。判断必有所断定。判断作为一种思维形式，通常是关于事实的判断。根据其内容与实际是否相符而区分为真假。判断所断定的对象情形同实际的对象情形可能相符，也可能不相符。相符的判断为真，不相符的判断为假。判断必有真假。

判断是用语句表达的。语句是由语词按语法规则构成的，对应而言，判断是由概念间的逻辑规则构成的。“人”是一个概念，“脊椎动物”是一个概念，“人属于脊椎动物”是一个判断，断定人与脊椎动物的从属关系。因此，判断反映的是概念间的关系。判断与概念的区别，除了其语言形式上语句与语词的区别外，在性质上，概念是用来指称对象的，自身无所断定；而判断是对指称的对象作出断定，如“金属”指称的是一类物体，“导体”是指称可以导电的一类物体，两者都是概念，概念反映了事物的共同特征或关键属性，不涉及真假。“金属是导体”则是作出了判断。若通过实验看到，金属可以导电，则此判断为真，否则为假。

判断和语句的关系如同概念和语词的关系，既相互联系，又有明确的区别。语句是判断的语言表达形式，判断赋予语句以真假意义，这是它们的联系。它们的区别，一是判断和语句具有学科性的本质差别。判断是逻辑学的研究对象，运用判断要遵从逻辑规律；语句是语言学的研究对象，运用语句要遵守语言规则。二是判断要用语句表达，但不是所有的语句都可以成为判断。从语言学角度，存在四种语句，即陈述句、感叹句、祈使句和疑问句。逻辑学上，陈述句肯定可以形成判断；特殊的感叹句，如有实际意义的感叹，“这花多美啊！”可以作为判断；特殊的祈使句，如强制性要求，“不许触摸电线！”可以作为判断；特殊的疑问句，如反义疑问句，“难道物体能自己飞上天吗？”可以作为判断。一般情况的感叹句、祈使句和疑问句不能形成判断，如“啊，科学！”（感叹句），“请随手关门！”（祈使句），“明天下雨吗？”（疑问句）都无所断定，不具

有真假，也就不是判断。科学上，科学作为人类对自然的认识成果，是用陈述句表达的理论体系^⑧，其结论形式除概念外都是判断，所以也就不具有语言学和逻辑学意义上的复杂性，关注的重点就是陈述语句。但是，科学结论作为对自然世界发生、发展规律的认识，必有所断定，也必涉及真假，科学也就必冒风险。

判断依不同的标准，可以有多种分类。这里，根据判断是用一个单句还是复句，分为简单判断和复合判断。简单判断是用一个单句表达概念间关系的判断；复合判断是对两个或两个以上简单判断之间关系的判断。简单判断又分为性质判断和关系判断。性质判断是直接断定对象物具有或不具有某种性质的判断。因其对对象物性质的断定简单明了，也称直言判断。根据对象物的数量，区分为：一是单称判断，即说明一个特定对象或事物具有或不具有某种性质的判断，如“地球是太阳系中的一个行星”；二是全称判断，即说明一类事物的全部对象都具有或不具有某种性质的判断，如“物体受热体积膨胀，物体冷却体积缩小，即热胀冷缩”；三是特称判断，即说明一类事物中存在着一定数量的对象具有或不具有某种性质，如“大多数的鸟会飞”。简单判断中的关系判断，是断定对象物之间具有某种关系的判断，有对称性关系，如“光路是可逆的”；从属性关系，如“鱼是脊椎动物”。复合判断又分为联言判断、选言判断和假言判断。联言判断是断定几种事物情况都存在的判断，一般由两个或两个以上的简单判断联结而成，如“水是无色、无味、透明的液体”。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，如“植株枯萎了，或者是水量不适宜，或者是温度不合适，或者是有虫害”。假言判断又称条件判断，是指断定一种事物的情况存在或不存在是另一个事物情

^⑧刘大椿. 科学哲学 [M]. 北京：中国人民大学出版社，2011：262.

况存在或不存在的某种条件的判断，如“如果给一物体足够大的初速度，它就可以摆脱地球的引力飞向太空”。简单判断的真假要看是否与实际符合，复合判断的真假取决于其包含的各个肢判断的真假。

概念、判断和推理都是思维形式。概念、判断及其关系，我们已经作了讨论。而推理是从一个或多个判断得到一个新的判断。这时，我们要从过程和结果两个方面考察“推理”。从结果看，推理的结果还是判断，尽管是新的判断，仍然是与判断同义的，具有名词性质。从过程看，推理是思维方法的使用，具有动词的性质。作为动词使用的推理，将在本书第四章中详细讨论。

二、小学科学概念

依据首都师范大学出版社出版的小学《科学》教材中的知识内容，参照《小学科学课程标准》知识内容划分的物质科学、生命科学和地球与宇宙三个领域，区分出科学概念和科学判断。

从逻辑学角度我们知道，概念是反映事物本质属性的思维形式。同理，科学概念是在科学认识中反映事物本质属性的思维形式。它是科学思维的“细胞”，是思维结构的基本单位。然而，我们必须从科学角度考察科学概念。

首先，考察科学概念的来源。科学概念的来源很广泛，由客观事物提供的像“水”“山”“桌子”这样有具体指向的分类性的概念；现代科学在实验室中由操作仪器“制造”出现象提供的像“阴极射线”“电磁波”“光电效应”等实验概念；构建科学理论时提出的“电”“原子”“基因”等理论概念；也有与日常生活相联系，但意义已发生变化的，如力学中“力”、电磁学中“场”和生物学中“种”等转义概念。科学概念总是与科学事物相联系的，或指向客观物，或代表经验事实（实验现象），或嵌入科学理论体现其意义，或同时具有前面两个或

三个关系。

其次，基于科学概念的来源，我们来考察科学概念具有的共同性质。实体概念，如“水”，很显然指向自然存在物，是确实可以感知的存在；而理论概念，如“电”，也指向了自然存在物，却无法用感官直接感知。我们是在关于“电”的理论中获得“电”这个概念的意义。摩擦琥珀，可以吸引轻小物体，这种吸引作用是电的一种表现；打雷、闪电，富兰克林证明也是电的表现。有两种不同的电，一种规定为正，另一种规定为负，形成所谓的静电理论。电可以转移，在金属中可以流动，形成电流，电流可以做功，形成电流理论。电可以产生电场，电场又可以产生磁场，形成电磁场理论。我们看，“电”这个概念，可以处于静电理论系统，也可以处于电流理论系统和电磁场理论系统。在每一个系统中，“电”这个概念都会与系统中的其他概念构成一个概念网络。在概念网络中，决定了“电”与科学现象的关系，同时，“电”也在这种关系中得到证明，并显示其意义。回过头，再看“水”的概念，它对应了可感知物的存在。它也分别在自己的概念网络中。“水是解渴的，水是动植物生活必需的”，“水”这个概念处于生物生存系统；“水是无色、无味、透明的液体”，这个概念处于物质系统；而“水是由两个氢原子和一个氧原子结合而成的一种物质”，则进入化学分析系统。“水”这样的实体概念与“电”这样的理论概念具有共同的性质：具有指向性，都处于不同的概念网络中且获得其意义。实验室制造的概念、转义概念，都可以分别归入上述的两类概念。这样就得到科学概念的基本性质：从形式看，科学概念对现实世界具有指向性，每一个科学概念都处在一个系统中并与系统中的其他概念构成一个概念网络；从结果看，每一个科学概念在概念网络中与其他概念的联结决定了和科学现象的关系，通过这种关系与现实世界对应，或得到模型证明。

科学概念的性质如何成为我们对一个科学语词是否是科学