

实验教材通讯

(科学) 第27期 兰州 2016年5月19日

探索儿童的科学

——课堂中的科学实践

(第五届教科版小学科学优质课评选暨研讨会)

教育科学出版社

目 录

科学实践——一个既熟悉又陌生的话题

一、文献阅读

《美国国家科学教育框架草案》第五章第三部分：科学和工程实践

二、深入理解

(一)科学家如何工作——从科学发现看科学实践

(二)STC《漂浮与下沉》单元——从教学设计看科学实践

三、历史回顾

(一)刘默耕《自然课到底是干什么的？——小学自然教学漫谈(一)》

(二)张之仁《像科学家那样进行科学探究》

四、大会资料

(一)专题报告

唐小为、丁邦平《“科学探究”缘何变身“科学实践”？》

(二)现场课教学设计

之一：《种子的萌发》（四年下）……………重庆市北碚区朝阳小学 廖晓星

之二：《里面是怎样连接的》（四年下）……………北京人大附中实验小学 袁涛

之三：《热是怎样传递的》（五年下）……………郑州市金水区纬五路二小 单华瑞

之四：《水珠从哪里来》（三年下）……………浙江省温州安阳实验小学 王小梅

之五：《摆的研究》（五年下）……………甘肃省兰州市东郊学校 谢晓斌

之六：《磁性大小会变化吗？》（三年下）……………天津市红桥区跃进里小学 陈杰雨

科学实践——一个既熟悉又陌生的话题

欢迎大家来到兰州，和我们一起继续关注和研讨“科学实践”这个科学教育的新观点。

2014年10月，我们曾在第四届教科版小学科学优质课评选暨研讨会（郑州）上进行了第一次专题研讨。因为认同“科学实践”这一观点，并准备将其融入我国的课程设计，教材编写组的全体老师投入了这项活动，直接指导或执教了六节现场研讨课，在全国引起了一定的反响。两年过去了，我们高兴地看到，有越来越多的科学教师和科学教育研究者开始关注这个话题，并在课堂教学中实践。这次研讨会，我们有幸邀请到重庆市北碚区、北京市海淀区、郑州市、温州市、兰州市和天津市六个地市的教研员和老师来现场展示和交流他们的研究和实践成果。我们相信，这一定会给大家带来一些新的启发，也会给小学科学课的课堂教学带来新的变化。

我们希望各位老师，在现场课的基础上对下列问题进行更为深入的思考。

●科学课教什么和怎么教

“科学实践”对于我们是一个熟悉的话题，因为这个问题指向的仍然是科学课的基础内容和基本方法——在科学课堂上我们应该做什么。

一百年来，随着对科学本质的不断理解，世界科学教育的关注点经历了从知识、方法、能力、过程到探究的不同阶段。这方面的最新进展是，学习科学经研究发现，“当学习者参与到同某一学科专家研究相似的日常活动中时，他们就能学到深层知识。”（R·基恩·索耶，2006），这一结论告诉我们，在科学课上，学生的科学素养是通过参与与科学家类似的科学实践形成的。这一观点与我们以往对科学教育的理解有些不同，它启发我们再次思考，科学课究竟应该教什么和怎么教。

经历了2001年起始的课程改革之后，今天已经很少有人会坚持教学即是让学生记住众多科学事实（结论）的观点了，但既能反映科学本质又能体现儿童特征的课堂教学应该是什么样的，我们还在探索之中。如果将经历“科学实践”作为对科学课教学的一种理解，这对我们仍然具有挑战性，需要我们认真地学习、理解和在实践中深入体会。

●基于“科学实践”的教学设计强调什么

“科学实践”对于我们又是一个比较陌生的话题，因为我们中的大多数可能还不太了解“科学实践”指的是什么，对科学家的工作方式更缺乏实际的体验和了解。因此，“科学实践”观点指导下的课堂需要发生哪些变化，体现哪些价值观，强调哪些行为准则，教师的作用是什么，诸如此类的问题需要我们逐一去理解和探讨。

下面一些研究成果对我们可能是有用的：

一、让学生进入真实实践

这与科学家最初的工作程序相同。在科学教育中的好处是，可以提供一个有意义的学习情境，将科学学习与学习环境之外的实践联系起来；提高学生的学习动机，提升他们运用所学知识的能力；有助于他们对知识结构的理解，了解处理真实实践的复杂性，理解科学实践各要素的基本原理，以及本学科领域的认识论。

二、在教学设计中采取系统的观点

这与科学家在科学认识活动中的理性思维方式相同。因为仅仅改变学习环境的一个部分，如学生使用的材料或工具，而不改变构成学习的任务，或学生与学生之间、学生与教师之间的互动方式是远远不够的。为了让学生深入理解科学家解决问题的过程，科学课的教学要力争将学生源于问题的事实搜集、个人观点形成和集体论证联系起来，促进他们全面理解各阶段全部感觉经验之间的关系，解决他们“如何知道”以及“为什么相信”的问题，因此科学课的教学必须强调贯穿于整个教学过程中的连贯的科学思维。

三、建立新型的师生交谈模式和相应的规范

这与科学家共同体的工作方式相同。科学教学中要改变教师问学生答，然后教师做出评价的方法，将评论和批判性的集体论证作为科学实践的重要要素。为此，建立交谈规范，创设安全、有序和高效的科学学习环境十分重要。

●如何深化我们对“科学实践”的理解

我们认为，将“科学实践”的观点引入我国的科学课程和课堂教学具有重要的意义，它将大大促进学生对科学本质的理解，提升教师的科学素养，提高现行教科书和课堂教学的品质。这需要大量深入细致的研究和持续不断的努力。我们编辑这本小册子，就是想通过提供重要文献，增加大家对“科学实践”的了解，提供科学发现史上的典型案例，促使大家更加关注科学家是如何工作的，提供美

国 STC 的课程设计，作为我们进行教学设计时的借鉴和参考。

有关“科学实践”的探索道路还很长。我们的建议是，面对一个科学教育的新观点首先是去尽力了解它的内在含义，弄清它的来龙去脉，对现实的意义，然后与相关的概念进行区别。避免出现“当新理论引进来的时候，它已经被增添到旧的理论上面去了”，使“教育的景象变得越来越混乱”。让我们秉持科学的态度，将科学教育改革的探索不断深入下去。

中央教科所小学科学教育研究中心

2016.5.19

一、文献阅读

《美国国家科学教育框架草案》第五章

第三部分：科学和工程实践

科学教育一贯的重点是培养学生科学思维的习惯，如批判精神的形成，对科学探究方法的掌握以及在科学的背景下推理的能力。然而，设立一个能够体现连贯的科学知识与科学实践、并能促进科学知识的完善的课程一直是充满挑战的。本章的主旨是为更好地理解科学和工程实践提供一个指导，并倡导给与科学标准、科学课程和评价更核心的地位。科学与工程都是框架学科。在一些案例中，工程实践和科学实践有重合之处，我们会对二者的不同之处分别探讨。

如果不对哈克贝利历险记的文本进行批判式分析就无法领悟到它如何成为美国最伟大的小说之一，如果不掌握标准、价值和重要的相关实践就无法理解为什么科学说明理论和技术解决方案凝聚了高深的智慧和丰富的创造力。从科学的角度来说，学生需要了解科学知识是如何与其它学科的知识相联系的，它为什么重要，以及这种科学的认识是如何产生的。从工程的角度来看，学生需要知道人类是如何利用科技知识来解决难题的。这种通过学习和参与科学、工程实践获得的认识能使学生发现：科学家和工程师的工作富有创造性，是有可能帮助社会解决难题的工作，如生产充足的能源、预防治疗疾病、维持水和食物的供给，以及应对气候变化的挑战。科学教育如果将大部分精力放在科学的具体“事实”上，而忽略了让学生理解这些科学事实是如何建立的，忽略了世界上许多重要的科学应用，就曲解了科学和工程的重要性。

科学家和工程师是如何工作的

科学家和工程师拥有庞杂的自然界知识，包括基本理论、法律知识和事实。他们进行系统性思考，构建理解相关系统如何相互作用及变化的模型。通常科学家和工程师以工作小组的形式工作。如果说科学的目标是去创造物质世界的新知识，那么工程的目标就是去开发解决工程问题的新方法。工程实践与科学实践差别很大，但也有相似的部分，如研究的需要及建设性的批判过程。无法用一个直线的、准确定义的模式来描述科学和工程。不同的工程师和科学家面对难题时可

能通过截然不同的途径来解决。但他们都会对自己的想法或设计进行反复测试、不断改良。

工程实践涉及到科学概念的应用，实际上，要准确区分应用科学和工程很困难，这就是我们为什么认为工程学与基础科学教育密不可分的原因之一。科学和工程的结合使灵活、创造性地进行科学实践成为可能：确定问题，权衡，建立及测试模型，确定最优化方案。让学生参与工程和科学实践可以给他们提供一个更好的学习机会：学习如何运用所学的科学知识解决生活中乃至更广阔的社会中的实际问题。这也是将工程实践纳入科学教学体系的另一原因。

科学和工程实践是相互交叉、密不可分的。解决问题的需要引领了技术的发展，技术的发展又促进了科学的进步；回答自然界问题的需要和答案本身推动了新技术的发展。科学和技术的关系将日益紧密，没有工程产品就无法从事科学研究，反之，没有科学知识也无法进行工程活动。

调查、假设和协同

了解科学家和工程师工作的一种方法是他们将所做的工作分成三个部分：第一个部分的中心工作是调查和实证探究；第二个部分的主要工作是建构假设、模型或原形设计；第三个部分的工作是协调，在这个阶段里讨论评估数据与预设是否对应、实验方法或产品设计的適切性等。

在调查阶段，科学家将精力集中在观察自然现象、设计观察试验、收集数据以及建立测量工具上，确定被测试的对象，投身于严谨的田野式调查中，并找出不确定因素。与之相似的，工程师也收集数据来评估特定的某个设计方案的优劣。

在假设阶段，科学家和工程师发展他们的理论、设计及模型，并思考多种解释方案。科学家建构的是针对物质世界的解释性模型，而工程师发展或重新构架技术难题的解决方法。

协同阶段是调查阶段中的实证探究与理论、模型的建构、预测以及解决方案的提出相互联系的阶段。在这个阶段中，分析、论证以及批判是最主要的工作。科学家们通过数据证明新理论、新数据收集方法或以往数据的新阐释的合理性。同时，其他科学家尝试找出其中的弱点或不足。这个批判的过程对于推动科学进步有非常重要的作用。与之相似，工程师在这一阶段将在调查阶段的实践活动、科学理论、科学应用模型以及创见性的解决方法进行分析、论证及批判。这是工

程实践与工程师的批判相结合的阶段。也就是在这个过程中，工程师批判性地找出模型和设计的潜在问题，并对其是否符合常规要求，是否适合社会需要进行评估。

科学家和工程师必须反复不断地思考这三个范畴：现实世界，自身想法的世界和批判性评价，才能更好地解释现象或解决问题。从教育的角度上讲，这些阶段提供了认识科学实践的广度和多样性的方法，并且提供了确保任何一个框架都能够对科学实践的重要性和多样性进行正确、平衡的展现。

模型

驱动科学和工程实践前进的动力之一就是模型的构造。模型的类型各异，每个模型都是物质世界的某一系统的抽象展现。对于所要研究和设计的系统，科学家和工程师既开发具象式模型也建构头脑模型。这里所说的具象式模型是指图片和图表的结合，即所有帮助科学家和工程师理解被研究的物体或要解决问题的物质模型、数学模型或计算机模拟。模型与物质世界的关系类似于地图与地图所代表的实地之间的关系。

头脑模型是科学家、工程师或学生对于科学理论及其应用于其所研究的系统的理解。这种理解在具象式模型的辅助及与他人的讨论中不断完善。这类模型用于预测结果、产生新见解或提炼理论。因此，将科学教育的大部分精力放在帮助学生阶段式地发展并升华自己的头脑模型，才能使他们最终更好的认识和理解现存的科学理论，才能使其在理解新情况、解决新问题的时候利用上这些模型。利用和发展具象式模型是升华头脑模型的重要步骤，因此，也是科学和工程乃至科学教育中重要的实践。

交流和讨论

科学家和工程师工作的另外一个重要特征是科学交流，包括阅读科学报告、撰写科学材料，以及与其他同事的专题讨论。研究人员用数字证明了阅读是科学实践工作的中心：科学家每年的平均阅读时间为 553 小时或占全部工作时间的 23%。如果将与之相关的说和写的活动也包括在内的话，那么科学家将总工作时间的 58%用于交流或其他需要协调的方面。研究发现，科学家和工程师认为阅读对于他们的工作十分重要，并将阅读当作迸发新思想的重要源泉。这样，在科学和工程中占主导地位的实践并非对物质世界的“动手”改造，而是结合了观点、

可靠数据和论证的“动脑”的实践及认知参与。举例来说，阅读是探知意义的活动，是从语言、符号、数学运算、图表及可视化资源中构建意义的尝试。人们需要运用他们已有的知识来理解文本、产生新认识。这样，科学教育中至关重要的一点就是去探索如何通过词汇和符号构建特定的科学意义。

不论是平民百姓还是科学家，要做一个有批判力的科工产品的使用者，需要阅读科学或与科学相关资料的能力来找出不确定性的因素和研究方法的失误；区分推理和观察，区分解释说明和论证，区分数据和主张。判断知识的正确性还需要将所得的新知识置于社会历史背景中，借鉴先前的研究成果并思考研究者自身观点的局限。

同业互查是科学领域的正式活动。随着时间推移，经得起批判性检验的观点才能获得业内的一致认可，通过交流和讨论，科学将永葆其客观性。所以，批判不是科学的一个边缘特点，而是科学实践的核心。没有批判，正确知识的建构将不可能实现。不论是要发展理论或解释某一现象的理论家、提出收集数据新方法的实验者，还是提供新设计的工程师，都需要将自己的想法或观点与同行一起仔细推敲。

历史上，正规科学教育过度强调了科学家在探索宇宙过程中进行的活动和实践，例如收集数据等，忽略了他们建立模型、假设、生成，以及理论与数据相结合等过程。需要让学生认识到，观察和实验的实践为科学的建立奠定基础，而被比喻为科学大厦的解释性理论或观点的建构，需要融入更广泛的分析、综合及批判过程。而且，过度强调科学实验室弱化了一个事实，科学家和工程师一直是社会环境的一部分，社会环境强有力地塑造了他们的知识、技能、动机和态度。

科学课堂活动

对科学家和工程师如何工作的描述为科学实践提供了洞见。在这一观点的基础上，我们着重介绍一整套重要的科学工程实践。每个实践前都附有一段简短的介绍，让读者对于整个实践过程有个清晰的认识。然后我们利用表格 1 至表格 16 展开说明学生将如何通过参与难度逐次递增的实践增长知识，提高认识水平和技能。

对于难度的等级，我们并没有明确标出，原因有二。第一，判断难度的实验证据非常有限。第二，学生参与更复杂的实践能力的培养似乎与某个具体难度等

级关联甚少，而与对他们已经在某一课题或科学实践中获得的经历关联较大。

提问

提问是推动科学和工程向前的驱动力。科学本身试图回答三个问题：

- 存在着什么？发生着什么？（本体论问题）
- 为什么发生？（因果问题）
- 我们如何知道？（认识论问题）

相反，工程科学的重点是：

- 我们能用知识做什么？（技术性问题）

而科学和工程共有的问题是：

- 我们如何讨论现象并进行解释？（交流问题）

提问的技巧对于讨论和批判是非常重要的，能在辩论中帮助找到失误和弱点。提问是进行更高层次思维的基础，也是养成科学思考习惯的重要部分。这样，对深层理解的测试能够促进更好地提问。

所有对科学和工程的探索始于发问，并被问题驱动。问题激发了假设的产生和模型的建构。所以，学习科学和工程应该首先要培养提问的能力。学生还需要区分能通过实证回答的问题和仅能通过人类经验或其他领域知识回答的问题。除此之外，提问对于批判性讨论也很重要。表一展示了对不同知识基础和理解水平的学生提问表现。

表一：提问

起始阶段	形成阶段	胜任阶段	精通阶段
提出关于物质世界的问题，如为什么天是蓝色的？太阳晚上去了哪里？蜜蜂在做什么？	能将科学问题与非科学问题区分开。	提出能通过科学/工程实验室实验或实践解决的问题，并用答案设计一个调查或构建一个可操作的解决方法。	提出定位某一论点前提的批判性问题，挑战数据的解释或提出进一步思考，如你怎么知道的？哪些证据支持这一论点？

建模

提出一个可供进一步实验检验的问题后，科学家通常通过建构模型来代表问题中的系统并形成关于待解决问题的几个方面的假设。正确理解物质世界要求科

学家不仅注意可观察到的事物，还应想象未探知到的事物，并为那些未知事物建模型来模拟他们的样子。模型使“如果……那么……所以”的预测逻辑成为可能，并为问题提供一个合理的因果解释。工程师也通过建造模型来测试他们的设计。在科学教育中，模型对于学生理解科学非常重要。生物教师通过让学生观察细胞模型理解细胞，或将原子核比作市政厅，将线粒体比作发电厂等等；化学教师用分子模型来解释某一物质的属性；物理教师运用数学模型解释气体的特性。实际上，不建构模型就无法参与科学或工程实践。迄今为止，在科学教育领域，对于这一核心实践也仅是得到了大家的默认。

通过科学和工程的学习，学生需要具备采用多种方法构建物质世界模型的能力。许多模型与地图的相似之处在于，他们并不直接与物质世界精确一致，却可以将物质世界的某些特征带入人们的视线，使预测和因果推理成为可能。因此，科学家构建现象和真实世界的模型，从简单的人体细胞模型到复杂的大气的电脑模型。工程师通常用电脑或者物质原形的模型来检测他们的设计（见表二）。

表二：建模：科学家和工程师是如何描绘世界的？（构建世界模型）

起始阶段	形成阶段	胜任阶段	精通阶段
描绘事物的图片，并通过画图来表现事物，如画一个昆虫的图片；陈述泥土中的水分被太阳加热后所经历的过程；或者构建一个客观世界的物体模型。	运用类比、陈述或比喻的方法来帮理解或交流所理解的内容。改进细节或清楚。	运用不只一种模型来表现客观现象。学生能基于已有数据改进模型。	运用模型推倒关于某种现象的问题。通过评估模型来提高解释力。

通过在科学和工程学习中模型的建构和使用，我们需要形成这样的认识：模型和表述是形成科学理论的基础，是科学和工程实践的重要部分。在科学中，模型和表述使得对可测知的世界的假设成为可能，并促进了因果阐释的建立。在工程中，模型和表述使对系统运行的推算更加精准，并在设计和改进的过程中起指南的作用。

表三：建模：模型的作用是什么？（运用模型做预测）

起始阶段	形成阶段	胜任阶段	精通阶段
学生用陈述、类	学生将模型作为探讨变	学生用模型预	学生用模型做

比或比喻谈论现象。	量的改变将带来其他哪些变化的工具。	测、解释现象。	可测试性预言。
-----------	-------------------	---------	---------

数学运算被用来构建理论和模型，是科学和工程中必不可少的特征。数学通过数值表示变量及变量之间的关系，用符号表示物理实体，促进了用外显理论描述物质世界以及预测结果的发展。让学生更多了解数学对科学所起的作用对于更深刻理解科学工作方式方法十分重要。（表四）

表四：建模：为什么数学是科学和工程的特征之一？（数学的作用）

起始阶段	形成阶段	胜任阶段	精通阶段
运用数字表示物理量。	用代数表示物理量之间关系。	运用代数关系确定物理量。	用代数、统计和微积分表达物质世界的关系和模式。

设计可实验性假设

假设构造了实验，因为假设为问题提供了一个可行、可测的答案。假设从具体的理论和模型中生发并继续发展。假设高于预测，因为基于理论或模型的假设提供了合乎逻辑的论点，验证了预测并能够明确指出假设中的哪些部分还在实验中。在工程实践中，与科学中假设相似的是为解决某一工程问题而做出原形设计。在这两种情况中，科学家和工程师必须依靠已有的理解来构建模型，进而产生假设或原形的设计。

假设并不是胡乱的猜想，也不是一个设计方案。每个基于现有科学依据的假设都试图通过对实验的定义来提高我们回答问题的能力或改良某个具体的设计。对于学生来说，设计一个可实验的假设需要已有的科学知识的支撑，假设是不断探究的重要先导。当学生进行假设或预测活动，并运用已有的知识验证他们时，即便一个简单的展示说明都将是一个非常有意义的学习经历。

表五：假设：什么是假设？科学家如何运用假设？

起始阶段	形成阶段	胜任阶段	精通阶段
提供对于问题的合理的答案并给出理由。	能够利用问题中简单的模型提出假设，说明该系统将如何运转，并给出理由。	提出能够说明某一模型将如何变化的假设，并给出验证这一假设的做法。	提出可实验的假设时能灵活恰当地利用科学知识和模型，并给出合适的测试方法。

收集、分析和解释数据

回答问题和验证假设有赖于系统的数据收集。实验室实验和更具体、结构化的田野观察都需要测量工具、数据收集工具、数据记录和数据分析。这就是在实验阶段所要进行的工作。测量对于科学和工程很重要，因为量化的数据能够确定和呈现被测的特征和图像。所以，学生应学习如何根据数据收集的不同目的选择并使用合适的测量工具。还应该让学生认识到，实验室不是科学探究的唯一场所，对于许多的科学家来说，他们的“实验室”在自然界中。工程师也必须通过实验室和田野两个实验场所检验其设计的功能和效果。

表六：收集、分析和解释数据：需要什么样的测量工具？（筛选工具）

起始阶段	形成阶段	胜任阶段	精通阶段
理解观察、记录和测量的必要性。会用简单的工具，如尺、放大镜。	选择测量特定数据的合适测量工具。	选择并利用适合的工具做出数据集，并证明之。	从多种测量工具中选出最适合所给量的工具，并能正确地使用这一工具。

另外，学生需要获得发展根据给定条件预测合理的量值顺序的能力的机会。他们也应该根据给定的条件，判定针对某一问题的数据或答案是否合理。表七展示了不同知识技能发展阶段学生应具备的表现。

表七：收集、分析和解释数据：所用的工具正确吗？（评估数量）

起始阶段	形成阶段	胜任阶段	精通阶段
用测量值比较重量、长度和时间。	在一个数量级中判断质量、长度和时间。	在多于一个的数量级中准确判断质量、长度和时间。	在小于一个数量级中判断量值，并用这一技能去判断某一问题的证明或答案是否合理。

设计实验需要进行确定和控制变量的实践。所以，学习科学和工程的过程应该让学生发展认识相关变量的能力，将自变量、因变量和控制变量区分开。

表八：收集、分析和解释数据：什么发生了变化？什么需要被改变？（认识和控制变量）

起始阶段	形成阶段	胜任阶段	精通阶段
认识在研究中	区分自变量	学会控制变	在多变量的实验中，能一次仅让一

出现的变化因素。	和因变量。	量的方法。	个变量改变，其他的变量保持不变，并证明哪个变量需要变化。
----------	-------	-------	------------------------------

在学习科学和工程的过程中，学生应学会确定测量工具缺陷的方法，如通过系统法和抽查法，并学会减少测量工作错误的标准做法（见表九）。

表九：收集、分析和解释数据：通过哪种途径能减少错误和不确定性？（减少不确定性，提高精准度）

起始阶段	形成阶段	胜任阶段	精通阶段
认识到测量工具易存在缺陷。	找到错误或不确定性的根源。	了解减少不确定性的基本技术的重要性，如增加样本数量，重复计算和求平均值。 说明利用更高精密的工具或增加样本数量，可以使测量的哪些方面得到提高。	找出测量工具中的缺陷。区别随机效应、统计不确定性和系统错误。说明如何消除这些错误。

数据一旦收集起来，需要以一种传达方式呈现出来。科学家和工程师通过制表格、图表或图纸来表现数据的主要特征。这样的数据集可以被用作判断数据之间的关系，并协助推倒因果机制。对于学生来说，检测数据集（无论是自己收集的还是查阅别人收集好的档案资料），确定数据如何变化，是一个很珍贵的实践机会。数据间关系的确定需要有数学和图表辅助。表十呈现的是这个实践如何随着时间而发展。

表十：收集、分析和解释数据：数据间的关系是什么模式？（确定关系）

起始阶段	形成阶段	胜任阶段	精通阶段
描述已经做过的工作并记录各个观测过程，如绘图、记录和测量。	将数据制成表格，能够用图解释简单的数据（饼状图、简单图）。	确定数据集的关系和模式，包括带有多变量的数据。	在更复杂的数据中确定数据的模式，或找出异常数据。解释某些数据异常的原因。

大数据集的分析过程有完善的统计技术作辅助。利用档案数据集也可以进行很多有益的科学研究。学生需要针对感兴趣的课题或问题具备确定相关数据集的能力，如空气污染，地震资料，大气中的二氧化碳，并能针对这些数据进行分析和解释。见表十一。

表十一：收集、分析和解释数据:其他获得数据的来源是什么？（利用档案数据）

起始阶段	形成阶段	胜任阶段	精通阶段
认识到档案数据是由科学家和工程师在实验中收集到的。	找到与特定问题相关的数据来源。研究某一问题时能积极地寻找现有数据。	获取一些档案数据，如天气、大气污染、地震活动及大气中二氧化碳量等数据，并用这些数据来支持自己的论点。	善于寻找、分析并解释档案数据的重要性。关于档案数据的信度和效度能够提出合理的问题。

建构和批判论点

不论是新理论的提出、新技术问题的解决，还是对于旧有数据的新阐释，推理和辩论都是科学家和工程师用以产生新想法的重要实践。作为回应，其他科学家和工程师试图去论证该新想法的弱点和局限性。在科学研究中，逻辑推理和辩论的发生或是在实验室会议中非正式地进行，或是在同业互查中正式地进行。随着时间的推移，那些经得起批判性检查的观点才能获得业内的认可。通过对话和辩论，科学才能够保持其客观性，因此，这样的活动是科学中的重要实践。工程中相似的分析、评估的过程也十分重要，尤其在寻求最优方案之时。

科学知识和新技术方案的产生依靠一系列推理的过程。辩论的内容既可以推理预设中的情况，也可以归纳各种可能存在的模式，并推导出最佳解释。提高对科学和科学阐释的理解需要学生在构建科学知识时运用上述辩论形式。相似的，工程解决方案也需要经历辩论的过程，这一过程包括对于潜在隐患的多因素分析，或成本、美学、功能分析等。最佳化设计的产生也需要经历相似的批判和论证过程。要学好科学和工程，就要提高深度思考和论证的能力，以便推动新观点和新设计的产生和发展。学生既要能提出观点，又要能基于所掌握的数据为此观点辩护。从这个意义上说，学会论证被认作是促进思考、建构新理解的核心过程。理解错误观点的错误之处、设计缺陷的原因与懂得对的观点为什么对、设计成功的原因一样重要。

表十二：建构解释和批判性论证：为什么论证是科学和工程的特征之一？（建构论点并为论点辩护）

起始阶段	形成阶段	胜任阶段	精通阶段
提出一个主张	认识到科学论证需要	建构以实验数据	作为对外界批判的回

并为这个主张辩护。	用数据作支撑。能够基于数据和逻辑推理发展论点。	为支撑的论点，能用逻辑推理为该论点辩护。	应，能够找到自己论点中的不足，并能进一步改进该论点。
-----------	-------------------------	----------------------	----------------------------

学生需要通过亲身经历认识到这样一个事实：已知的数据可以用多种方式解释，因此而得出不同结论；基于不同的模型也将产生不同的预测。最优方案的最终确定需要经历对几种论点优劣的评估，确定每个论点的前提，并在各种条件下用与其对立的论点来检验该论点的正确性。他人为批判性检验所提供新理论、试验性解释或新模型对正确理解物质世界十分关键。见表十三。

表十三：建构解释和批判性论证：科学家和工程师为什么要批判和辩论？（批判性论证）

起始阶段	形成阶段	胜任阶段	精通阶段
为自己的主张提供辩护。要求其他主张做出合理的解释。	认识到可以用数据确定论点的错误或缺陷之处。	能从他人的辩论中找到论据的不足之处。	能利用推理和数据对他人的论证进行辩驳或提出相反的观点。懂得建模和论证，推动科学理论的发展和更好解决方案的产生。用理论模型来解释物质世界，掌握判断某一观点正确与否的标准。

交流、解释科学和工程文本

要在科学和工程领域达到精通就需要发展从非正式文本中构建意义的能力。如其他学科一样，科学和工程通过符号（通常是文字和数学表达式）来表达和交流其所认知到的世界。阅读和解释这些文本是科学的基础实践。因此，科学教育应该提高学生阅读和产出书面文本的能力。不进行口语表达就无法学好语言，要学好技术实践需要讲科学和工程的语言，规范化写作，并学习他人如何运用此类技术性语言。有鉴于此，每次科学课都是一门语言课。我们很高兴的看到，新语言读写能力标准中已经注意到学校的科学学科有助于发展学生语言技能的特点，尤其在培养阅读和产出科学专业文本能力方面，如解释性和试验性文本。我们同时认为，数学对于科学实践有决定性作用，数学符号对于呈现和分析数据、建构模型、表达因果关系非常重要，是科学文本的重要组成部分。

学生通过对科学的学习和实践，应该掌握从科学文本中构建意义的能力，如

教科书、媒体报道或原始报告。作为书面形式的一种，科学文本的要求是很高的。因为它是说明性而非叙事性的，其语言紧凑，且有复杂的逻辑连接词贯穿。因此，要发展阅读科学文本的能力只能通过持续不断的实践。流畅阅读科学文本的能力的培养也仅能通过多进行科学阅读，多写科学文本，参加科学讨论或作科学报告等实践来实现。见表十四和十五。

表十四：交流和解释科学：为什么科学阅读是重要的实践？（阅读科学）

起始阶段	形成阶段	胜任阶段	精通阶段
能找出科学文本中的主要观点，研究其焦点及重要细节。	利用不同的文本特征（如标题、题注、词汇、索引、电子目录和图标）找出关键事实或信息。	能够独立阅读难度符合其年龄段的非正式文本。能指出文中作者如何运用数据支持其论点，并对论据和论点进行对应分类。运用文中或其他相关的文本中的标准判断此研究设计是否科学。	在研究某一科学问题时，能够阅读并理解多种资源。能够分析并归纳文本中的细节及其隐含意义。从不同来源的信息中比较不同的论点，并将一致的论点进行整合。

表十五：交流和解释科学：为什么科学家需要写作？（记录科学）

起始阶段	形成阶段	胜任阶段	精通阶段
运用笔记本来记录观察和思想。	撰写非正式或者解释性文本来报道一个现象，或重新设计实验过程来实施某一任务。利用关于模型的说明文本，阐述对主题的理解或提出问题。撰写或呈现针对不同受众的材料。	具备以下任何一种能力：一、能够运用相关实施撰写说明性文章、报告或设计纲要，并推倒结论。二、利用数据撰写讨论性文章，论证某一种解释优于另一种的原因。	撰写复杂的解释性文本、报告或讨论性文本。基于初级数据，撰写通顺、具体的探究报告。将文本与图表、模型相结合，来说明或提升对某一问题的思考。

应用科学知识

科学并不存在于真空中，而是与社会和科技的许多方面紧密联系的。科技难

题促进科学发展，科学的发展也有赖于科技的进步。对于大多数学生来说，科学的意义在于它能够创造新产品、解决社会的新问题。工程是为实现人类目的利用资源和人类的创造力创造和应用技术的严格的过程。学生应认识到科学知识不仅对技术的发展有重要作用，还对经济、社会、文化和道德本质的评价标准有深刻的影响。科学实践要求学生具备系统分析的能力，有发现问题的眼光，并找到建构、评价和解决的方法。

课堂给予学生应用科学知识、发展对科学实践理解的空间有多种作用，其一是能帮助学生更好地理解由科学和技术主宰的世界。另外，构建和批判某一科学观点的实践能够促进社会问题的交流，科学和技术也可在理解和解决这些社会问题中起作用。学生需要在课堂得到参与讨论的机会。工程设计作为解决问题方法的课堂操作案例见表十六。

表十六：应用科学知识：工程学方法在发展解决工程问题的方案中的作用是什么？（用系统思维方式发展、建构和评估方案）

发展解决方案			
起始阶段	形成阶段	胜任阶段	精通阶段
确定能够应用简单技术解决的问题。	对一个简单的问题提出解决方案。	为某一技术系统建立模型或模拟这一技术系统。	利用分散的学科知识，在小组合作中解决一个需要跨科知识的问题。
建构解决方案			
用两种不同的材料建立框架，并指出哪种材料是最有效的。	建立并改善模型使其更好地解决问题。	建立并测试有故障的模型。分析故障原因，并找出模型中错误的假设。	认识到设计和测试备选方案和数学模拟的必要性，确定获得解决方案所需的知识。
评估解决方案			
解释一种方案优于另一种的原因。	确定判断技术方案优劣的标准。	评估科技和科技应用的意义。	评估几种竞争性方案的优劣，能够合理的选择其一，并论证选择理由。

运用系统思维			
确定客观成型的物体的设计是否迎合了特定需要。	确定科技系统中的元素。	认识到科技方案的制定将受到资源、社会和道德等因素制约。认识到系统中的反馈和控制因素,并能描述这些因素的作用。	认识到制约设计的因素的广泛性,如社会、资源、道德和风险等。

二、深入理解

(一)科学家如何工作——从科学发现看科学实践

编者按：

《美国科技教育的框架草案》指出，“对科学家和工程师如何工作的描述，为科学课堂中的科学实践提出了洞见。”的确，作为一名科学教师，了解科学家是如何工作的非常重要，因为它有助于我们了解什么是科学实践，加深对科学本质的理解。在这方面，科学发现史是一个很好的窗口。这里，我们选择了“引力波”和“生命的起源与演化”两个专题，和大家一起共同感受科学是一个有联系的发展过程，科学研究是一个连绵不断的长河。一代一代的科学家是怎样面对新的“问题”，尽力搜集证据，谨慎推理和解释，反复测试，不断改良自己的想法或设计，从而逐步完善这些重要的科学理论的。

引力波的探测

一、激动人心的时刻

北京时间 2015 年 9 月 14 日 17 点 50 分 45 秒，激光干涉仪引力波天文台（以下简称 LIGO）分别位于美国路易斯安那州的利文斯顿（Livingston）和华盛顿州的汉福德（Hanford）的两个探测器，观测到了一次置信度高达 5.1 倍标准差的引力波事件：GW150914。

根据 LIGO 的数据，该引力波事件发生于距离地球十几亿光年之外的一个遥远星系中。两个分别为 36 和 29 太阳质量的黑洞，并合为 62 太阳质量黑洞，双黑洞并合最后时刻所辐射的引力波的峰值强度比整个可观测宇宙的电磁辐射强度还要高十倍以上。这是人类第一次用仪器观测到引力波的存在。

这项非凡的发现标志着天文学已经进入新的时代，人类从此打开了一扇观测宇宙的全新窗口。这是因为引力波有两个非常重要而且比较独特的性质。第一：不需要任何物质存在于引力波源周围。第二：引力波能够几乎不受阻挡的穿过行进途中的天体。这两个特征允许引力波携带有更多的之前从未被观测过的天文现象信息，为人类探索暴胀宇宙模型进行直接验证。

二、引力波地发现历史

引力波是爱因斯坦在 1916 年提出的广义相对论中的一个预言，这一次引力

波的探测，有力地支持了相对论在强引力场下的正确性。至此，广义相对论的所有主要预言被一一验证。

引力波是非常弱的一种信号，弱到连爱因斯坦本人都曾怀疑能否建造足够灵敏的探测器探测到它，因此，探测引力波很长一段时间内被视为“不可能完成的任务”。由于引力波产生的效应很小，如果不主动去除外界干扰，不可能从“背景波动”中分辨出引力波信号。地震波、火车噪声、观测设备本身的极微小活动等都会构成干扰。所以对它进行的几十年的探测充满艰辛。

引力波探测第一人——韦伯

第一个对直接探测引力波作伟大尝试的人是韦伯（Joseph Weber）。在上世纪 50 年代，他第一个充满远见地认识到，探测引力波并不是没有可能。从 1957 年到 1959 年，韦伯全身心投入在引力波探测方案的设计中。最终，韦伯选择了一根长 2 米，直径 0.5 米，重约 1 吨的圆柱形铝棒，被业内称为共振棒探测器。



韦伯和他设计的共振棒探测器

引力波经过圆柱体时，引力波会迫使圆柱在不同方向上不断地拉伸和压缩。这会在圆柱体内产生微弱的压力，而通过精密的压电感应器，就可以把这个压力改变灵敏地测量出来。更为巧妙的是，如果引力波的频率恰好和圆柱体本身的特征频率相符，就会引起共振，从而可以测量微弱得多的信号。

1969 年，韦伯发表论文宣称，他探测到了引力波信号，稍后，他报告了更多的探测结果。这个消息立刻引发了一大波科学家的热议，许多人也开始搭建自己的共振棒探测器，试图重复韦伯的实验。然而，上世纪 70 年代的大量观测显示，即使有着比韦伯更精密的仪器，在排除噪音干扰以后，连一个引力波事件都没有探测到。这表明，韦伯之前的所谓观测结果，很有可能只是来自地面的噪声。

虽然韦伯的发现在随后引来了一系列质疑，没有真实的探测也让人无比沮丧，但对引力波的热情已经点燃。

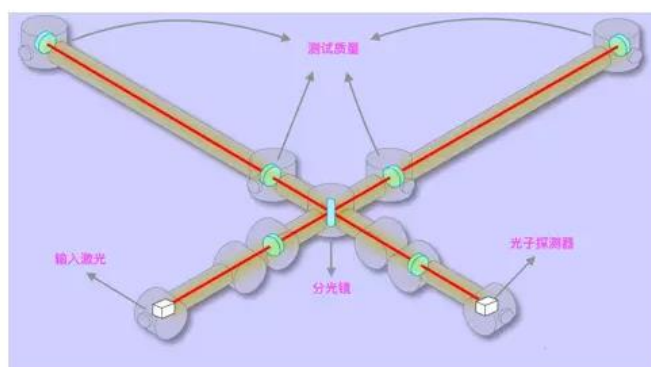
引力波存在的间接证据——脉冲双星

在过去的六十年里，有许多物理学家和天文学家为证明引力波的存在做出了无数努力。其中最著名的要数引力波存在的间接实验证据——脉冲双星 PSR1913+16。1974 年，美国麻省大学的物理学家泰勒（Joseph Taylor）教授和他的学生赫尔斯（Russell Hulse）利用美国的 308 米射电望远镜，发现了由两颗质量大致与太阳相当的中子星组成的相互旋绕的双星系统。由于两颗中子星的一颗是脉冲星，利用它的精确的周期性射电脉冲信号，我们可以无比精准地知道两颗致密星体在绕其质心公转时他们轨道的半长轴以及周期。根据广义相对论，当两个致密星体近距离彼此绕旋时，该体系会产生引力辐射。辐射出的引力波带走能量，所以系统总能量会越来越来少，轨道半径和周期也会变短。

泰勒和他的同行在之后的 30 年时间里面对 PSR1913+16 做了持续观测，观测结果精确地按广义相对论所预测的那样：周期变化率为每年减少 76.5 微秒，半长轴每年缩短 3.5 米。广义相对论甚至还可以预言这个双星系统将在 3 亿年后合并。这是人类第一次得到引力波存在的间接证据，是对广义相对论引力理论的一项重要验证。泰勒和赫尔斯因此荣获 1993 年诺贝尔物理学奖。

引力波探测器的升级版——激光干涉仪

在韦伯设计建造共振棒的同时期，有部分物理学家认识到了共振棒的局限性，有一种基于迈克尔逊干涉仪原理的引力波探测方案在那个时代被提出。到了 70 年代，麻省理工学院的韦斯（Rainer Weiss）以及马里布休斯实验室的佛瓦德（Robert Forward），分别建造了引力波激光干涉仪。到了 70 年代后期，这些干涉仪已经成为共振棒探测器的重要替代者。



引力波激光干涉仪的工作原理

想要成功探测引力波，不仅需要这些探测器具有惊人的探测灵敏度，还需要将真正来自于引力波源的信号与仪器噪声分离：例如由环境因素或者仪器本身导

致的微扰，都会扰乱或者轻易淹没我们所要寻找的信号。这也是为什么需要建造多个探测器的主要原因。它们帮助我们区分引力波和仪器环境噪声，只有真正的引力波信号会出现在两个或者两个以上的探测器中。

20 世纪 90 年代起，在世界各地，一些大型激光干涉仪引力波探测器开始筹建，引力波探测黄金时代就此拉开了序幕。

这些引力波探测器包括：位于美国路易斯安那州利文斯顿臂长为 4 千米的 LIGO (L1)；位于美国华盛顿州汉福德臂长为 4 千米的 LIGO (H1)；位于意大利比萨附近，臂长为 3 千米的 VIRGO；德国汉诺威臂长为 600 米的 GEO，日本东京国家天文台臂长为 300 米的 TAMA300。这些探测器在 2002 年至 2011 年期间共同进行观测，但并未探测到引力波。

避免科学研究中的偏见——大犬事件

2010 年，还没有升级的 LIGO 进行了第 6 次科学运行，同时，位于意大利的 VIRGO 进行了第 2 及第 3 次科学运行。在 LIGO 和 VIRGO 联合观测前，事先确定了一个由 3 个人组成的秘密小组，他们有可能会在数据中人为地注入信号，所有其他成员都无从知晓这一过程的具体信息，所以称之为盲注。

2010 年 9 月 16 日，LIGO 和 VIRGO 同时探测到一个信号，方向大概来自大犬座，所以代号为“大犬事件”。这一令人激动的信息立刻让 LIGO 科学合作组织沸腾了。经过大量的研究工作之后，科学家准备好了用以发表的论文和新闻稿。

然而，负责盲注的 3 人小组这时揭晓谜底：这个信号的确是他们放的。

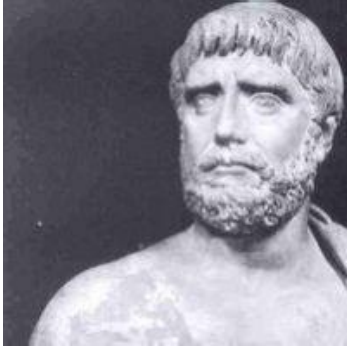
应该说，这个过程中消耗了大量科研人员的精力和时间，也让所有的成员都空欢喜一场。但正是有这种严谨小心的态度，2016 年 2 月 LIGO 向世人宣布探测结果的那一天才会自信满满，也尽可能避免可能的乌龙局面。

反复核实，慎之又慎

在经历重大改造升级之后，两个高新 LIGO 探测器于 2015 年开始作为灵敏度大幅提升的高新探测器网络中的先行者进行观测，并最终于 9 月 14 日观测到了引力波。但这次科学家并没有急于公布，而是进行各方面的论证来证明这确定无疑是引力波。直到五个月后的 2 月 11 日才正式对外宣布了本次成果。这些科学家还相信，随着探测器灵敏度的提高，今年应该会探测到更多的引力波信号。

生命起源与演化

一、进化论产生之前



古希腊时代，已出现类似演化的思想。例如，阿那克西曼德认为人类的祖先来自海中，最原始的动物是从海里的泥变化而出的，人是从一种鱼类演化而来的。

18 世纪，天文学、数学、物理学、力学已经从神学统治中解放出来，可生物学仍然禁锢在神学之中。神学世界观在生物学中具体表现为物种特创论和物种不变论。这两种观点主张：上帝是创造主，一切生物均为上帝所创造，地球上的各种生物从造物主那里获得永恒不变的构造与功能，包括生活习性。显然，所谓物种特创论与物种不变论实质上就是搬到自然科学中的基督圣经。不但认为生命是被造的（was created），而且坚持创造的过程在一万年前的六天之内全部完成。所有的生物自从被造之后基本上没有改变，如果有任何“进化”的话也只是极微小的变化而已。

1759 年德国胚胎学家卡弗·沃尔弗详细观察鸡的胚胎发育，证明鸡的血管是逐渐形成的，为生物体各种器官的“渐成论”提供了有利的证据。发表的《发生论》对物种不变进行了第一次攻击，并且宣布了**种源说**。

1827 年德裔俄国生物学家、人类学家和地理学家，比较胚胎学的创始人冯·贝尔发现了哺乳动物的卵。主要著作《动物发生史——观察与思考》，指出所有脊椎动物的胚胎都有一定程度的相似，关系越近，相似程度越大。在发育过程中，门的特征最先出现，然后是纲、目、科、属、种的特征。这一点后来在胚胎学上被称为“贝尔法则”。

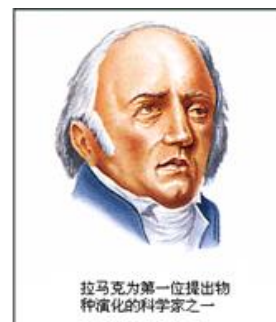
从 18 世纪末开始，一批自然科学家逐渐树立了进化论的思想。

例如，达尔文的祖父，伊拉兹马斯·达尔文曾这样谈道：“动物的变形，如由蝌蚪到蛙的变化，……人工造成的变化，如人工培育的马、狗、羊的新品种，……气候与季节条件造成的改变，……一切温血动物结构的基本一致，……使我们不能不断定它们都是从一种同样的生命纤维产生出来的”。这表明，物种在人工培育条件下和在不同外界环境作用下所发生的改变这些自然界的事实启发他产生

了物种变化的思想。

德国的卡尔·弗腊斯于 1847 年发表了《各个时代的气候和植物界二者的历史》一书。书中他利用古希腊作家对植物的形态、生态的描述，与他 30 年代在波斯、埃及等地的实地考察情况对比，得出结论说：“对植物物种不变的信念，也已为我们所动摇，我们甚至指出，这是自然造成的”。不难理解，正是与自然事实的直接接触导致他摒弃物种不变和物种特创的神学观点。

1809 年拉马克发表了《动物哲学》一书，系统地阐述进化理论。提出了用进废退与获得性遗传两个法则，并认为这既是生物产生变异的原因，又是适应环境的过程。拉马克曾用一句话概括了这一问题，他说：“观察的材料已经明显地证明了种的不变理论的荒谬。”



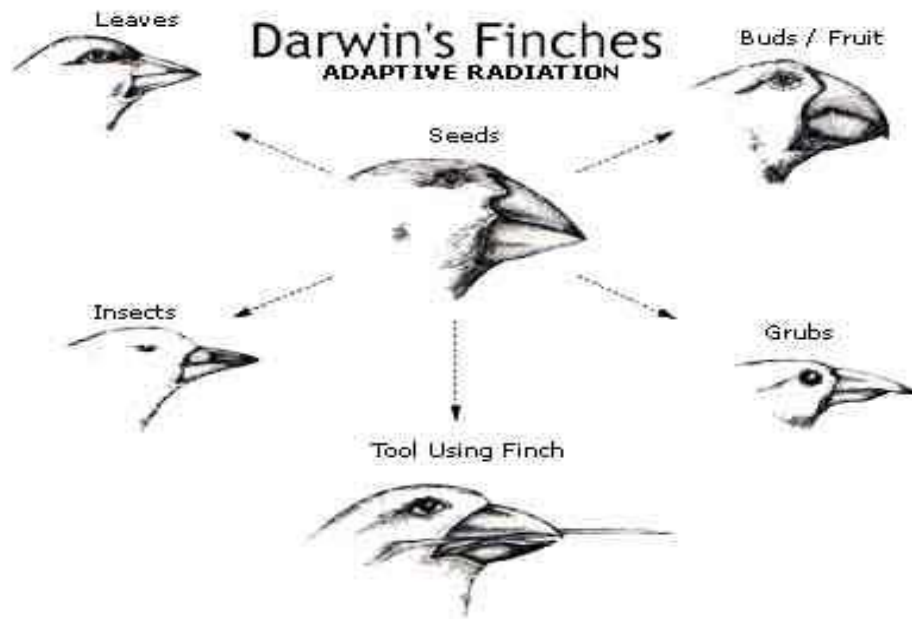
二、达尔文和他的进化论

1831 年 12 月英国政府组织了“贝格尔号”军舰的环球考察。达尔文经人推荐，以“博物学家”的身份，自费搭船，开始了漫长而又艰苦的环球考察活动。

在将近 5 年的时间里，达尔文每到一地总要进行认真的考察研究，采访当地的居民，采集矿物和植物标本，挖掘生物化石，发现了许多没有记载的新物种。



图 5-3 达尔文乘“贝格尔”号环球考察的航行路线



1832 年达尔文登上了遥远的位于南美洲西海岸的加拉帕戈斯群岛，他在那里看到许多独特的动物，包括 13 种雀类。达尔文仔细研究了这些雀类，关注它们的异同。他清楚地意识到这些雀都是从大陆来的同一种雀进化而来的。最初的雀取食种子，居住在地面上，但它的后代逐渐演变成不同形状的喙以及不同生活方式的物种。取食种子的雀通常有大的、有力的喙，而以昆虫为食的雀具有更薄的尖喙。

事后达尔文曾经说，“贝格尔旅行是我平生最重要的一件事，它决定了我今后的整个事业”。在贝格尔号旅行途中，达尔文一直把英国地质学家，地质学的奠基人赖尔的《地质学原理》一书带在身边，赖尔在书中阐述了地球地层是缓慢变化的，而地表环境的变化使生物也逐渐发生变化。赖尔的理论是对当时占统治地位的“灾变说”的批判。达尔文在途中仔细阅读了这部著作。在旅途开始时，他相信“生物是根据上帝的计划而创造出来的”——在旅途中，他还这样回答军官们向他提出的这类问题。当他刚刚考察了第一个地点——佛得角群岛的圣特雅哥岛，发现地层越深，生物化石的结构越简单；地层越浅，生物化石越复杂，生物的演变正是记录在地层的发展史中。在事实面前，达尔文不能不为赖尔的理论所征服。因此，他写道：“这次调查使我相信赖尔的观点远远胜过了我所知道的其他任何著作中提倡的观点。”

达尔文在他当时的考察日记中是这样写的：该群岛“四周都是新的鸟类、新的爬行类、新的软体动物、新的昆虫、新的植物……为什么这些岛屿上的土著生

物，无论在种类上或者在数目上都和大陆上的生物有不同的比例的联系，并且互相以不同的方式起作用呢？为什么它们也按照美洲的生物组织形式被创造出来呢？”“在地质史的近代时期里面，这里还是一片空虚无物的茫茫大洋。因此，无论从空间上或者从时间上看来，我们好像都会得出一个略为接近于那个巨大的事实的见解来，这就是一切秘密当中的秘密：地球上的新的生物第一次出现的问题”。达尔文认为，他的全部思想起源于加拉帕戈斯群岛。

1855年达尔文开始撰写关于进化论的主要著作。进化论的主要观点是：

1.一般进化论

物种是可变的，现有物种是由别的物种变来的。一个物种可以变成新物种。

2.共同祖先学说

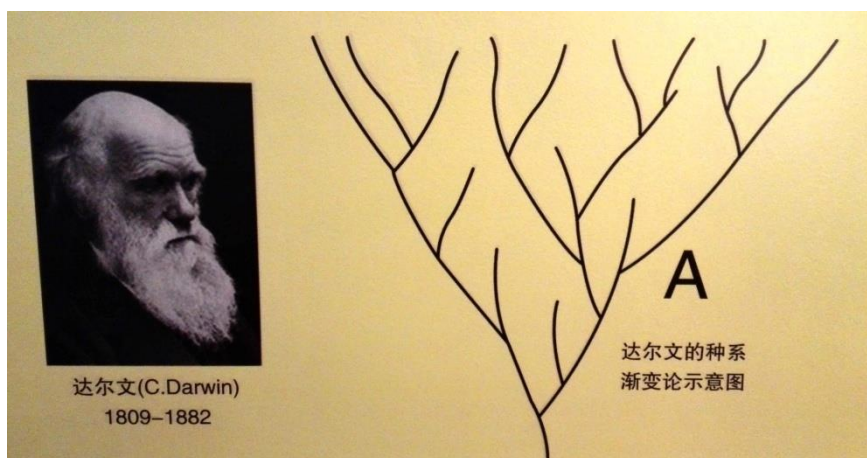
哺乳类是由同一个祖先演变而来。

3.自然选择说

自然选择过程是一个长期的、缓慢的、连续的过程。

4.渐变说

物种是通过微小的优势变异逐渐改进的。



达尔文进化论以自然选择为核心，即生存竞争，优胜劣汰，适者生存。

三、进化论产生之后

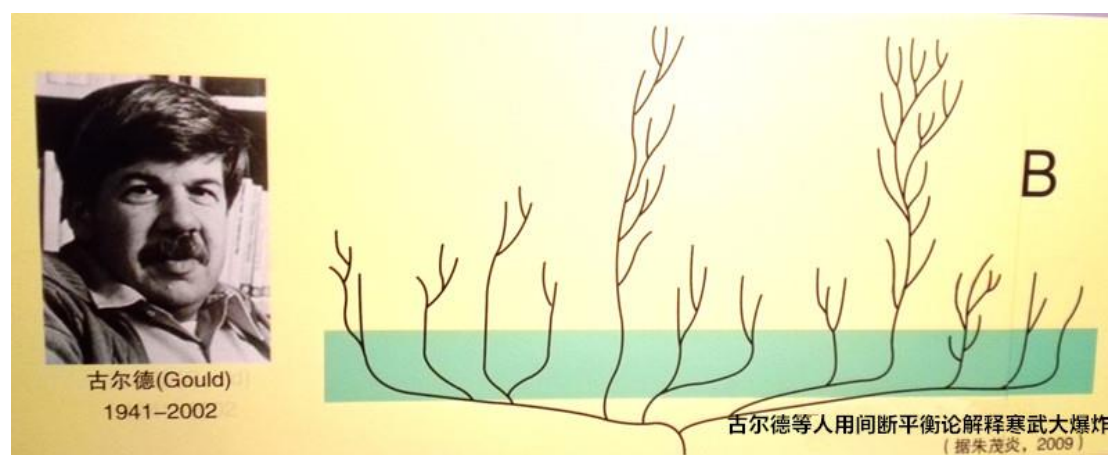
1972年美国进化论科学家、古生物家古尔德和尼尔斯·埃尔德里奇于提出“间断平衡”进化理论。按照“间断平衡”理论，生物的进化并不像达尔文及新达尔文主义者认为的那样是一个缓慢的渐变积累过程，而是长期的稳定（甚至不变）与短暂的剧变交替的过程，从而在地质记录中留下许多空缺。虽然“间断平衡”理论引发了一些人对达尔文主义的全盘否定和怀疑，但是作为这个理论创始者之

一的古尔德却是一位达尔文主义者，只不过他认为达尔文主义的核心是自然选择理论，而不是生物渐变论。对于为什么对世界各地地层长远而又广泛的探索所发现的今天所有的化石整体来说，仍然不能解释 1859 年不能说明的问题？古尔德说：

绝大多数生物化石的历史都包涵两个与渐进式的进化论有冲突的特点：

1. 稳定：过去绝大多数的生物活在地上的时候都没有显出任何进化或退化的现象。多数物种在地层中出现时与它们消灭时的外形几乎是完全一样的。即使有外形的改变也都十分有限，并且没有显示进化的一定方向。

2. 突然出现：世界各地调查的结果证实，任何物种并非由始祖逐渐改变而来；相反的，各种生物出现时都已经“全部完成”了。



古尔德和埃尔德里奇始终以间断平衡是达尔文主义的理论，而不是反达尔文的大突变过程。但从另一方面看来，虽然他们并未明显标榜大突变式的进化，但很多人却清楚感受该理论背后暗示的跃进。1977 年，古尔德和埃尔德里奇发表的一篇文章前段引了赫胥黎的两段话，他们埋怨达尔文主义不容许一点点的“跨步”。同时，古尔德独自认可了较为软化的“大突变主义”，并且预测戈尔德施米特将来必能得到公正的评价。

据说古生物化石缺少中间演化系列是古生物学界的一个秘密。古尔德说，古生物学家所画出的生物进化树，除了树枝的梢头是真的，其他部分都是根据想象画出的。

达尔文对此的解释是，今天见到的化石是有缺失的，就像一本书，只见到了其中的几页。但地球这个浩大的图书馆，从古至今如此众多的生物，为什么见到的都是缺页的书？

古尔德替达尔文解围，提出了“间断平衡”理论。他说，达尔文没有错，进化是存在的。但进化不是渐进式的，进化是在极短的时间内突飞猛进地完成的，其余时间则呈现出稳定和静止的状态，两者交互进行。对于中间过程化石的缺乏，古尔德是这样解释的：进化和新种的产生不可能发生在一个物种主要群体所在的核心地区（因为这里没有隔离机制），只能发生在边缘群体所在的边缘地区。因为那里是边缘，生存压力大，环境复杂，物种的变异容易找到适应的环境，又因为边缘的隔离作用，变异得以保存和发展，进而成为新种。但最终能够成为化石的应该是核心地区主要群体中的生物，因为它们数量大、分布集中。相反处于边缘的正在演化的群体，能够成为化石的机会很少。因此我们也就没有运气见到这样的化石了。

古尔德智慧地回答了“中间化石缺乏”的责问，弥补了进化论的缺陷。

大灭绝之后为什么是大爆发？这又可以用古尔德的“间断平衡”理论加以解释。因为，当处于核心地区的主要种群灭亡后，边缘变异的种群进入中心地带的方式应该是如入无人之境似的一拥而入，这在未来的化石中就呈现了“大爆发”的局面。

对于普通人，似乎只有一种进化论，而且它是铁板一块，并且在达尔文之后就已经基本结束了发展。这不符合事实。《物种起源》发表 150 年来，进化论已有很多补充或修正，吸收了综合进化论、间断平衡理论、中性突变学说、连续内共生等诸多新进展。

当年达尔文做的是博物学层面的工作，当时并不清楚遗传、进化的分子机制，那时候没有基因的概念，更不用说遗传密码了。书中并没有细致讨论物种如何起源。自然选择的单位也不清楚，受地质学家赖尔的影响，他过分重视渐进的进化。现在我们知道，“连续微小变异的积累”仅仅是一个方面。另外，达尔文似乎过分强调了种内斗争的残酷性，而在一定程度上忽视了种内的各种协作。但达尔文非常聪明，他没有犯太大的错误，基本上准确猜测到了进化的过程，只是不够深入。在达尔文之后，“共生起源”的研究取得了重要进展，也使达尔文的进化论得到了逐步完善。

(二)STC 《漂浮与下沉》单元——从教学实践看科学实践

STC 课程《漂浮与下沉》单元是为五年级学生安排的，本单元共 17 课。涉及的统一概念、单元概念、分级概念和子概念详见“单元概念发展线”。

单元概念发展线



所有年龄阶段的儿童都对这样一个问题感到好奇——为什么有的物体在水中上浮而有的物体在水中却下沉？他们或许已经有过一些把物体放在水中玩耍的体验；也可能有人乘坐气垫船穿越过水面；或者看见过漂浮在池塘中的树叶或小木棍；也很可能有人已注意到某些在浴缸中下沉的物体却可以漂浮在海洋中。

这些经验表明儿童对“漂浮、下沉”已经有了一定了解并已有所思考。他们也许还会想到物体的上浮或下沉可能与其重量有关，而另一些人也可能推断物体大小甚至液体的类型也起到了一定作用。这些因素或者其他因素是怎样影响物体在液体中的表现的呢，这正是《漂浮与下沉》单元活动的焦点。

这个单元给学生提供了一个探究与浮力现象有关的几个概念的机会。他们认识到物体质量、重量和体积的不同将会影响物体受到的浮力，例如，大的物体比小的物体受到的浮力要大。通过研究，学生发现水对漂浮和浸没的物体都有浮力作用。在清水中完成几项研究之后，同学们将在盐水中再次进行相关的实验，并且认识到两种液体性质的不同。他们发现一个物体排开水的总量与它的体积有直接关系，并且相同体积下比水重的物体会下沉，比水轻的物体上浮。

学生通过本单元的学习将有助于提高他们的观察能力、记录能力、设计实验的能力、猜测能力以及运用以前所学概念解决实际问题的能力，他们也会更深刻的认识到进行重复实验或测量以及比较结果的重要性。

具体课节的概要说明如下：

第一课“单元前测：关于浮和沉，我们知道什么？”以对学生已有知识进行单元前测以及了解他们对“漂浮、下沉”还有什么问题开始本单元的学习。

学生首先讨论“为什么物体上浮或下沉？”，然后分别观察并记录上浮的物体和下沉的物体，并写出这种现象是如何发生的。学生的回答可以给你提供他们对物体浮沉的一些前概念。学生也许尝试去解释这样一个使人迷惑的现象：同一个物体在一种液体中上浮，在另一种液体中下沉。在本单元的最后再回过头来考虑这个问题，可以反映出学生通过学习对这个概念的掌握上有什么变化。

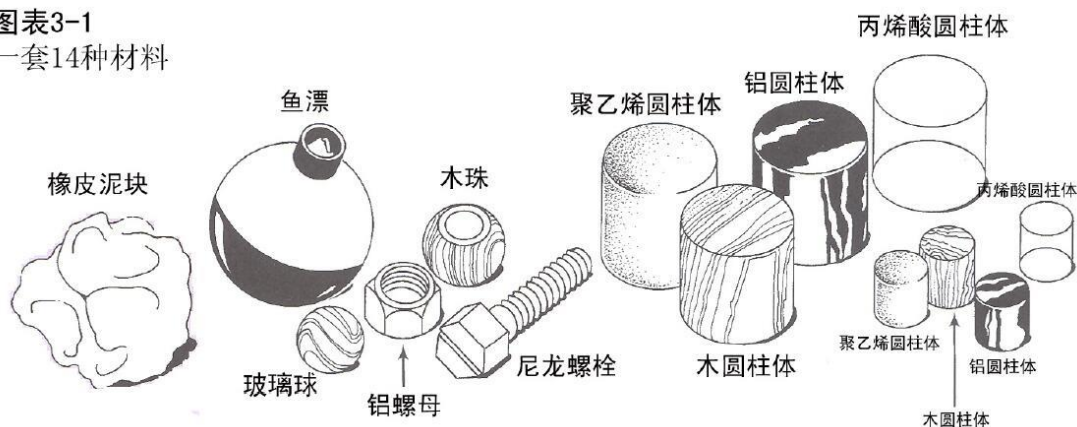
从第二课到第五课他们开始验证自己的想法，首先是物体的重量和大小。另外，他们还研究和调节测量物体重量的仪器——弹簧秤。学生们猜想并且用实验验证这些物体的重量；他们将记录观察到的现象，并在同学之间相互讨论他们的想法；测量不同物体的重量，并且做出一个全班测量数据的曲线图。在第五课的最后他们会得到一个令人吃惊的结论：一些漂浮物体比一些下沉物体要重，且体积最大的物体也并不一定是最重的。具体设计为：

第二课“预测并验证常见物体的浮沉情况”中学生通过对他们所收集的那些熟悉物体的浮沉情况进行预测，并说明预测的理由，之后进行实验，确定哪些浮？哪些沉？同时对预测和实验做好记录，讨论、交流各自的观察结果。这个体验将

给学生一个熟悉整个单元将用到的探究过程的机会。这个探究过程就是：预测物体是上浮还是下沉→解释你的原因→检验他们的预测并进行解释。在学生实验和解释原因的过程中，你将会发现他们对物体的浮与沉的新认识。

第三课“哪些物体会漂浮？哪些物体会下沉？”学生开始探索影响浮力的因素。在提供的 14 种重量、大小、形状和材质不同的物体中，学生将首先把目光集中在物体的重量和大小是否影响着物体的浮沉。即：学生们做出预测并解释他们为什么会认为这一组中的哪个物体会漂浮或下沉。在这一课里，学生们对每种物体的重量仅是在与其他物体进行的比较中做出预测的，这就为学生在后两课中发展测量重量的方法搭建了一个平台。之后学生将检验预测、记录结果，并比较他们调查的结果。最后按照漂浮测试的结果把物体按从轻到重排列。

图表3-1
一套14种材料



第四课“用弹簧秤测量物体的重量”将要向学生介绍一种测量重量的工具——弹簧秤。通过使用回形针对弹簧秤进行刻度校准的过程，学生会把重量概念和表示重量的单位结合起来。学生将练习使用弹簧秤称重。并在后面几课里，使用这个工具对物体重量进行近似的测量，并帮助他们探究一个物体的重量与其所受浮力之间的关系。

第五课“称量浮的物体和下沉的物体”中，学生将使用他们校正过的弹簧秤，分别测量第 3 课用到的那一组 14 种物体的重量，并与他们所预测的物体重量作一对比。之后，通过对比和讨论各自的测量结果，确定每一种物体重量的平均值。并设计一个班级记录单记录所有物体的重量。记录单中的数据可以帮助学生发现：小物体可以比大物体重。

在第六、七、八课，学生通过制作、实验不同材质、不同形状、大小的小船来检验变量。学生制作小船并且探究如何对改变重量如何分配才能使下沉物体

变成一个上浮物体。然后他们在船上放上玻璃球看一看多大的重量才能使不同型号的船下沉。这些活动使学生得到了一些关于大小、重量这些变量与设计之间关系的一些知识。同时，通过探究物体的大小、重量、形状对浮力的影响，为最终建立“浮力”概念打下基础。具体设计为：

第六课“使一个下沉物上浮”，在第四、第五课，学生探究了物体的大小是否决定了物体的重量。在第六课将挑战和扩展学生的认识——物体重量和大小对浮力的影响。他们将探究如何改变一块橡皮泥的形状使橡皮泥由沉变浮。在学生开始探究之前，先理解一个守恒的概念——改变橡皮泥的形状时并没有改变它的重量。通过这节课的实验，学生开始知道物体的重量、大小和形状对浮力有影响。

第七课“探究小船的设计”，学生将应用在上节课对不同形状的物体在重量恒等时所受浮力的大小的探究结果，不断修正他们的设计，实现不断增加物体所受浮力的目的，探究时将用玻璃球模拟货物，用可承载玻璃球数量的多少验证哪种设计更有效。并对不同的橡皮泥船在保持上浮的前提下，最多承载多少颗玻璃球做出记录。这个活动将为下节课验证物体大小对浮力的影响搭建台阶。

第八课“物体的大小影响它所受的浮力吗？”把注意力再集中到另一个可变量——大小上来，即制作相同形状而大小不同的铝箔船，研究它们在水中所受的浮力。学生用触觉探究水对铝箔船施加的浮力，并把这种感受到的浮力与每只船的大小之间建立联系即认识到水向上的作用力（浮力）。同时，观察随着玻璃球的增加，铝箔船浸入水中的深度发生变化及怎样下沉的情况。之后讨论并阅读“船的设计”加深理解。这也为下节课用弹簧秤探究向上的作用力（浮力）打下了基础。

从第九课到十二课，学生把注意力聚焦到当把物体放到水底时发生的现象。首先，他们用弹簧秤测出不同大小的鱼漂所受到的浮力大小，然后，测量容器中由于放入物体而引起的水平面的改变。当学生测量出在水底的不同物体的重量后，他们发现由于受到浮力物体变轻了。保持大小和体积不变，学生测量出变化的水的质量，并把它与固体的重量相比较。从这个实验将观察到一个有趣的现象：体积相同时，比水重的物体下沉，比水轻的物体上浮。具体设计为：

第九课“浮力的测量”让学生把注意力放在浮力自身上，先让学生预测三个不同大小的鱼漂所受到的浮力大小。然后使用弹簧秤对完全浸入水中的这三个鱼漂上的浮力进行测量。通过对观察结果的讨论并比较，他们将发现鱼漂越大，水

对它向上的作用力（浮力）越大。

第十课“在水中发生了什么？”，探究物体在水中会受到浮力时，学生们可能已发现：将物体浸入水中，就会有一部分水被排开，导致水的液面高度同时发生改变。学生用标定了刻度的塑料管作为测量工具，就会观察到水的液面升高了，此时可以给学生引入“排水量”一词，之后，学生将**测量并记录将用相同体积不同重量的圆柱体浸入水中后液面的变化情况（排水量）**。继续进行探究，学生们将会发现：排水量与物体浸入水中的那部分体积直接相关，而与物体的重量无关。下节课，学生要比较物体在水中测得的重量和在空气中测得的重量是否相同，这也是下节课要进一步探究的“排水量的作用”（排水量的多少对物体沉浮的影响）。

第十一课“水中的物体有多重？”，学生将设计一个记录单，比较浸没在水中与在空气中所称得的物体重量的不同，并就他们观察到的现象和得出的结论进行讨论，进一步探究排水量与浮力之间的关系。通过测量物体在水中的重量，学生会发现当物体浸没到水中时，因为浮力的作用，所测得的重量会减小，而浮在水中的物体却似乎没有重量了。

第十二课“水有多重？”，学生将了解为什么有的物体在水中会下沉，而有的物体则会浮在水面上。通过称量并比较体积相同的水和固体的重量，学生将会发现水的重量和浮力之间的关系——**物体重量如果大于相同体积水的重量，该物体在水中就会下沉；物体重量如果小于相同体积水的重量，该物体则会浮在水面上**。学生用弹簧秤称量一个圆桶中水的重量，并在班级记录表中标出装满水的圆桶的位置、比较圆桶内水的重量和其它相同体积的固体圆柱体的重量。学生借助表格描述各种固体圆柱体和圆桶内水的重量，讨论圆桶内水的重量和各种物体沉浮之间的关系，了解水和浮力之间的规律。

在第十三、十四、十五课，学生们将研究物体在另一种液体——盐水中的情况。他们把食盐溶解到水中，并比较同体积的盐水与淡水的重量。然后他们实验先前的物体在盐水中上浮还是下沉。学生会发现因为盐水比淡水重，一些在淡水中下沉的物体（丙烯酸圆柱体和尼龙螺栓）可以漂浮在盐水中。在第十五课中，学生们制作了一个叫做液体比重计的科学仪器，并且把它分别放在盛有淡水和盐水的圆筒中比较浸入的高低。通过这个活动，学生们可以进一步提高他们对于浮力和排水量的理解。具体设计为：

第十三课“食盐在水中的溶解”的第一部分，学生将被告知盐水是一种溶液。

学生先预测当混合盐和水的时候会有什么情况发生，再对预测进行验证。即观察不同数量的盐与一滴水相互作用的情况，重点观察和描述盐和水刚刚混合时发生的变化及盐水随着时间变化发生的改变。在第二部分，学生通过测量**比较盐水和淡水的重量，发现盐水比淡水重**，形成可以解释他们实验结果的假设。

第十四课“盐水和清水有什么不同？”继续探究第十三课中所领取的那组物体在盐水和淡水中的浮沉情况，学生先预测哪些物体将会在盐水中上浮，然后验证他们的预测并记录实验结果。在完成盐水实验后，讨论为什么有的物体在水中下沉而在盐水中却上浮。学生就会**发现盐水对物体施加的力比淡水对物体施加的力要大**，增加的这部分浮力是由于在液体中增加了盐的重量而产生的，当学生发现一些原本在水中下沉的物体在盐水中却变成是上浮时，这个想法就变得特别清楚。

第十五课“设计液体比重计”进一步探究淡水和盐水是怎样影响物体浮力的，学生将设计一个可以用来把同体积的液体与水进行重量比较的仪器——液体比重计，**分别测量物体在盐水和淡水中所受到的浮力**。从他们对液体比重计浮在淡水中和盐水中的观察和讨论的结果来看，学生对不同的观察有了新的解释。这些信息将被用于最后一课，到时学生将有机会进一步验证对两种液体的想法。

第十六课“探究神秘的圆柱体”是一个嵌入式评价，提供了一个评价学生学习的很好机会。学生们挑战性地运用他们在先前浮力的学习经历中学到的知识，**预测把“神秘圆柱体”放入液体中时将会上浮还是下沉**，将用弹簧秤称量神秘圆柱体的重量，并把神秘圆柱体同以前课中所用的物体做一对比，验证他们的预测并记录结果。并用具体的数字说明他们的理由，学生对神秘圆柱体做出预测时所认为的依据，将为你评价他们在这一单元所掌握的概念和探究技能提供一些信息。

在十七课“**单元后测——分享我们所学到的关于沉和浮的知识**”是单元后评价，是与第一课的单元前测相匹配的。学生复习和讨论他们的科学笔记以及在第一课的前测中得到的班级记录单。他们将对记录单中的观察所得进行反复确认、拓展以及解释，而且还将对一些地方进行修改和补充，并要给出足够的证据来支持这些修改和补充。这些经历有助于老师掌握学生学习的进步情况。

学生将再次讨论第一课中的那两个问题——“你认为什么使物体上浮或下沉？”和“对于物体的浮沉有什么问题？”，他们也将记录把丙烯酸小球放在两

种不同液体中的观察结果，当学生重新回顾这些活动时，他们自然会意识到，他们对于漂浮和下沉已经学到了很多知识。

下面提供的是《漂浮与下沉》单元围绕子概念 5 “同体积的物体比同体积的水重，则沉；同体积的物体比同体积的水轻，则浮。”的概念建构而设计的一组活动内容。这一子概念的解决包括了第四、五、十二、十六、十七课这五课内容，具体活动设计如下：

第四课用弹簧秤测量物体的重量

步 骤

1. 让学生回顾在第三课对物体从轻到重的排列顺序所做的预测。如果学生想要改变他们的预测，或通过第三课的学习又有了什么新的预测，让他们把新的想法记录在科学笔记本里。下面的问题将有助于聚焦讨论：

■ 你做出这个预测的理由是什么？

■ 你可以用哪些方法来验证你的预测？

2. 把弹簧秤分发给每一组学生。鼓励学生思考如何根据塑料弹簧的特点为弹簧秤标示刻度。

3. 几分钟之后，让学生把弹簧秤先放在一边，说说对弹簧秤的特性有什么发现，你在班级记录表上把他们所观察到的记录下来。

4. 向学生们解释，为了用这些弹簧秤来称重，必须为它们标示刻度。用回形针作为“标准重”是个很好的途径。请学生们讨论使用回形针的好处——所有的回形针几乎都一样重，不像有的物体轻重不一。然后按照“为弹簧秤标记刻度的学生指导”对弹簧秤标示刻度。

总 结

1. 当学生把弹簧秤标好刻度之后，让他们用它来称量橡皮泥的重量。鼓励两组之间交换橡皮泥进行称量，以便于对他们的称量结果进行比较。

2. 请学生把橡皮泥分割成若干小块，再练习用弹簧秤称量。鼓励他们比较和讨论所得的结果。

3. 请学生用天平来检验他们的结果，用回形针作为“标准重”。如果在结果上有差异，让他们讨论可能的原因，条件允许的话，对弹簧秤刻度进行重新标示。

注意：

因为尺子上标记的尺度不一致，测量也就可能有所差异。让学生重新标示刻度是一个很有价值的经历。重新标示刻度不仅能帮助学生更好地理解整个过程，而且能让他们更加确保测量结果的一致性。

延伸活动

语言艺术

1. 让学生写一件他们曾经看过的用秤来称量重量的事情。可以建议他们把注意力集中在商店、医生办公室或高速公路旁货车称重站里看过的各种秤。

科学

2. 称量八张笔记本纸的重量。然后让学生分别预测、称量四张、两张、一张纸的重量。最后再预测、称量出 35 张纸的重量。

为弹簧秤标记刻度的学生指导

1. 一个伙伴竖直地握住弹簧秤。把大发夹挂在底部的线圈里。发夹是弹簧秤的一部分，它可以用来挂住被称量的物体。



2. 标记零刻度。上下调整弹簧秤高度，让金属指针与你的眼睛保持在同一水平线上。用油性标记笔在金属指针位置处的胶布上做记号，这个记号为“0”刻度，表明“没有回形针”时的重量。

3. 然后，把一个回形针弯成钩状。把回形针挂在线圈上。用油性标记笔在胶布上标记此时金属指针的位置，这个记号标为“1”，表明“一枚回形针”时的重量。

4. 在弹簧秤上再增加一枚回形针。在胶布上做上记号，并标为“2”。

5. 继续增加回形针，做上记号并标上刻度，直到全部完成。

6. 在胶布上标注你的名字和校准弹簧秤的日期。



第五课 称量浮的物体和下沉的物体

步骤

1. 让学生回顾在第三课对那组物体重量所做的班级预测，并说明他们在这节课将有机会用他们校正的弹簧秤测量每一个物体的重量，并和他们预测的重量做一比较。

2. 为每个学生分发记录单 5-A、5-A（续），学生用它记录所测得的每种物体

的重量，提醒他们每一种物体都需要称量三次。

管理小贴士：

虽然在教室里设计测量重力的实验会有很多麻烦，但给学生提供时间来实践测量活动将是很有用的，除此之外教室也是一个完成记录单并与其他学生探究结果进行比较的好场所。

3. 给每一个学生分发材料。如图 5-2 所示：大发夹是用来固定物体的，鼓励学生轮流读数并检查测量结果。

图表5-2
用弹簧秤测
物体的重量



4. 当学生完成测量并对结果进行检查以后，让他们把回形针之外的所有材料都送回材料中心。

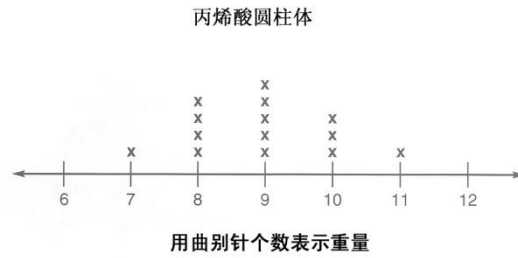
总 结

1. 为每一组学生分配物体，让他们确定每种物体重量的平均值，学生需要用到下面的一种方法来和其它各组学生共同确定出该物体的重量。

二年级“平衡与称重”单元学习中应用到的**众数**是一种好方法。

用一个线图对物体的平均测量值进行排序是另一种方法，这些测量值是由大多数学生的测量所得到的，通过查找线图中的**中数**可以很容易的读出物体的平均重量。比如说，如果线图反映的是 15 组的读数，那么第八个数就是中间数，这也是一种数学上的统计平均值的方法。

图表5-1
线绘图示例



小志 1995

在累加所有学生的测量值后再除以个数所得到的**算术平均值**是第三种方法，但这种数学计算的方法会带来一个分数问题。由于我们所用弹簧秤的读数是用回形针的个数表示的，不会出现分数情况，所以基于这个原因，在这一单元查找中数是较合适的方法。

2. 让学生帮助你继续完成一个显示每种物体重量的班级记录单。第三课上学生曾在该记录单上按由轻到重的顺序进行了预测，并记录了他们对每种物体所预测的重量。现在让每组学生在物体记录卡上挂上与物体重量相应的回形针的个数，并按由轻到重的顺序排列好物体卡片图。图 5-4 显示的是班级记录表的样子。

图表5-4
在记录表上
表示每个物
体的重量



管理小贴士：

用较小的回形针来完成一个班级记录单，这样更适合黑板的大小。

图表5-3
发现测量时出现了不同的读数



3. 让学生现在去思考物体的重量和物体的大小之间的关系，并把自己的想法记录下来。对于小的物体竟然比大的物体重这种现象，他们是否感到惊奇？

4. 让学生现在去思考物体的重量与物体的浮沉情况的关系，再次让他们记录各自的想法，对于他们的结果有什么质疑吗？

管理小贴士：

把完成后的班级记录单展示在教室内的墙上，以便于下节课用。

延伸活动

数学

1. 和学生探究平均数的概念。列一个表分别说明三种平均数——算术平均数、中数、众数，并讨论每一种方法的正确使用使用方法。

记录单5-A

姓名：
日期：

记录单5-A（续）

姓名：
日期：

测量记录单

物体的名称	用回形针个数表示重量			
	漂浮(F) 或下沉(S)	第一次 测量	第二次 测量	第三次 测量
铝制螺母				
木珠				
玻璃球				
鱼漂				
尼龙螺栓				
橡皮泥				
小的丙烯酸圆柱体				

测量记录单

物体的名称	用回形针个数表示重量			
	漂浮(F) 或下沉(S)	第一次 测量	第二次 测量	第三次 测量
小的铝质圆柱体				
小的聚乙烯圆柱体				
小的木质圆柱体				
大的丙烯酸圆柱体				
大的铝质圆柱体				
大的聚乙烯圆柱体				
大的木质圆柱体				

第十二课 水有多重？

步 骤

1.请学生回顾在第五课和第十一课中建立的班级记录单。让学生把圆柱体按重量从小到大排好顺序，并让他们讨论圆柱体的相同点和不同点（如图 12-2）。

图表12—2 比较各圆柱体

相似点	不同点
形状 数量	颜色 重量

2.在探究前，请学生讨论以下几个问题以引出这节课的探究活动。

■如果想比较某个固体圆柱体和水的重量，我们应取多少水？

■怎样称量这些水的重量？

■你认为圆桶的重量会影响这些水的重量吗？如果会，又有怎样的影响呢？

3.请学生预测满满一圆桶水的重量应处在班级记录单的什么位置上，并提醒学生记录下他们的预测和预测的理由。

4.分发材料。请学生称量出一圆桶水的重量。鼓励学生至少重复称量三次，和其他同学比较各自称量的结果，并记录下他们称量的数据。

注意：

本课要去掉弹簧秤上的大发夹，因为这个发夹的重量和空圆桶的重量相当，直接用胶带把这桶水粘在弹簧秤上就可以直接称出桶内水的重量了。如果不去掉大发夹，所测的数值中就会多了大发夹的重量，需要再减去这个重量，会使活动变得更加繁琐。

5.请学生根据他们获得的数据，决定应把一圆桶水的重量贴要班级记录单中的哪个位置上。可以提示他们先用弹簧秤分别进行称量，然后将几个固体圆柱体的重量与水的重量进行比较后再决定水的位置。

图表12-3
称量一桶水的重量



总结

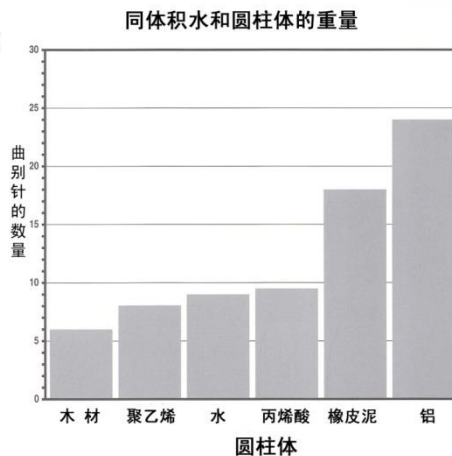
1.在班级记录单中留出学生认为应该粘贴“一圆桶水的重量”的位置，并用回形针予以标示。

2.和学生一起观察班级记录单中各种物体的重量。请学生讨论怎样利用水的重量来推断固体圆柱体在水中的沉浮情况呢？

3.让学生利用班级记录单中获得的信息，在记录单 12-A 中作出如图表 12-4 那样的直方图。提醒学生做图时使用合适的图例。同时，鼓励学生在做图时用等臂天平直接比较同体积的水和其它固体圆柱体的重量。

4.请学生利用自己获得的数据，探究各种圆柱体的重量和它们所受浮力之间的关系。此时，有些学生也许已经发现在水中下沉的物体，其重量比等体积水的重量重；浮在水面上的物体，其重量比等体积水的重量轻。这样他们就有可能进一步探究 14 至 16 课的内容。

图表12-4
直方图示例



延伸活动

科学

1.鼓励学生称量等体积的其它液体的重量，如：牛奶、软饮料、油以及香槟，然后把所得的结果制成图表，鼓励学生在班上呈现他们发现的结果。

安全提示：

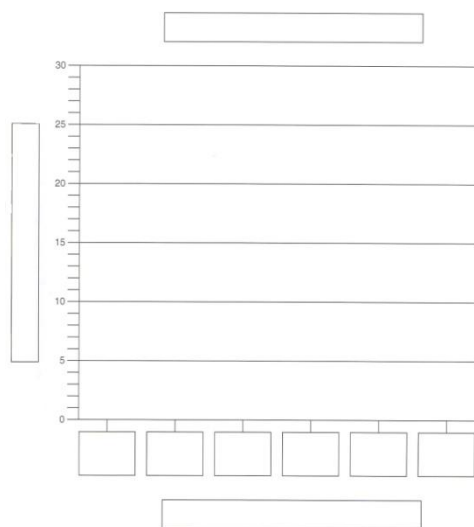
警告学生不要用腐蚀性强的液体、有毒的液体及易燃的液体做实验。

科学

2.请学生把圆桶中的水冷冻成冰，然后称量冰的重量，并比较冰和原来水的重量。学生可能会发现虽然水在结成冰时的体积增大了，但它在这两种状态下的重量却是相等的。因为相等重量的水和冰，冰的体积会比水的大，所以它在水中排开的水的体积就要大于等重量水的体积。因此它在水中所受的浮力也就大于它所受的重力了，所以冰能漂浮在水面上了。

记录单12-A

姓名：
日期：



第十六课 探究神秘的圆柱体

步骤

1. 让学生共享他们前 15 课中关于物体浮沉情况的观察结果，鼓励学生重新复习以前活动中所做的图表和观察结果，提醒他们复习在笔记中所做的记录，也包括他们在课上所达成的共识。

2. 验证物体在液体中是上浮还是下沉以前, 让学生大胆的在笔记上写下如何表述与判断物体浮沉情况。

3. 展示两个神秘的圆柱体, 并提问这两个圆柱体在清水和盐水中分别是上浮还是下沉?

4. 让学生大胆猜测神秘圆柱体的浮沉可能性, 然后分发神秘圆柱体和弹簧秤, 以及以前用过的包括塑料圆桶在内的各种圆柱体。

5. 当学生已经复习好记录单 12-A 中的数据后, 要求他们在这个表中增添大、小两个神秘圆柱体。

6. 要求学生在记录单 16-A 和 16-B 写下他们的预测, 他们将用第 4 步所学的知识来解释每个预测的理由。

注意:

鼓励学生在解释原因时尽可能的详细而非简单——如“它是大的或它是小的”, 一个回答较完整的原因应该是“我认为它将下沉, 因为它和铝的重量相当, 而铝是下沉的”。有时这样的预测不与学生的观察结果一致, 但它却表现出学生阐明问题的能力, 说明了一个重要的科学能力的进步——寻求解释原因和结果的关系的能力。

7. 现在是让学生验证预测的时候了, 先把神秘圆柱体逐一放入清水塑料管里, 也可以让学生先验证大的再验证小的, 这样所有学生将有一个神秘圆柱体来验证, 提醒他们在记录单 16-A 中及时记录观察结果。

8. 让学生讨论观察结果并给出合理的解释。

总 结

1. 让学生观察把神秘圆柱体放入装有盐水的塑料管里所发生的现象, 并把观察到结果和可能性的解释记录在记录单 16-B 中。

2. 与同学一起讨论他们的观察, 让学生分析他们对观察结果的可能性解释。

延伸活动

科 学

鼓励学生猜测神秘圆柱体在其他液体中的浮沉情况, 要求他们尽量验证一下圆柱体在不同的液体(如洗发精或油)中的情况。

安全小贴士:

有些学生想验证用的液体在某种程度上可能是危险的,所以在使用之前就要确定这种特殊液体是否有害。

记录表16—A

姓名:
日期:

预测并验证在水中的情况

物 体	我的猜想和理由	F或S	观察和解释结果
大的神秘圆柱体			
小的神秘圆柱体			

记录表16—B

姓名:
日期:

预测并验证在盐水中的情况

物 体	我的猜想和理由	F或S	观察和解释结果
大的神秘圆柱体			
小的神秘圆柱体			

第十七课 单元后测——分享我们所学到的关于沉和浮的知识

步 骤

班级讨论活动:

1. 让学生回忆整个单元的学习,花5分钟在科学笔记本上写下现在对物体在液体中的漂浮和下沉的理解。对比学生第一课的笔记和相匹配的单元后测试中的想法,寻找两次记录中学生的想法和支持这些想法的证据。

2. 展示班级记录单“你认为什么使物体上浮或下沉?”让学生判断并说明他们现在的认识是否更准确。这个单元的什么体验可以证实这种认识。

3. 让学生确定他们是想对记录单中的内容进行修改还是完善?证据是什么?

4. 要求学生在班级记录单中补充新的信息,哪些是他们所学到的?

5. 展示班级记录单“关于漂浮和下沉你有什么问题?”有什么方式可以回答还没有回答的问题?鼓励学生继续寻找这些问题的答案。

丙烯酸实验:

1. 像第一课那样往一个塑料管里注入2/3的清水,往另一个塑料管里注入等

量的饱和盐水，试管标上“A”和“B”，这样学生可以辨别出水和盐水。

2. 把丙烯酸小球分别放入两个塑料管里，观察小球是否在盐水里上浮而在水中下沉，你可以用一个勺子将它轻轻放入塑料管中以防液体溅出。

3. 给每个学生一份记录单 1-A，学生将利用这个记录单展示单元后测试的结果，它将给你更多关于学生对概念的思考与理解程度的信息。

4. 向学生说明你将继续重述第一课里所做的表述，并找出过去几节课里学生的认识发生了怎样的变化。

5. 提问学生当你把丙烯酸塑料小球放在塑料管里时他们观察到了什么现象，留出几分钟，让他们记录观察结果和想法，鼓励他们可以用图画做记录。

6. 现在让学生回顾他们在第一课中已经完成的记录单 1-A，鼓励他们与现在记录单中记录的信息做一对比。

要求学生交流、分享使他们改变原来认识的原因，下列问题将有助于学生开始讨论：

■关于这个表述，你的想法与第一节课相比，发生了怎样的改变？

■你认为是什么原因使你的想法发生了变化？

记录表 1-A

姓名：

日期：

观察记录表

你观察到什么现象？

是哪些因素使小球出现了你所观察到的现象？请至少写两条。

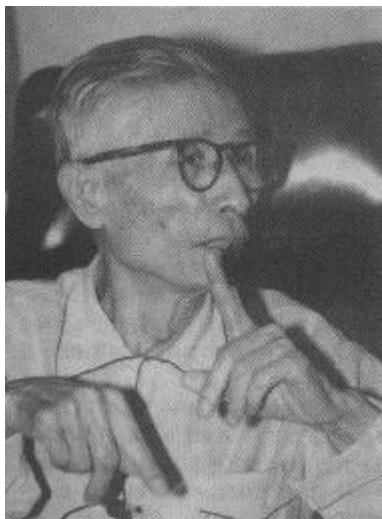
1.

2.

3.

三、历史回顾

(一)刘默耕《自然课到底是干什么的？——小学自然教学漫谈》



简单说来，自然课的任务是对儿童进行科学启蒙教育，教育孩子们从小爱科学、学科学、用科学。

通常大家讲的科学，指的是那些书本，那些前人积累下来的一套套的知识，这个理解并不全面。那些“系统的科学知识”，只能讲是科学成果，科学遗产。科学，除了这些之外，还应当包括获取这些知识的过程。比如说，植物学，不仅指那些积累下来的植物学著作，还应当包括现在正在进行的、对植物的生理、资源、遗传和变异等等课题的研究过程；天文学，应当包括每日每时对宇宙星空的观察和探索，对天体运行规律的研究和计算，对行星探测器送回来的数据进行分析 and 处理等等。我们的自然教学大纲，就是把科学当成一个过程、一个实践来对待的。让孩子们爱科学、学科学、用科学，就是要让孩子们热爱大自然，喜欢到自然界去观察、分析、探究，从小学会进行科学实验的本领。

我们的新大纲和新教材里，第一性的教材不是课本，不是读书，而是引导孩子们自己去探索自然界的规律。用一个词来概括，就是教孩子们“搞科学”。自然课就是教孩子们“搞科学”的。这个“搞”字，既包括读书、接受前人的科学成果，更重要的是让孩子们在实践中学到探究科学规律的本领。

地球的历史有 40 多亿年，从单细胞生物进化到人，大约要经过 30 亿年。而今天，在母亲的子宫里，只要 280 天就可以完成这个过程。婴儿刚生下来，只有猿猴的智力水平。两年到三年之后，会说话，会走路，学会简单的生活自理，他就超过了猿猴的水平。在人类历史上，从猿到人却要经过几十万年哩！人学会用火，有 50 万年的历史，懂得燃烧的本质却只有 200 年。科学往往要经过几千年、几百年、几十年，经过若干代人的努力，才能取得某个成就。

我们的小学科学教育，就是要在老师的精心指导下，在正确的教育思想和教学方法干预下，让孩子们在 40 分钟内跨越人类几千年、几百年的科学进程。我

们要让他们自己去经历、去探索，而不是单纯灌输给他前人积累的现成的知识，要让他们在这个过程中爱上科学，迷上科学，把他们的思维引向广阔的天地，这样，我们的智力开发就会前途无量。

当然，孩子们“搞科学”，跟幼儿学会走路、穿衣、吃饭一样，有个幼稚过程，开始不可能那么精确、严密、整齐划一。他们讲的话、想的主意，都可能是奇奇怪怪，抓不住要领的，也可能是漫无边际、甚至错误的。这时候怎么办？是鼓励他、引导他，还是斥责他、制止他、甚至索性让他去把“正确的”结论背下来呢？

中国有句古话：“诗从胡说起”。搞科学也是从“胡搞”开始，“胡想”、“胡说”、“胡做”。看看人类的科学史，最早的“科学”不是胡想吗？不是很幼稚吗？

“燃素说”统治了几百年，炼金术开拓了最早期的化学活动，成熟的、正确的科学成果不正是从这些错误的、幼稚的阶段脱胎而来吗？过去的人类认为，太阳绕着地球转。哥白尼说，是地球绕着太阳转。为了宣传这个真理，布鲁诺牺牲在罗马的鲜花广场。可是，托勒枚的地心说还是天文学历史上一个重要的阶段哩！科学家进行的研究，在没有成功之前，都只能是“假想”，“假说”，也可能就是“胡想”，“胡说”。在没有掌握科学规律之前，必须反复试探。

科学家尚且如此，科学的结论尚且不断在修正，怎么能要求小孩子“搞科学”一步登天哩？因此，我们要以赞赏的、鼓励的眼光去看待孩子们“搞科学”的幼稚行动，要“见微而知著”，从幼稚的举动中看到伟大的科学真理的萌芽。

天津路培琦老师的一个学生，坚持记了一年的自然日记，他发现太阳高度的变化是有规律的，有一个节气前后连续几天是阴天，观察不到太阳高度，他就根据太阳高度变化的规律估计了一个数值补进去。这个举动很幼稚，可是很简单哩！要知道这是科学研究中处理数据的“内插法”、“外推法”，是高等数学的内容呵！这个孩子在“搞科学”中，居然接近了现代科学思想。

小仲马有一句艺术性的语言：“小孩是小的，而他却包含着成年人；头脑是狭小的，而它却隐藏着思想；眼睛只是一个点，它却能环视辽阔的天地。”

我们的自然课就是要充分开发学生的智力，要解放小孩子的脑、思想、手、脚、嘴和时间，要给孩子们创造条件，让他们胜过你。陶行知说，如果不解放孩子，我们的民族要毁的。

自然课就是要通过老师的努力和再创造，把孩子们本能的对自然界的好奇心，孩子们本能的“探究反射”和“收集欲”，引导到科学的道路上来，引导到对科学的热爱上来，要千方百计让孩子们去爱科学、喜欢科学，有了这种爱，才可能有将来的一切。

注：这是刘默耕先生 1983 年 6 月在辽宁小学自然报告会上的讲话第一部分。文章阐述的教学思想和基本观点，不仅对自然教学有指导意义，对其他学科的教学也是有启发的。

——本文摘自《刘默耕小学自然课改革探索》P94~96，湖北教育出版社，1998 年 8 月第 1 版。

(二)张之仁《像科学家那样进行科学探究——〈植物的一生〉编写散记》

◆“学着像科学家那样探索大自然的秘密”，教学要“符合科学的本性”，1980年代就提出来了，教材怎样体现？教学怎样体现？一直没有找到适当的途径、方式。《科学》课程标准也提了“像科学家那样进行科学探究”，把科学探究作为课程的认识对象。什么是科学探究？科学探究是指它的过程和方法。学习像科学家那样进行科学探究，要学习科学家的科学精神，还要学习科学探究的过程和方法。途径有了，教材怎样体现，有待探索。



◆《植物的一生》教材的编写怎样体现？

种凤仙花，观察从种子到结出种子的生长过程，得连续观察12至13周。

三年级学生能坚持这样长的连续观察吗？

老师怎样上课？

最后能有几个学生收获到种子？

经验告诉我这不容易。另一方面，课程标准要求教学了解植物的一生，“通过栽培植物的过程了解植物的生长过程”。我大约八九岁的时候，家里有菜园，我自己还找了一块不到一平方米的地，建自己的小菜园。一些孩子在家里也喜欢栽个这、种个那。从这些方面看，这项教学内容是有必要编，并且有条件教学生学的。关键还是在编好、教好方面努力。

能不能找到生长周期短一些的植物？荞麦的生长周期短，但是花小，不便观察。反正选哪种植物都有问题，地分东南西北，更有城市农村，最终还得靠老师因地制宜。在农村，选择南瓜这类植物，同家庭的种植结合起来，更容易落实；在城市，学校里没有地，家里没有庭院，老师就辛苦一些了，选什么植物，怎样种植，怎样管理，得因校制宜。理想的情况是这些学生学习需要用的种子，在学具里统一配置。

◆ 《植物的一生》怎样体现像科学家那样进行科学探究？

问三年级的孩子：“种子种到土里，会发生那些变化”？许多孩子能告诉你：会生根发芽，会长高，会开花结果。

孩子们都知道，我们还教什么呀？我想：从教学看，学生说得越多，我们就越好教。即使他们把老师打算教他们掌握的概念说出来了也无防，不过是知道一个说法、一个文字符号，没有经历探究过程，他并不了解这个说法的具体含义。学生所说的，是他们原有的知识经验，是一般的生长过程，这很好。但是，我们是教学生学科学，从知识教学方面说，教学的任务就是把学生原有的知识、经验，变成科学的知识、科学的经验。

科学要求准确回答：老师现在交给你们的这些种子，种到土里以后：

过多少天生根、发芽？根和芽怎样生长？是什么样？

能长多高？怎样逐步长高？

过多少天开花、结果？能结多少果？花是什么样？果是什么样？

从播种到结出种子要多长时间？一粒种子能繁殖出多少新的种子？

回答这些问题，要对在特定季节、特定环境温度下的具体对象进行研究，你查不到资料，即使是科学家，也不能作出准确、具体的回答；回答这些问题，需要我们像科学家那样进行科学探究，亲自去种植、去观察、测量、记录，然后研究观察记录到的科学事实、科学数据，才能回答，这种回答就是用科学事实、科学数据说话，是自己的科学研究成果。

注：本文作者张之仁老师，1985年参与湖北省小学自然课改革实验，任《科学启蒙教育》、《小学自然教学》杂志编辑，从事教育教学实践研究。曾参与人民教育出版社1986年版低年级自然教科书的编写，参与鄂教版小学自然教科书的编写，任副主编。新课程改革中为教科版《科学》教材主要执笔人之一。本文节选自张之仁老师发表于《科学课》杂志2003年2期同题目文章，是回忆其执笔的教科版《植物的一生》单元所撰写的编写散记。

四、大会资料

(一)专题报告

“科学探究”缘何变身“科学实践”？

——解读美国科学教育框架理念的首位关键词之变

唐小为 丁邦平

[摘要] 在美国科学教育新框架中，首位关键词由“科学探究”变为“科学实践”，这一变更折射出近 20 年来美国科学教育研究者扭转课堂探究模式化倾向的努力。探究模式化的根源，可追溯到“科学（实验）方法”和“科学（思维）方法”在美国科学教育史上的主导地位。框架使用“科学实践”一词，凸显了融合社会、认知、行为三个维度的实践观。其实施要求理论性探究在课堂探究活动中占主导地位，并要求科学作为社会性活动的特质在课堂上得到充分施展。

[关键词] 科学探究；科学实践；科学方法

[作者简介] 唐小为，西南大学教育学部基础教育研究中心副研究员（重庆 400700）；丁邦平，首都师范大学教育学院科学教育研究中心主任、教授、博士生导师（北京 100089）

美国国家研究理事会（NRC）于 2011 年 7 月发布的《K-12 年级科学教育框架：实践、跨学科概念和核心概念》一书（以下简称《框架》）⁽¹⁾，融合近年来科学教育研究诸多成果，完成了美国制定科学教育新标准的理论奠基工作。我国研究者很及时地对这个新框架进行了译介，梳理和分析了框架设计的内容、特点、理念及其理论基础⁽²⁾，并提出新框架具有聚焦核心概念、整合科学与工程、整体化设计与“知行合一”的实践等四大特点，可供我国科学教育改革借鉴⁽³⁾。

然而要用这块“他山之石”攻我之玉，仅知其然不够，必须知其所以然。如不理解新思路孕育和诞生的来龙去脉，即便了解其“新”于何处，也难深悟其“新”有何益。

《框架》中最抢眼的甚至有些颠覆意味的变更是，首位关键词从“探究”（inquiry），变成了“实践”（practices）。“探究”是美国 1996 年《国家科学教育标准》⁽⁴⁾（以下简称 96《标准》）的核心理念，同时指向学生应发展的重要能力和科学教学的核心方法。因我国现行科学课标的制定主要借鉴了这一《标准》，

“探究”也成了我国科学教育研究使用频率最高的术语，从教学一线到最高级别的理论刊物，无人不知，无人不晓。那么，“探究”缘何“失宠”？“实践”又强在哪里？

一、“探究”一词何以被取代？

《框架》解释说，96《标准》中广泛使用的“探究”一词“多年来在科学教育共同体中被以多种不同方式理解着”，《框架》改用“实践”一词，不是为了取代探究，而是要为“探究”正名，“更好地阐述探究在科学中的含义，即作为其题中应有之义的认知、社会、行为等多维度的实践活动”（5）。

导致“探究”一词被取代的症结就是这个词“被以多种不同方式理解着”——这些“不同方式”往往将“认知、社会、行为等多维度的实践活动”部分简化甚至省略，导致实施出来的“探究”变了味儿。其最典型、最顽固、最成众矢之的的方式，就是将课堂科学探究等同于学习“科学方法”。

“科学方法”自19世纪晚期进入美国科学课堂。受经验主义科学哲学影响，当时所谓“科学方法”主要指在量化实验基础上归纳得出确定结论的科学实验方法。秉承这一理念，美国1887年出版了一本包括40个物理实验训练、名为《哈佛大学初等物理实验》的小册子，先是纳入哈佛物理系入学要求，后成为美国大学升学考核的重要指标。受这根指挥棒操控，总共有十多年的时间，美国中小学科学教育把教授模式化实验方法当做第一要务。在这样的科学课堂中，假说、推测、科学解释等理论性思考几无立足之地。当时的教育家也认为，“理论性科学讨论的水太深，一旦踏进去，就会完全抹煞学生的科学学习兴趣。”（6）

随着美国中等教育大众化，高中入学人数陡增，然而选修自然科学学科的高中生比例却逐年下降；科学教育着重培养的实验技能被认为只对大学生有用，而那时高中毕业的升学比例不足10%。缺少实用性的“科学方法”引来嘘声一片，连颇有影响的教育家杜威也指出，“科学过多地被作为不断累积的既定事实和实验技能来教，却很少作为思想方法来教”（7）。随后杜威在1910年出版的《我们如何思维》一书中，分析了少量个人日常思考案例，并总结出“思维五步”，即觉察问题、定义问题、提出可能的解决方案、基于推理发展各种方案、基于观察或实验证实或证伪（8）。当时的科学教育工作者视处于哲学假说阶段的“思维五步”如强心剂，冠之以“科学思维方法”名号，令其顶替科学实验方法上讲台唱主角。今天为我国广大科学教师熟知的科学方法六步骤或者五步骤、七步骤等都应拜此

鼻祖。凝固化因而也庸俗化了的“科学（思维）方法”和“科学（实验）方法”有一个最大共性，就是将科学探究过程分解成固定的、按部就班的、可供个体学习者“依样画葫芦”的步骤，至于为什么要这么“画”，是否还有其他“画”法，科学理论和科学共同体的价值何在，都不必深究了。

对“科学（思维）方法”的批判在 20 世纪 50 年代已非常尖锐。1945 年哈佛报告《自由社会的通识教育》里指出，“没有什么比要求学生记忆并遵循一套一成不变的步骤来理解自然现象离科学更远的了！”⁽⁹⁾当时的哈佛大学校长詹姆士·科南特也明确表示，并不存在一种普适的科学（思维）方法。杜威本人也未料到“思维五步”会被僵化到这种地步，1933 年再版《我们如何思维》时，他将“五步”改为“五个阶段”，并特意增加了“五个阶段并无定序”一节，强调这些阶段“仅粗线条地概括了反思式思考的一些重要特征”，在实际运用中，“有的阶段可能套叠缩短，有的阶段也许倏忽而过，有时获得结论的重担主要由其中的某个阶段承担……这样的事是没有成规的。”⁽¹⁰⁾

但这些科学教育高层的声音，哪怕杜威本人的反思，都没能把“科学（思维）方法”从美国中小学科学课堂的主导地位上拉下来，即或是探究成为 96《标准》核心理念后的这十来年。^①

96《标准》开篇将探究定义为“科学家研究自然界并在证据基础上建构解释的各种方式”⁽¹¹⁾，认为这些方式也应使用在科学学习活动中。这表明提倡探究的本意是要塑造布鲁纳所说的那种课堂——“孩子们在教室里所为和科学家在实验室里所为只有程度不同，没有本质区别”⁽¹²⁾。但在“内容标准”一章，《标准》又将完整的探究活动分为提出问题、设计并执行探究方案、搜集证据、建构解释、交流讨论等步骤⁽¹³⁾，并提出以学习知识为目的进行课堂探究时，既可开展完整的探究活动，也可只抽取某个部分。

对探究的这种理解基本以原貌进入了我国 2001 年课改后的科学课标。尽管两国标准都强调探究并非固定有序的步骤，具体课堂活动应依具体需要设计，但步骤化的探究描述显然为套用科学方法模型（或称探究模式）实施探究提供了很大便利。在多数科学课堂中，探究很快被等同于传授和套用步骤，抽取出来让学生“自主探究”的还往往是最无需思考的部分，如执行教师设计好的探究方案，收集数据后全班汇报分享等。

“科学方法”就像下棋的棋谱，本身倒也没错，读懂、用当了还可以成为解

解决问题的利器；但教人按“棋谱”亦步亦趋地走棋，剥夺了棋手从实际出发、自主进行理性思考的权利，取消了棋手腾挪变化的灵性，活的探究堕落成死的程式。这种教条化引发的悲剧在教育改革中屡见不鲜。

二、首位关键词使用“实践”突出了什么？

“实践”一词颇有来头，它灌注了近 20 年来科学教育研究者努力扭转课堂探究活动模式化倾向的心血。这一时期的科学教育文献汇集了大量与改革探究实施相关的研究，或证明以“科学方法”为主导的探究可能对学生思维带来什么样的限制和危害；或探索科学家的真实探究活动有哪些一般课堂探究所没有的特点；或进行教学实验，检验不一样的探究教学有何不同效果；或深入分析课堂案例，举证学生使用各种方式进行探究的能力。这些研究聚焦于两点——它们正是被科学方法主导的课堂探究“简化”掉了、却对真实科学研究意义重大的部分，也正是《框架》中“实践”一词要凸显的内容。

(一)理论性探究应在课堂探究活动中占据主导位置

以理论性探究为主导即提倡把培养科学思考能力作为科学探究教学的核心目标，帮助学生越来越自如、自发地运用科学证据和推理，建构和不断改进自己的科学理论。

传统观念认为理论建构是高层次思维方式，需深厚的知识基础；但近期这一看法遭遇众多挑战。大卫·汉默 2005 年归纳了之前的一些研究成果，指出“学龄前儿童就能对知识进行反思，幼儿园的孩子也能区分假说和证据，二年级学生能分析自己设计的实验什么地方不可靠，并注意到理论中的证据一致性和逻辑一致性；三到六年级的学生可建构类比推理并用于问题解决；四至六年级学生可区分观察和理论，并在推理过程中关注如何在各路证据间取得一致”⁽¹⁴⁾。该论文还以探究案例举证说明，一年级小学生也可进行机制推理、建构科学解释、评价证据可靠性等活动。这些研究表明，只要课堂学习环境适宜、主题设置和引导得当，低龄学生完全可以开展理论性探究。

以“帮助学生建构和不断改进自己的科学理论”为目标的科学教学，所关注的自然就不再是执行程序化步骤和得出确定结论，而是以语言为载体的学生想法如何形成和发展：学生想法的本质是什么？它能合理解释所探究的自然现象么？哪些现有证据可支持或反驳这个想法？推理过程能找出漏洞么？进一步检验这个想法还需要寻找哪些证据？怎样着手收集这样的证据……学生要反复经历这

样的思考过程，学习用证据和推理说话。

这样的目标和教学方式可能会让有些教师发笑：小孩儿能建构出来什么“自己的科学理论”？他们建构不出正确的理论可怎么办？“理论”一词那副“非大人物不能为”的严肃面孔，使一些教师压根没打算给学生“理论建构”的机会，而且对稚嫩的理论萌芽视而不见，或一一打掉。

但教师若能将注意力转移到学生想法上，看到不一样的风景并非难事。姑且以笔者近日课堂观察所见中国案例为证。某四年级教师教“溶解”单元，让学生比较等量水分别能溶解多少盐和糖，希望学生看到搅拌许久都不再继续溶解的糖，就能自发产生“一定量的水只能溶解一定量的某种物质”这一小学版的溶解度概念，但学生的思路却各不相同。有学生力辩只要时间够长，糖就能继续溶解，除非加的糖高出水面，暴露在空气中才会无法溶解。有学生补充，即便加的糖高出水面，只要底下的糖一溶，上面的糖就能落下来继续溶，一杯水“可以这样无限溶解下去”。也有学生反对，理由是水看上去密实，其实是有很多空隙的，盐和糖的小颗粒可以填在这些空隙中，空隙填满了就溶不了了，“好像教室坐满了一样”。另有学生说，溶解是因为水对糖有“冲击力”，溶的糖多了，“冲击力”被分散被减弱了，新加的糖就很难溶解。这个讨论并没能达成建立溶解度概念的知识目标，却收获了“无限溶解说”、“空隙说”、“冲击力说”等萌芽状态的溶解机制理论。对于尚无分子、离子等微观概念的小学生来说，这种基于观察证据和合理想象建构“自己的理论”的能力十分可贵；与原子论被普遍接受之前将溶液解释为“不定比的化合物”的研究者相比，并不显得幼稚。

漠视和轻视学生在科学学习初期建构的理论，限制的是学生未来自主进行创造性思考和理论性探究的能力。不会或不习惯这样“动脑”的学生，“动手”（实验）的能力再强也难以创新。在实际科学研究中，“动手”是由“动脑”驱动、为“动脑”服务的。科学工作者依据已有理论设计实验或观测活动，结合收集到的证据重新审视理论，或证伪，或延展，或修改，以建构一致性更高、解释力更强的新理论。在这个过程中辅以概念建模或数学建模，简化理论表达，梳理数据以凸显规律。

(二)科学作为社会性活动的特质应在课堂上得以充分施展

强调科学的社会活动特质，旨在提倡课堂探究应从个体行为向群体行为转化，课堂互动应反映科学共同体的真实互动。现今的科学家越来越不能单打独斗。

科学的社会性不仅体现在一个课题组的分工合作上，也以举行例会、发表和宣读论文、在会议上发言和听取报告、互访、举办和参加学术讲座等各种交流方式呈现。这些活动的共同点是创造机会让不同理论发生碰撞，以解决其中存在的争端。理论持有者一方面展示自己的观点，并竭其所能为之辩护；另一方面听取他人的不同观点，或挑战质疑，或进一步发展，或在对方证据充足时选择修改乃至放弃自己原先的理论。科学理论正是通过这样的活动长期接受着科学共同体的反复考察，考察内容包括推理是否成立，证据链是否完整，证据来源是否可靠，与其他理论相比能否更好更多地解释不断涌现的新证据。证据扎实、逻辑清晰、解释力强的理论不确定性相对较低，可被写入课本，却不意味着与之相关的辩论会就此打住。

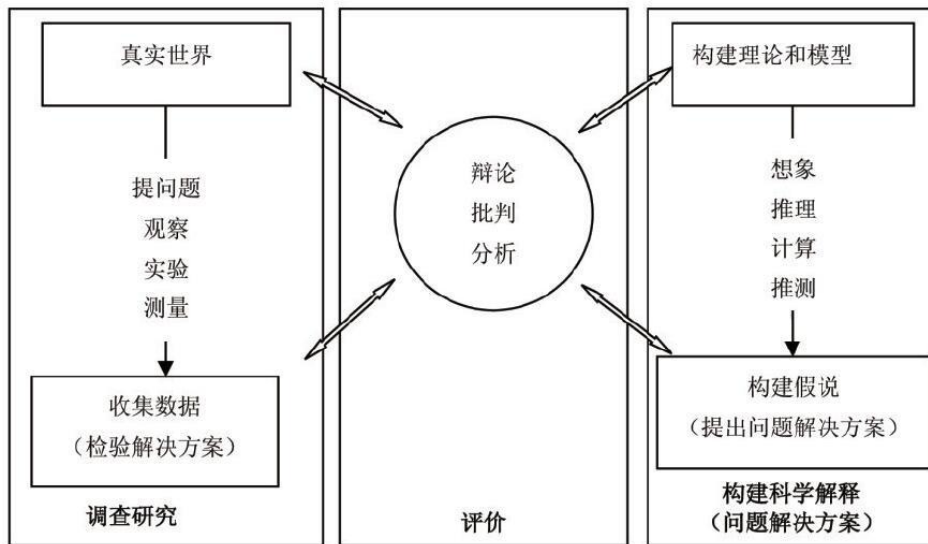
体现科学发展的这种社会性过程，就要求课堂探究活动在“动脑”、“动手”之外还要“动嘴”、“动笔”。“动嘴”通常以开放性讨论和课堂科学辩论的形态呈现，“动笔”则是以书面形式进行科学论证。不论“动嘴”或“动笔”，教学关注点和学习效果评价标准都要从标准答案转向基于证据和推理的科学理性。实现这样的教学，最重要的是建设与之相适应的学习环境：要形成并维持平等对话的课堂关系；要明确学生作为知识贡献者和建构者的课堂角色；要有不崇尚非理性权威的共识，不论这种权威来自教师还是书本；要有这样的课堂规则——包括教师在内的学习共同体成员，都秉承科学理性标准，通过追问、质疑、辩护、反驳、反思等行动对自身想法和彼此想法负责。

三、“一词之变”背后的期望

厘清科学探究理念的变迁过程，就能理解“科学探究”为何变身“科学实践”了。其一，探究模式化和教条化现状亟待扭转；其二，课堂探究的内涵亟须拓展。“科学实践”中的“实践”，比我们通常理解的“实践出真知”的“实践”概念内涵要丰富，不光包括客观物质性的“动手”，也包括蕴含大量创造性思维和科学理性的“动脑”与“动嘴（笔）”。正如《框架》第二章指出的，以“科学实践”取代“科学探究”的进步在于三个“避免”：一是避免将科学探究缩减为过分强调实验、与内容相分离的单一步骤集合体；二是用复数形式的“实践”来描述科学，避免读者在解读时陷入两类思维定势，即认为存在唯一的、普适性的“科学方法”，或认为“有关科学的一切都是不确定的”；三是为了避免因探究概念不统一，产生理念上千差万别的课堂探究教学实践⁽¹⁵⁾。而提这三个“避免”，从根本

上说是为了强调“建模、建构科学解释、参与评论与评价（辩论）等在科学教育中很少被足够重视的重要科学实践行为。”(16)

结合技术教育取向，《框架》制定者还以概念图的方式描述了三个核心维度上的科学（技术）实践活动（见下图），其中实验主导的调查研究只占一个维度，而另两个维度则分别强调“建构科学解释”和“评价”，即前述的理论性探究和科学的社会性过程，或更通俗一点，“动脑”和“动嘴（笔）”。



科学工作的三个维度图(17)

“一词之变”的来龙去脉，呈现出美国科学教育改革经历的挫折和由此而来的新动向。过去我们常称道美国教育注重培养孩子的动手能力，现在更应关注他们将动手能力、动脑能力和动嘴（笔）能力紧密结合的实践观，和以动手服务动脑，以动嘴（笔）促进动脑的教学构想。这一框架映射出美国科学教育工作者对科学本质理解的深化和维护自己科技强国地位的雄心壮志，不可小觑。

若问我国课标是否也需要跟进修改“探究”一词，笔者以为，搬来一个术语并不难，但若缺少“中间理论”，缺少从具体案例和教学实际出发的细致研究，仅靠某个哲学层面的新理念指挥课程改革，在教学实施与评价中很容易弃灵魂而保形式，欲速不达。如不先做好扎根本土课堂的教育科研工作，怎知“科学实践”不会沦为下一个“科学探究”呢？

参考文献：（略）

※本文系全国教育科学“十二五”规划国家一般课题“社会性课堂学习环境对科学探究有效性的影响”（课题批准号：BFA110052）的阶段性研究成果。原载于《教育研究》2012年11期，P141-145

(二)现场课教学设计

之一：《种子的萌发》（四年下）教学设计

执教者：重庆市北碚区朝阳小学 廖晓星

教学分析

本节课主要是研究植物的种子结构及种子各部分的作用是什么？教材内容分为三个部分：一是浸泡种子；二是认识种子的内部构造；三是观察本节课主要是研究植物的种子结构及种子各部分的作用是什么？

学生在三年级的时候有种植植物的经验，都知道大多数的植物都是由种子发育而来，当给种子提供了水份、土壤、阳光，这些条件，种子就会萌发。学生并不知道，种子发芽其实需要两大条件：外界条件和自身条件。外界条件包括：适宜的温度、一定的水分、充足的空气；自身原因包括：饱满、完整的活胚，不在休眠期。所以本课的重点，也是难点就是观察、描述自己对种子内部的观察，能找出种子的相似之处，以观察获得的信息为证据，推理论证种子萌发时各结构部分的功能。

学生经历了对种子结构各部分作用的探究后，结论已经不再是关键。结论和共识只需要学生到培育种子发芽的实验中去获取。所以本课把动手种放在了课堂中，目的是为了激发学生课后继续探究的欲望，能持续的观察种子，观察到种子萌发的生命过程。

教学目标

科学概念：

初步了解种子内部的结构，推测种子的各部分在种子的萌发过程中的不同作用。

科学实践：

1.用最初步的博物学方法，观察、描述自己对种子内部的观察，能找出种子的相似之处。

2.以观察获得的信息为证据，推理论证种子萌发时各结构部分的功能。

科学态度：

激发学生探究种子结构与其功能的兴趣，培养严谨求实的观察态度。

教学重点：

探索种子的结构。用最初步的博物学方法，观察比较不同的种子。

教学难点：

观察蚕豆种子的构造，推测种子的各部分在种子的萌发过程中起着不同的作用。

教学准备：

各种种子、放大镜、直尺。

教学过程

一、视频引入，交流前测。

1.谈话：同学们，我们前面讨论了植物的什么？（种子）。视频播放，并老师解说：植物在水、土、阳光等这些外部条件合适的时候，种子就开始发芽，长出根、茎、叶，最后长成植物。

2.提问：植物种子为什么会萌发，除了适合的外部条件外，还跟什么相关？（种子本身、内部）

3.提问：种子里面是怎么样的呢？

学生推测，绘制出种子内部可能的样子。

教师引导学生通过观察了解种子内部结构来探索种子新生命萌发的秘密。

【设计意图：学生在三年级的时候有种植植物的经验，都知道大多数的植物都是由种子发育而来，当给种子提供了水份、土壤、阳光，这些条件，种子就会萌发。学生对内部构造并不知道。老师在上课利用前测呈现的不同理解这一认知冲突，将学生把关注点聚焦到种子萌发的内因上来探索种子新生命萌发的奥秘。】

二、观察、解剖、比较种子

1.引导：同学们提出先要来观察种子里边的结构，具体怎么操作，我们来看看操作指南。请同学们打开操作指南。自己默看一下。

2.老师演示解剖种子。

老师利用 ppt 出示操作指南，指导学生对种子进行解剖观察。

3.小组活动：学生分小组内进行活动，老师指导学生把种子集中起来，贴到小组记录单中。观察比较一下，思考交流操作指南上的问题。

4.请各小组上来交流。

5.提问：比较各种种子，它们内部都有哪些结构部分？

教师根据各组学生的观察情况进行记录整理。

6.小结：种子内部大小等各不相同，但是结构却相似。都有皮、两个豆瓣和一个小芽。这些结构和你之前对种子的推测一致吗？（板书出来）

7.提问：种子的结构与新生命萌发有什么联系？这些部分将来都可能生长成植物的哪些部分？

【设计意图：在本节课，教学重点就是探索种子的内部结构，认识胚。在学生明白了为什么要进行观察之后，让学生带着目的去观察，思考种子结构与种子萌发的生命奥秘。这里渗透了一定的博物学思想：1、通过观察、描述、记录，建立对自然的直观印象，而博物学的观察、比较也应该是小学科学教育的一个核心，是学生走进真实自然世界的必经之路。2、种子的构造对于学生来说是未知的，在剥开种子之前，学生对种子里面的推测是各种各样的。学生解剖了一种种子之后，会发现除一层皮之外，里边原来有一个“小芽”和两个“豆瓣”，学生的认知在真实世界里得到发展。同时这样的结构与种子新生命的萌发有什么联系？从结构的认识发展走向功能的推理，这个过程中，学生的推理不尽相同，教学活动期待学生表述自己的推理与原因表述，激发学生大胆辩论并走向求证，这既是博物学思想所追求的，也是课堂中学习的科学实践。3、博物学的方法还有工具的使用，像放大镜的使用等，当学生观察种子里边的连接处即“小芽”时，老师提供了放大镜来观察，这部分是即是对工具使用的培养，也是培养学生对细小事物的观察能力。】

三、动手实验，播种种子

1.谈话：种子的内部结构到底有什么作用，我们的推测是否正确，你有什么办法验证一下吗？

2.提问：种出来，观察，你打算怎么种了？（板书出来）

学生说自己的想法

3.引导：教师指导学生进行种子萌发实验的种植，并提示学生根据记录表坚持每天观察记录。

4.总结：每种种子都有自己独一无二的特征，但都有一个共同的使命，将生命的遗传特征传承下去，如果条件适合，种子就会萌发。那么种子的萌发需要哪

些条件呢？希望你们，继续研究。

【设计意图：科学课探究不可能也不应该在课堂四十分钟完成，科学在我们成人与儿童生活的每一角落，很多的科学现象需要我们在生活中经常性或持续性去探究认识。植物的生长过程就是一个持续的，相对于课堂四十分钟来说是漫长的一种生命活动过程，所以学生要真正了解植物种子各部分结构的生长变化必须到课后的生活中去持续进行。怎样让学生在独立的环境中有效开展探究活动，这就需要老师进行一定的方法指导。当学生已经经历了对种子结构各部分作用的探究后，结论已经不再是关键。所以结论和共识只需要学生到培育种子发芽的实验中去获取。所以本课把动手种放在了课堂中，目的是为了激发学生课后继续探究的欲望，能持续的观察种子，观察到种子萌发的生命过程。】

之二：《不一样的电路连接》（四年下）课堂实录

执教者：北京中国人民大学附属中学实验小学 袁涛

师：今天有很多老师来听课，可能同学们有些紧张，我们先来欣赏一张美图放松放松。见过这儿了吗？

生：见过、没见过。

师：这是北京西单的夜景，在霓虹灯的映衬下西单的夜晚和白天不太一样，但是霓虹灯也有出故障的时候，出故障的霓虹灯就不太好看了。

生：（此处学生笑声一片）。

师：维修人员在检修霓虹灯的时候并不是一开始就把它拆开看看哪坏了，而是先观察现象再来看产生故障的原因。今天我们就来一起做一个小检验员，发现霓虹灯后面不一样的电路连接。这个事听起来很复杂，我们把它简化一下，先来研究这样一个盒子，这个盒子上面有两个接线柱，再不打开黑盒子之前你有没有办法知道里面两个接线柱是否有电路连接。其实在之前的电路学习中我们已经接触过类似的方式，比如说在测量导体和绝缘体的时候……

生：电路检测器。

师：说的非常好，电路检测器应该怎么用？

生1：应该是先把一个电线连接到电池上，再把另一端接一根导线，电池上也接一根导线，看电路检测器能不能亮。

生2：然后用图上的电线连到两个接线柱，一根导线连一根。

师：如果灯泡亮了说明什么？

生：说明里面有导线。

师：我们这种电流能通过的情况叫通路。

师：如果灯泡不亮呢？

生：里面没有导线。

师：我们把它称之为断路，为了方便描述，我把这两个接线柱标成1、2，在两个点之间是否有导线连接呢？我写作1-2，我在测完一次以后还需要把两根导线调过来吗？

生：不需要。

师：难度继续提升，如果是三个接线柱呢？我们怎么检测？需要检测几次？

我们先标上号。

生：我认为需要检测三次 1-2，2-3，1-3。

师：如果我们按顺序检测，不容易遗漏，所以第二次应该检测哪？

生：1-3。

师：任务难度继续提升，四个点需要检测几次呢？这个任务同学们来完成，我们来看实验报告单。有顺序的检测，然后把检测对象如果是通路，用√表示，如果是断路，用×表示，里面的电路怎么连接的，把我们的猜想画在实验报告单上，前提是不能打开黑盒子。

生：小组探究活动。

师：谁来汇报一下黑盒子里面可能是怎么连接的？

生1：我们组的实验结果是 1-2 是通路，1-3 是断路，2-4 是通路，3-4 是断路。

师：你们组的结论是，盒子里面的电路连接是三角形。哪些组和他们的结论是一样的？哪些组是不一样的？上来汇报一下你们的结果。

生：1-2 是断路，1-3 是断路，2-3 是通路，2-4 是通路，3-4 是通路。我们的结论是 2、3、4 是互相连接的。

师：到底是不是像你们猜想的那样呢？我们可以通过打开盒子的方式进行验证，注意打开盒子的方式是前面有个扣，一按就打开了。

师：看来我们在实验中得到一些结论，我们在验证过程中发现有些对，有些不对。

生：我们组的结论是 2 号、3 号、4 号是互相连接的，可是打开盒子以后发现连接线并没有呈现三角形，我们想可能 2 和 3 虽然没有连接，但是它可能通过 4 连接的。

师：也就是说 2 和 3 虽然没有连接，但电流是从 4 这个方向流过来的。有的组验证过程中发现和最初的想法一样，上来说一说。

生：我们组一开始也猜测是 2、3、4 是连接的，打开后发现 2、3、4 也是连接的。

师：所以我们在猜测的过程中，通过打开盒子验证结论，有可能是正确的，也有可能不太一样。下面我们来梳理一下前面整个过程，连接点点数是 2 个点时？

生：1-2。

师：检测次数？

生：1次。

师：3个点时连接方式？

生：1-2、1-3、2-3。

师：检测次数？

生：3次。

师：当是4个点的时候，我们已经很清楚了。

生：1-2、1-3、1-4、2-3、2-4、3-4，检测次数是6次。

师：我们看看这里面是不是有什么规律呢？小组商量一下。

生：点数为2的时候，次数是1次，点数为3的时候是3次，点数为4的时候，次数是6，点数2和3，次数相差2，点数3和4相差3。

师：如果点数为5的时候，次数是几？

生：10次。

师：通过这位同学的算法，我们可以很容易的得出结论，其实还有一个很简单的算法，连接方式1-2，1次对吧？1-2、1-3几次？

生：2次。

师：2-3几次？

生：1次。

师：1-2、1-3、1-4，是几次？

生：3次。

师：2-3、2-4，几次？

生：2次。

师：3-4呢？

生：1次。

师：通过刚才我们的研究发现，其实科学课里面还含着数学问题呢，那用老师的方法你们推断一下，如果是五个点应该是几次？

生：4、3、2、1，应该是10次。

师：我们发现数学和科学还是相似的，刚才我们的研究对黑盒有一定的基础了，我们可以打开一个更大的黑盒子，袁老师这里做了一个模拟的霓虹灯，当我

把它打开以后，四个灯泡都是亮的。因为它们没坏，你仔细观察现象，想想袁老师后面的电路是怎么连接的？拧开第一个，拧开第二个，拧开第三个，拧开第四个，想想这是我们之前学过的哪种连接？

生1：我觉得是并联。

生2：我觉得是串联，因为并联是两个闭合回路，如果串联是一个闭合回路，如果是串联，一个坏了其它都不亮。

师：下面我们来试一试这种连接方式到底是串联还是并联？

生：小组实验。

生师：我们都完成串并联的连接了吧？

生：老师的盒子应该是串联连接，因为我们实验发现把一个灯泡拧松，第二个也不亮了。

师：为什么会有这种现象呢？谁能解释一下。

生：因为串联它是把几个灯泡连成一个电路，如果一个拧开，就成了断路，并联就不会。

师：你还发现了什么呢？

生：我发现串联的灯泡没有并联的亮。

师：为什么会出现这种现象呢？谁来试着解释一下？

生1：因为串联是一个闭合回路，比较长，并联是两个闭合回路比较短，所以电流传的快一些，所以比较亮。

生2：我认为串联有一个闭合回路，流到第一个灯泡是1.5V，流到第二个灯泡也是1.50V。

生3：串联是一个闭合回路，两个灯泡分享一个1.5v，而并联电路是两个闭合回路，两个灯泡各分享一个1.5v，因此并联亮。

师：听清楚了吗？就像吃馒头，电源比作馒头的话，串联两个人分一个灯泡，而并联一人一个馒头。通过刚才的分析，我们一致认定袁老师的黑盒子是四个灯泡串联。其实在生活中，我们这节课干的事就像解密一样，解开黑盒子。回过头我们再来解决一下霓虹灯的故障。

生：应该是并联，因为旁边的部分不亮，其他的部分还是亮的。

师：其实生活中的黑箱子还有很多，比如说我们头顶的黑箱子，如果我想知道头顶的电路连接，我需要把墙凿开吗？我们只需通过现象推测里面的连接方

式。

生：不需要。

师：你们来看看袁老师教室的灯可能是怎么连接的？

生：我觉得是并联。

师：通过刚才的研究我们发现很多时候我们都可以通过外部的现象推测里面的连接方式。

师：课后请同学们思考一个问题，在一个串联电路中，假设我串了 100 个灯泡，但只有一个灯泡是坏的，你有没有办法减少检测的次数检测出故障灯泡来？

之三：《热是怎样传递的》（五年下）教学设计

执教者：郑州市金水区纬五路第二小学 单华瑞

一、设置学习目标的依据

1. 基于课程标准

“热现象”是“物质科学”领域中“能量的表现形式”主题中的重要内容。《科学（3-6 年级课程标准（实验稿）》对本课的内容标准要求是：“知道热能从一个物体传到另一个物体”、“了解热总是从高温物体传向低温物体。”

标准还指出，“要体验科学探究中证据、逻辑推理及运用想象建立假设和理解的重要性。”科学调查研究中所发现的现象、收集的数据本身往往不能自明，必须经过逻辑推理以获取其含义，才可能形成证据，建立对研究问题的科学解释。因此在教学时引导学生经历事实转化为证据的确认过程，经历集体评价、鉴别证据真伪的过程对帮助学生今后进行科学实践以及培养学生集体论证能力就显得尤为重要。

2. 基于教材

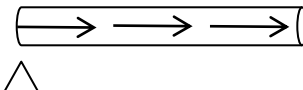
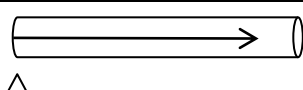
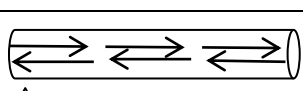
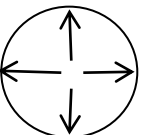
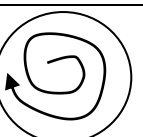
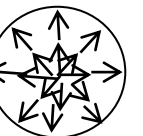
本课是《热》单元的第六课，该单元主要观察和思考一些与物体冷热程度有关的现象。例如气体、固体和液体三态的转化及与温度的关系、物体的热胀冷缩、摩擦生热及热传递等内容。

本课主要由“热在金属条中的传递”“热在金属片中的传递”两个部分构成，有三个实验：触摸金属条在热水中的变化，通过手的感觉判断热传递的过程和方向；利用酒精灯烧金属条，火柴掉落等可视的、直观的实验现象观察热在金属条中的传递；观察酒精灯烧金属片、蜡融化的现象，更深入的了解观察热传导现象。最终使学生通过探究形成共识丰富概念：当两个温度不同的物体接触时，温度较高的物体会向温度较低的物体传递热，同一个物体也会从温度较高的部分向温度较低的部分传递热，这种传递热的方式叫做热传导。

3. 基于学生情况分析

对儿童而言，主动建构和理解科学概念，必须建立在观点的发表和共享的过程中，在论证过程中强化儿童的观点与证据的协调，但儿童的观点总会受到原有认知、信息加工能力、思维习惯等因素的影响，在论证过程中表现出自我中心、倾向性选择或无序化的思维现象等特征。

具体到本课,我围绕学生原有认知、思维习惯以及信息加工能力等三个方面,通过随机抽样的方法对四、五年级各 50 名学生进行的课前问卷调查和访谈结果显示:

调查项目	调查结果	四年级(人)	五年级(人)
金属勺子在热水中的变化	勺头与勺柄均变热	44	47
	勺头变热,勺柄最末端有一点点热	4	3
	勺头变热,勺柄最末端不热	2	0
热在直线型物体中的传递方向(左端加热)		17	29
		32	21
		1	0
热在圆形物体中的传递方向(中心加热)		34	31
		7	11
		9	8
热传递在生活中的应用(热传导)	从一个物体到另一个物体	46	42
	从物体的一部分到另一部分	4	8

我们发现,学习本课之前学生已经具备丰富的生活经验,学生都知道金属勺子在热水里放一会就会变热,且四年级会有 4%的同学会认为热水的温度决定最末端勺柄是否能够变热。两个年级的大多数同学都能准确画出热在直线型物体和圆形物体中的传递方向,但是还停留在具体情境的描述上,尚不能从温度上来描述这些不同的热传递现象中蕴含的热传递特点,同时两个年级各有 14%和 22%的同学具备热会从中间热的地方向四周“晕染传递”的初步意识。在解释热传递的应用上,多数孩子潜意识中认为热传递就是两个物体间的热量传递,忽视热在同一物体内的传递现象。

同时从孩子们课堂对他人信息的反馈以及基于证据进行论证的能力表现上看，孩子大多都能主动利用自己的实验记录来进行交流，会倾向于对别人和自己实验现象不一样的地方、以及遗漏的一些细节上的事实进行质疑和批判，四年级孩子在关键证据的选择上会选择陈述和自己预设一样的、和别人实验现象一致的事实，而五年级孩子则更容易从证据是否全面、是否准确上捍卫自己的观点。

调查项目	调查结果	四年级(人)	五年级(人)
对他人信息的反馈	描述自己观察到的现象和数据	21	16
	描述与他人不一样的事实	24	26
	描述他人遗漏的细节	5	8
支持自己观点的关键性证据选择	陈述与他人现象一致的证据(可靠)	21	10
	陈述证明观点的多种证据(全面)	15	17
	陈述最能直接指向观点的证据(准确)	14	23

依据上述课程标准、教材以及学情，制定如下的学习目标。

二、学习目标：

- 1.通过小组合作，利用不同材料，设计实验证明热在铜棒中的传递方向。
- 2.通过小组、班级的交流活动，对能够证明猜测成立的实验现象或数据进行正确的逻辑推理分析。
- 3.依据对热在铜棒和金属片中的实验现象，会采用“温度……”等词语正确描述热传递的过程，知道热总会从温度较高的一端传递到温度较低的一端。

三、学习重点：

从多种实验现象中寻找证据，建立有关热传递的过程和方向的共识。

四、学习难点：

能准确有效的将实验现象与自己对热传导过程及方向的观点联系起来进行交流分析。

五、教学准备：

分组材料：铜棒、铁架台、试管夹、酒精灯、火柴、金属铁片、蜡环、温度计等。

六、教学过程：

(一) 回顾引入、提出观点

(课件出示图片)

1. 教师组织学生回顾已有知识后提问：

①铜棒中没有与火焰接触的部分会变热吗？

②热是怎样传过去的？

2. 学生依据经验解释铜棒变热的原因，并对热在铜棒中如何传递进行猜测。

教师引导学生用温度描述自己的想法，并板书课题。

（设计意图：看门见山，直接了当，基于学生经验建立概念模型，明确本节课的研究任务：热是怎样传递的？我们的猜测是否成立？）

（二）分组实验、寻找证据

1. 小组设计实验。

（课件出示实验材料图片）

提出要求：

怎样才能证明热就是从高温部分逐渐传向低温部分的？

学生分组讨论如何证明热是从高温传向低温的，并用图画或符号表示出大概的实验设计方案。

2. 班级交流。

由使用不同材料的小组汇报自己的实验方案，其他学生认真倾听，提出自己的看法。

教师在班级交流中着重提醒：

①如果我们的猜测是成立的，希望会出现哪些现象？

②实验时有什么需要特别注意的地方？

（设计意图：实验前明确实验时搜集到什么证据才能证明之前的猜测成立，有助于学生将观点和证据联系起来，方便实验后的解释与论证。）

3. 学生分组使用蜡环、温度计研究热在金属棒中的传递过程。

4. 小组讨论、班级交流观察到的实验现象。

①热是怎样传递的？

②哪些现象或数据支持我们的观点？

发现：热在铜棒中是从高温部分逐步传向低温部分的。

（设计意图：引导学生分析实验现象，形成证据，并且按一定的逻辑顺序将自己的观点和证据联系起来进行交流和解释。）

（三）深入观察、形成共识

1. 猜测热在其它物体中的传递方式。

（出示金属片实物）提问：我们的生活中还有许多不同材质不同形状的物体。热在这些物体中会怎样传递？

学生用图示的方法记录自己的想法并进行交流。

(设计意图：锻炼学生运用图画、符号等形式表明个人观点细节部分的能力。)

2. 分组实验，观察现象。

提问：如果我们的猜测是成立的，金属片上的蜡可能会怎么变化？

学生联系自己的观点，交流可能会出现的变化，

分组实验、观察并记录蜡的变化。

3. 班级交流，热在金属片中是怎样传递的？

①学生依据观察到的实验现象，对自己的猜测是否成立做出判断并进行解释，发现：热在金属片也是从高温部分逐步传向低温部分的。

②分析其他小组的实验现象，讨论是否支持自己的观点，形成共识。

(设计意图：经历利用观察结果和文本与他人进行有逻辑性的解释或辩论过程，体会现象与证据的区别。)

(四) 总结延伸、丰富概念

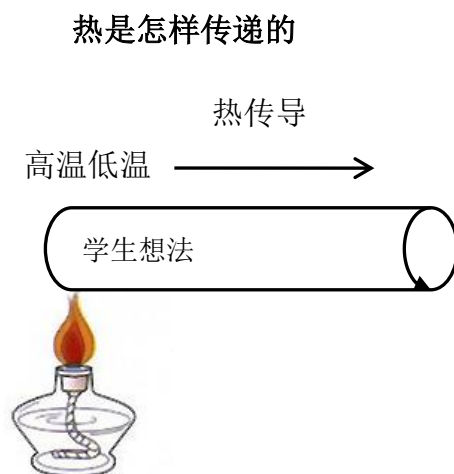
提问：热是怎样传递的？你是怎么知道的？

学生回顾实验过程，使用规范的语言解释热传递的过程。

(设计意图：体会可靠的证据对建立科学概念的重要性。)

教师小结：热总是从高温部分传向低温部分。传递热的方式有很多，比如我们今天主要研究的就是固体中的主要传热方式——热传导。(板书)

板书设计：



之四：《水珠从哪里来》（三年下）教学设计

执教者：浙江省温州安阳实验小学 王小梅

教学目标：

- 1.学生针对并杯外壁出现水珠的现象发表自己的猜想（杯口漏水、杯壁渗水、杯壁透气、杯外气体等）；
- 2.能通过观察论证自己的猜想并与同伴进行交流；
- 3.经历反复观察与集体论证的科学实践，将对“水珠从哪里来”的解释集中在“杯子外壁水珠的形成与杯子外面的气体和温度有关”。

材料准备：

冰杯每组两个；空冰杯、空杯；干净毛巾；水槽；观点牌；磁铁片；课件；小冰柜；记录纸。

教学重难点：

重点：经历观察与论证的科学实践，建构“杯子外壁水珠的形成与杯子外面的气体和温度有关”的科学概念。

难点：对证据的梳理与分析。

教学过程：

课前调查：（冰杯）杯壁上的水珠从哪里来？请将你的想法用图片结合文字的方法记下来。

教学环节	设计意图	教学步骤
一、集中话题，整理初始想法	发现现象，启发思考	1.集中话题：摸摸冰杯，什么感觉？再看看你摸了杯子的手指，有什么留下来？
	儿童会用自己最朴素的语言和画面展示自己的观点，通过整理能将儿童的观点进行科学地归类与集中。	2.交流初始想法：这些水珠是从哪里来的呢？展示课前调查的图片，整理观点并统计
过渡		同学们对杯子外壁的水珠从哪里来作出了自己的猜想，这些猜想是不是合理呢？让我们一起来验证猜想吧！

二、寻找证据验证猜想	<p>“带着自己的观点有针对性地观察”才能促使儿童将“观点”与“证据”联系起来,所以观察前的讨论能使学生后面的观察活动更有效。</p>	<p>1.联系观点, 预测现象:</p> <p>(1)结合自己的观点, 说说你要仔细观察杯子的哪个地方。</p> <p>(2)讨论:</p> <p>杯口漏水 → 杯口</p> <p>杯壁渗水 → 杯壁</p> <p>杯壁(盖)透气 → 杯壁</p> <p>杯外空气 → 杯壁</p>
	<p>儿童经历“个体内部论证”科学实践活动。</p>	<p>2. 观察冰杯, 个体论证</p> <p>(1) (提示) 用毛巾擦干后观察。观察时间2分钟, 观察后完成记录单。</p> <p>(2)完成后在组内交流一下自己的发现与思考, 说话要有条理: 刚才的猜想是什么? 通过观察你坚持自己原来的猜想吗? 理由是什么?</p>
	<p>通过集体交流研讨梳理需要进一步研究与论证的问题</p>	<p>3. 集体论证“杯口漏水”</p> <p>汇报要求: 说话要有条理:</p> <p>我刚才的猜想是(), 通过观察, 我(坚持/否定)我的猜想, 理由是()。</p> <p>现在有什么新的想法吗?</p> <p>排除“杯口漏水”, 学生选择新观点</p>
	<p>两份有结构的材料挑战着儿童顽固的前认知。</p>	<p>4. 集体论证“杯壁渗水”:</p> <p>(1)统计: 还坚持自己想法的举手, 其他观点的同学观察后改为支持杯壁渗水的有没有?</p> <p>(2)追问: 你能将你看到的现象描述一下吗? 对这个现象你就没有怀疑过? 你确定杯壁上有看不见的小孔? 其他观点的同学有没有看到水珠出现的现象, 你们怎么看</p>

		<p>这个现象？</p> <p>(3)出示装干棉花、红冰及空的冰杯：一个科学的结论是可以被重复验证的，你们坚持的观点，看看能不能经受考证！如果我们把杯子里的冰换成红色的，推测杯子外壁的水会是什么颜色？如果将杯子中的冰换成其他物体，杯子外壁会出现水珠吗？出现水珠说明什么？</p> <p>(4)学生观察验证：现在你有什么新的想法？</p>
		<p>5.集体论证“杯壁透气”观点考证：</p> <p>(1)（微课指导）盖子松开，里面肯定有气体流出来，放入水中，看见了什么？再把盖子盖紧，再放入水中，还有泡泡不停地冒出来吗？</p> <p>(2)学生实验操作验证，观察后交流：你观察到了什么？现在你有什么新的想法？</p>
	儿童通过个体论证与集体论证,达成基于社会建构的科学概念共识。	5.达成共识：通过今天的观察实验，对于“杯子外壁的水珠从哪里来”我们可以达成的共识是什么？
三、新情境应用学习	新情境下的儿童独立实践,可以检验儿童的学习是否已经真正发生。	1.解释：鸡蛋表面的水珠从哪里来？
		2.把这个冰杯放在桌上，明天，会出现什么现象？

板书设计：

水珠从哪里来

杯口漏水	杯壁渗水	杯壁（口）透气	杯外气体
（图片）	（图片）	（图片）	（图片）

之五：《摆的研究》（五年下）教学设计

执教者：甘肃省兰州市东郊学校 谢晓斌

【教学目标】

1. 科学知识： 摆的摆动快慢与摆绳的长度有关。同一个摆，摆绳越长摆动越慢，摆绳越短摆动越快。

2. 科学探究： 推测摆的摆动快慢与什么有关，尝试快速改变摆的摆锤重量、摆绳的长短的方法，对实验的结果进行对比分析，并且根据分析进行预测。

3. 科学态度： 初步意识到精确测量结果的得到需要反复测量，认识到实验中细心观察发现新的问题很重要，对新问题有继续研究的欲望。

【教学重点】

确定一个不变条件后，改变摆的摆锤重量、摆绳的长短对摆动次数影响的实验研究。

【教学难点】

摆的摆动快慢与什么有关；摆绳的长度不等于摆的长度

【教学准备】

学生准备：铁架台 1 个、秒表、摆绳 3 根、3 个螺母、研究记录表 1 份。

教师准备：铁架台、摆锤长短不同的两个摆、多媒体课件。

教师行为	学生学习活动	设计意图
一、复习导入（观察我们的摆）		
1.（出示摆）你们还认识老师手上的这个装置吗？关于单摆，你知道什么？ 2.做一个摆，数出 15 秒内摆动的次数，看哪个组最快！ 3.听到这些数字你有什么发现？（板书：摆有快慢） 4.摆的快慢和什么因素有关呢？今天这节课我们就一起来继续研究摆。（板书：摆的研究）	单摆； 由摆锤、摆绳组成； 拉起摆绳和摆绳竖直时 夹角叫摆幅； 各组摆的快慢不同。	(一)发现问题 学生说有关摆的知识，引出本课的教学内容，由现象引出问题，让学生作出假设，激发了他们探究的兴趣和热情。
二、猜想		
猜测：摆的快慢你觉得与什么因素有关系呢？你有什么依据？ 板书：摆幅大小、摆锤的重量、摆绳的长度等。	学生猜想： 摆幅大小； 摆锤的重量； 摆绳的长度……等有关。	(二)启发思考 科学猜测并非异想天开，他建立在科学的基础上，旨在要求学生的思维严

<p>同学们都猜测出这么多的因素,但是一节课时间有限,器材限制。在这节课我们只研究摆摆锤重量和摆绳长度这两个因素,有时间再研究其他因素。</p>		<p>密,有理有据。</p>
<p>三、设计实验</p>		
<p>1. 讨论设计实验方案 你想怎样设计实验验证你的猜测呢?请各组选择你们想研究的问题,小组讨论设计实验方案。</p> <p>2. 交流改进实验方案 小组间交流汇报、补充,教师适当完善实验</p> <p>引导学生相互评价各组实验方案的可行性,在质疑中达成共识。</p> <p>如何设计一个实验方案来验证呢?谁有补充的?</p> <p>同学们很会思考,提了很多可以让我们的实验更加精确,研究更加科学的好建议,但是要学以致用,等会实验中咱们可都要把他们用上去。</p> <p>各小组都选择了自己想研究的问题,也设计好了方案,为使我们的研究更加科学,操作更加精确,在实验中我们还需要注意些什么?</p> <p>教师补充(出示课件)</p> <p>①摆线要拉直。 ②松手时,手不能对摆加力。 ③小组分工合作完成。 ④实验时读数、交流要轻声。 ⑤如果碰到其他物体实验要重来。</p>	<p>小组学生讨论设计实验方案;</p> <p>小组汇报实验方案 教师提供参考意见:为了使实验公平、准确,我们要改变的是什么条件?</p> <p>小组汇报实验方案 (如果生回答不全,师追问:①改变的是什么条件?哪些条件需要尽量保持不变?②是不是做一次就可以了呢?)</p> <p>学生说出注意事项</p>	<p>(三)自主(或小组)探究、协作交流</p> <p>让学生自己来设计和评点实验方案,培养了他们考虑问题的全面性和思维的严密性。</p> <p>根据实验方案,各小组同学分组开展科学实验,体现学生的自主(或小组)探究。在探究中认真记录,根据观察到的现象和记录结果进行分析,小组成员通过协作交流,共同完成实验探究。</p>
<p>四、实验验证、得出结论</p>		
<p>如果准备好了那就静悄悄的开始,比比哪组效率高!</p> <p>小组实验,教师巡视指导。</p> <p>汇报结论</p> <p>1.先来看摆锤重量的关系,哪个小组先看看自己小组的数据,支持这一结果的小组举手!如不支持,拿出来分析。</p> <p>现在我们可以确定的说:摆的快慢与摆锤重量有关吗?</p> <p>2.依次汇报、摆绳长度 你又有有什么新发现</p> <p>3.纠正错误实验。</p>	<p>学生投影展示记录单上台汇报实验过程、实验数据及实验结论。</p>	<p>学生重点研究一个问题,研究就更深入,发现的就会更多,同时明白搞研究要善于合作。允许学生出错,让大家一起来分析出错原因,也是为了让避免出错,重过程,重体验。</p>

实验结果可能会出错，教师问出错小组，别人讲的是否有道理，有道理自己就再重做。		
五、认识摆长		
<p>师出示摆绳一样长，摆锤重量一样，但形状不同的装置。</p> <p>1. 这两个摆有什么特点？你觉得他们的摆动快慢会一样吗？为什么？</p> <p>2. 师生演示（两个摆同时进行） （谁来记录？谁来计时？师控制摆，一半数球形摆，一半数圆柱形摆）</p> <p>3. 讨论：你又有有什么新的发现了吗？ 绳长相同，摆的快慢怎么有不同了？</p> <p>4.（指导学生找到物体的重心——牙签表示）师可根据学生时实际情况进行引导：虽然这两个单摆的摆绳一样长，但是他们的摆长却是不一样的。</p> <p>其实，摆的摆长并不等同于实验用的摆绳，真正的摆长是指支架到摆锤重心的距离。</p> <p>5. 小结：摆的快慢与摆长有关，摆长越长，摆的越慢，摆长越短，摆的越快。</p>	<p>学生预测</p> <p>观察老师的实验</p> <p>球形摆快，圆柱形摆慢</p> <p>学生交流，分析摆的快慢</p>	形成认知冲突，引导学生继续思考
六、引出新课		
<p>所以真正影响摆快慢的是摆长，并不完全是绳长。</p> <p>教师 PPT 出示一只挂钟：老师的这只挂钟走慢了，那么我们怎样做才可以让它走准呢？走快了，又该怎么办？</p> <p>学生讨论、汇报。</p> <p>下节课我们做一个钟摆继续研究！下课！</p>	改变摆长等	科学探究活动源自于问题，因此让学生在科学课上能够解决一些问题，又能带着问题离开课堂，把科学探究进一步深入，保证了科学探究热情的持续性。

【板书设计】

摆的研究

发现 → 猜想 → 验证 → 结论

摆幅	摆有快慢	有关	摆锤的重量	有关	控制变量	无关	长慢、短快
			摆绳的长度	有关			

我们的研究方案

第（ ）小组

研究的问题	摆的快慢与（ ）是否有关。
改变的条件	
不变的条件	
实验方法	
实验中的注意事项	

15 秒内摆动次数记录表

（ ） 次数	（ ）	（ ）	（ ）
第一次			
第二次			
第三次			
比较测量结果,我们发现了:摆的快慢与有关。			

之六：《磁性大小会变化吗？》（三年下）教学设计

执教者：天津市红桥区跃进里小学 陈杰雨

一、教材分析

《磁力大小会变化吗》是教科版三年级下册磁铁单元第5课。通过本课学习使学生知道磁力大小是可以变化的，磁铁不同的组合方式，可以产生不同的结果。本课教材主要包括两方面内容：一是指导学生通过实验知道异极磁铁吸在一起可以增大磁力，增大的磁力逐渐减小；二是同极磁铁固定在一起可以减小磁力。

二、学情分析

学生已经知道了磁铁两极的相互关系，掌握了测量一块磁铁磁力大小的方法，为本课学习奠定了基础。对探究实验的预测、设计能力，对公平实验的理解以及基于数据作出解释等能力还存在一定困难。需要教师在相关环节加以指导。

三、教学目标

(一)科学概念：

知道磁铁的磁力大小会发生变化，磁铁（环形）吸在一起磁力会增大，增大的磁力会逐渐减小。

(二)过程与方法

1. 初步理解公平实验。
2. 学会改变磁力大小的方法。

(三)情感态度价值观

1. 体会预测是要有依据的，实验是验证预测是否正确的重要方法。
2. 了解所学的科学知识在日常生活中的应用。

四、教学重点

知道磁铁的磁力大小会发生变化，初步理解公平实验，学会改变磁力大小的方法。

五、教学难点

磁铁（环形）吸在一起磁力会增大，增大的磁力会逐渐减小。

六、教学具准备

支架、塑料片、螺母、薄厚不同的玻璃、环形磁铁、多媒体课件、记录单

七、教学过程

(一)情境导入，聚焦问题

1. 播放视频，观察擦玻璃器。

谈话：使用这个工具有什么好处？利用什么科学知识进行设计的？（磁铁）

2. 利用模型，聚焦问题。

(1)出示擦玻璃器模型。

(2)擦不同厚度的玻璃。

(3)谈话：为什么改换一块厚玻璃，擦玻璃器就不能正常使用了？你有办法改变磁力大小吗？

(二)探究增大磁力的方法

1. 探究一、二块磁铁的磁力大小。

(1)谈话：增加一块磁铁真的能增大磁力吗？你有办法证明吗？

(2)设计实验方法及交流。

(3)教师指导学生完善实验方法（理解公平实验，掌握操作方法）。

讨论：两次实验的不同条件是什么？相同条件是什么？为什么？

(4)学生预测并分组实验。

(5)汇报实验结果并根据数据得出结论。

谈话：观察数据你能得出什么结论？你得出这个结论的依据是什么？能尝试对结论作出解释吗？你还有什么新的发现？

(6)学生反思探究过程（体会预测是有依据的）。

2. 探究三、四块磁铁的磁力大小。

(1)谈话：要想继续增大磁力你有什么办法？

(2)学生设计实验（再次强调公平实验）。

(3)预测：你能预测三、四块磁铁的磁力大小吗？（将预测填写到报告单）

(4)学生分组实验。

(5)汇报结果，总结结论。

谈话：通过实验你又能得出什么结论？你得出这个结论的依据是什么？能尝试对结论作出解释吗？

3. 探究磁铁磁力增大的规律。

(1)进一步观察实验结果，找到新的发现。

(2)尝试对发现作出解释。

(3)根据磁力增大的规律推测五、六块以及更多块磁铁的磁力大小。

(4)学生反思探究过程（进一步体会预测是有依据的）。

(三)探究减小磁力的方法

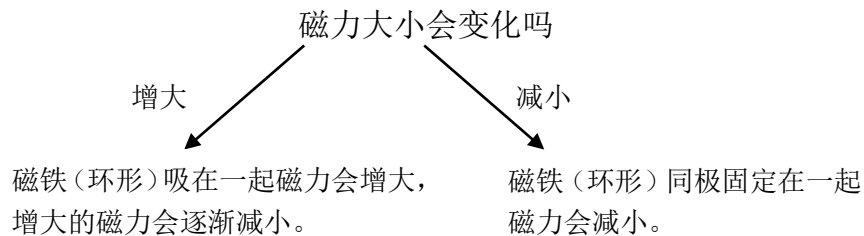
1.再次出示擦玻璃模型（更换成薄玻璃）

2.谈话：用这块磁力大的磁铁去擦薄玻璃可行吗？

3.讨论减小磁力的方法。

(四)总结全课，布置拓展作业

八、板书设计



九、实验记录单设计

环形磁铁数量	预测吸螺母数量	实际吸螺母数量	增加的螺母数量
	不填		不填
			
我的结论			
我的发现			
			
			
我的结论			
我的发现			