

编者的话：“上好课”是科学教育改革的终极目标。为了让老师们互相学习、加强交流、积累经验，我们开设了“教学设计擂台”栏目。本刊每期刊登一个课例的教学设计，并在该设计下方刊登对该设计的专家“评课意见”。编辑部将匿名邀请三位专家参与评课，并参考国际科学教育研究成果，综合各方意见，形成最终评课结论。为了便于意见交流，本栏目来稿采取本期课例格式，即课名及课标要求+教学设计思路+学生学习经历三部分。来稿字数一般不超过 4000 字。欢迎广大一线中小学教师投稿，鼓励团队合作完成教学设计。我们将在未来的实践中与老师们一道不断完善本栏目建设。

“空气有质量吗？”教学设计

何燕玲

（北京市东城区和平里第四小学，北京，100013）

课名：空气有质量吗？

课时：40 分钟

年级：小学三年级

课程标准中的内容要求：

核心概念：（一）物质的结构与性质

学习内容：1.2 空气与水是重要的物质

学段：3~4 年级

内容要求：说明空气有质量并占有一定的空间，空气会充满各处。

一、教学过程描述

整节课的结构如图 1 所示。上课伊始，老师拿出一瓶可乐，放在电子秤上称量：2138 克。随后，她又松动瓶盖，瓶口发出“吡吡吡”的声音。拧好瓶盖后，老师提问：如果再次称量可乐，数据会发生变化吗？为什么？同学们针对研究问题给出三种反馈。第一种认为数据会变小，理由是空气有质量；第二种认为数据不会变，认为空气没质量；第三种则不确定数据会不会变化。老师针对第三种回答追问，他们对可乐放气前后数据的不确定，实际上是对什么不确定？学生经过思考后，明确自己是对空气是否有质量这个问题不确定。

空气究竟有没有质量？老师请同学们说出支持自己观点的证据。认为有质量的同学拿吹鼓的气球为例：把吹鼓的气球抛出去，很快落地了，说明空气有质量。而持反向观点的同学则反驳：如果不吹气，气球皮一抛也会落地，这说明空气是没有质量的。他们示意大家伸出手掂一掂，没有感觉则说明空气就是没有质量的。

当同学们基于生活经验无法进行进一步反驳时，老师介入：感觉不到，就说明空气没有质量

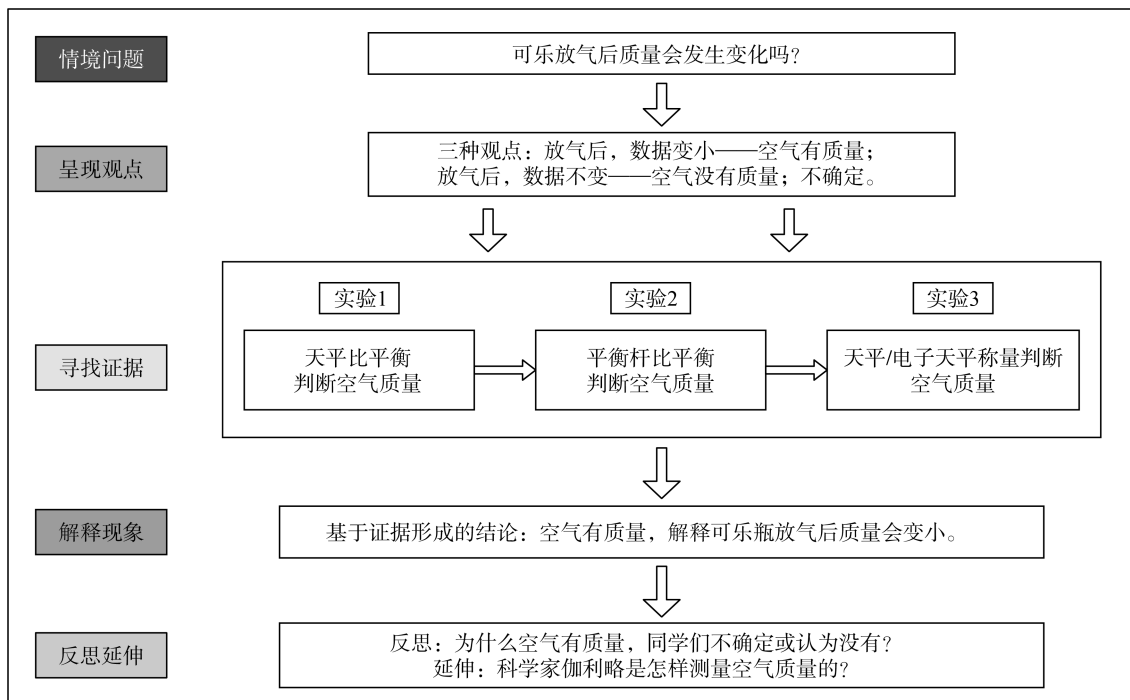


图 1 教学结构

吗？怎样才能寻找更可靠的证据？同学们不约而同提到要做实验。经过组内研讨交流后，老师请同学们给出具体的方案。方案分为两类：第一类是称量的办法。他们提到把收集的空气，用最近学过的天平称一称，有的同学想到用电子秤称一称。老师鼓励同学们从不同角度继续思考更多基于称量或比较的实验方法。第二类是比平衡的方法。他们想到用一样大小的容器，如一样的瓶子收集空气，一个捏瘪，另一个不变，同时放在天平上或平衡杆上，判断谁轻谁重。有的同学想到把气球放在平衡杆上，调平，然后把一个气球放出一部分气，看是否还会平衡，从而判断气球内的气体是否有质量。

经过全班研讨，明确了具体的实验方案。老师请同学们把实验过程中形成的数据做好记录，为寻找证据做好准备。由于全班同学想出了多种实验方案，老师请同学们根据各组的设计到实验区取实验材料进行实验。

同学们在执行实验方案时遇到的主要困难是调节平衡杆的过程需要极高的精度，稍有偏差就难以观察出变化。老师请全班同学和老师一起调平衡杆，以集体实验的形式找证据，也为天平称量和比平衡实验做初步指导。

实验过程中出现这样一个情况：用天平比平衡获取数据的同学，后续又选择电子天平进一步进行称量。他们认为天平不如电子天平数据更准确。时间允许的情况下，老师支持了这种做法。

全班汇报实验数据时，两类实验都让同学们得到了证据。用称量的方法，其中一组用电子天平给出放气前后的称量结果：76.25 克和 75.96 克。他们认为数据有差别，正是从皮球里跑出去的空气导致的。这说明空气是有质量的。用天平称量的组，把皮球放气前后进行称量，看到游码的数据发生了变化，比之前小了。他们得到的 0.4 克是放出去的空气的质量。

全班汇报实验数据后，老师请同学们观察这些数据。老师说：现在让我们一起来看看刚才实验

中寻找的证据。通过这两类实验，你们对空气是否有质量这个问题现在持什么观点？为什么？同学们这时异口同声地说：空气有质量。老师请同学们说说自己观点发生的变化。

同学 1：我最初对空气是否有质量是不确定的。因为没有研究过。与大家一起在实验中寻找证据的过程中，我认为空气是有质量的。我找到了证据。

同学 2：我最初认为空气有质量，但是通过刚才的实验，我对空气有质量更相信了。

同学 3：我最初认为空气没有质量，跟着大家一起做实验，我的观点已经变啦！我现在认为空气是有质量的。

老师问针对这节课的研究问题是否还有疑惑，大家摇摇头。这时，老师说出自己的疑惑：空气明明有质量，为什么有的同学最初却认为没有或不确定呢？

同学们纷纷说出了理由。

理由 1：因为空气无色、无味，看不到摸不着。

理由 2：虽然有质量，但是太轻了，所以就被忽略了。

老师进一步追问：难道，那些可见的轻小物体就不会被忽略吗？于是，老师拿来一卷棉花。随手抽出一小团，放在同学手上，让大家感受一下，大家一致认为棉花没有质量。

老师用累积的方式，把棉花一点点放在大家手里，每个同学依然感觉不到它的质量。当放的棉花越来越多时，大家终于感受到棉花是有质量的。这时老师再次给出同学们初始那一点棉花，问道：你现在还认为这点棉花没有质量吗？经过刚才的累积过程，同学们一致认为：虽然手感觉不到棉花的质量，但是它仍然是有质量的。

老师补充道：这也是一种寻找证据的方法。如果再增加一个研究方法，能不能试试这个方法。于是老师用空气微粒模型板贴在黑板上，呈现了累积空气质量的研究方法，得到了同学们的认同。

老师进一步引导同学回顾整节课的学习过程：我们一起研究了空气有无质量的问题，同学们从生活中给可乐放气的现象，产生了对空气是否有质量这个问题的思考。大家持有不同的观点。在生活中和实验中寻找证据的时候，哪类方法让你觉得证据更可靠？

大家一致认为用秤来称，这样能看到数据。老师请同学们回顾自己随着证据的出现，对空气有质量的观点的确信程度发生了怎样的变化。一部分同学说出自己最初虽然有明确的观点，但是确信程度也就 50% 左右，当实验过程中不断出现证据，确信程度也跟着变化。个别同学仍然没有达到 100%，还有 2% 对实验操作可能产生的误差保持质疑。

老师看到同学们更倾向将测量数据作为证据，于是说道：“你们肯定想知道最初的那瓶可乐放气后，读数到底变了没有？”于是，老师再次称量可乐的质量。同学们看到数据真的减少了 7 克，这也再次说明瓶子里的气体是有质量的。大家又一次找到了空气有质量的证据。最后，老师请同学们关注科学家的研究方法。关于空气质量问题，科学家伽利略也做了研究。请同学们在课外自行阅读和了解，并继续寻找更多可以证明空气有质量的证据。

二、学生的学习经历分析

（一）学生基于情境问题引发认知冲突，提出自己的观点

学生的科学论证始于真实问题引发的思考和冲突。在这节课上，当教师将可乐放气前后的称

量问题抛给学生时，学生生成三种基于生活经验的直觉判断。

观点 1：空气有质量。

观点 2：空气没有质量。

观点 3：对这个问题不确定。

这些观点的分歧，事实上是学生头脑中“物质=可见可触”的直觉认识，与“气体是否具有物质属性”的科学概念首次发生冲突。教师通过追问“不确定的核心是什么”，迫使学生揭开表面现象，聚焦对核心问题——“空气是否具有质量”的思考，完成从“现象猜测”到“概念探究”的思维转向。

（二）学生为检验观点尝试多角度寻找证据

1. 从生活经验中寻找证据

为了支持自己的观点，他们首先从生活经验或已有学习经验中调取能支持观点的证据。持“空气有质量”观点的一方以“气球落地论”作为证据：认为“吹鼓的气球向上一抛，总会落地，说明空气有质量”。反对方立即指出“不吹气的气球皮也会落地，说明落地与否与空气有无质量无关”；反对方提出以感官感受的方法获取证据：以“用手掂量未感受到重量”否定空气有质量，却无法做出进一步解释。

此时，经验论证陷入僵局，教师追问：“感觉不到，就说明没有质量吗？”这一问题成为走向科学方法论转折的关键。学生开始意识到：生活经验常伴随模糊的因果关联，仅凭直观感受无法做出科学判断，因此产生用实验探究获取可靠证据的需求。

2. 从科学实验中寻找证据

学生设计的实验分为定性实验和定量实验。大部分学生因生活经验，更倾向使用电子秤直接获取实验数据。但直接称量获取直接证据的过程中，会因为空气质量小而无法测量，因此在实验方案设计环节，使用对比实验，收集相同的空气，其中一个容器减少，之后进行差异比较，从而测出数据。在天平或平衡杆实验中，学生需先调平收集空气的两个容器，再放气进行比较，以此判断是否存在质量差异，这是一种间接获数据的方法。学生在实验过程中，经过全班测量方法的比较，最后都会倾向于用电子天平测量获取直接数据。天平测量虽然也有数据，但精确度仍然不够，变化极其微小。他们会质疑操作方法可能带来误差。

课上学生对实验数据的获取并不是线性的过程。学生并非按统一流程开展实验，而是不断在多种方案之间切换和调整。大家在设计实验方案时，思维开放，想到了多种测量方法。因此，他们在真正获取数据时，会重新做出选择。

3. 分析推理形成结论

学生获得了数据以后，再次基于数据思考空气是否有质量的问题，从而实现基于证据的推理过程。他们的观点发生变化。认为空气有质量的同学更加坚定自己的观点是正确的。认为空气没有质量的同学已经放弃曾经的观点，接受新的观点。最初没有明确观点的同学，已经有明确的观点，认为空气的确有质量了。少数更具质疑精神和严谨态度的同学，依然对观点保留 2% 的质疑。这也是学生深度思考学习的结果，教师很欣喜看到他们发生的变化。

4. 反思研究方法，寻找更多的证据

至此，学生对空气是否有质量的问题基本达成一致。但此时老师又一次打破学生的认知平衡，

请学生反思为什么空气明明有质量，自己却不确定或认为没有。学生审视自己的观点发生变化的全过程，思考发生变化的原因。老师为了支持学生真正反思自己的认知过程，用可见的棉花，让他们感受棉花从一点点开始累积时，也如空气一样，不容易感觉到，累积达到一定数量时，才能感受到有质量。他们由此类比空气，理解到：即使用手掂不出空气的质量，也不能以此作为“空气没有质量”的证据。这一过程学生跳出学习过程本身，进入元认知学习。他们在反思中感悟到：自己获得对空气质量问题的认识依赖于可靠的证据。经验和感官的局限可能会带来不确定或错误的结论。

最后学生又一次回到课程开始称量可乐放气后的数据问题。他们从测量结果中再次获得空气有质量的证据。那么，这节课学生的学习可以画上圆满句号了吗？没有。老师又让学生关注科学家伽利略的研究方法，从中获得新的证据和方法，也鼓励学生继续在课下寻找更多的证据。

【评课意见】

一、评课视角与标准说明

小学科学课程的核心目标在于引导学生理解自然现象、掌握科学探究方法，发展初步的科学思维方式，逐步形成科学素养。在这一目标指引下，对一节科学课的教学质量进行评价，不应仅停留在知识传授的阶段，更要关注教学是否能促使学生经历完整的科学探究过程，是否能帮助学生建立基于证据的解释能力，以及是否能为学生提供表达观点和反思思维过程的机会。

结合当前国内外科学教育研究成果，本文将从四个关键维度对课堂教学进行分析和评估：

1. 问题情境的科学性与贴近性

科学问题应来源于学生的日常经验，同时具有明确的探索价值和适当的认知挑战。贴近生活的情境能够激发学生的兴趣，而具有科学价值的问题则能够引导学生从现象出发，深入思考背后的因果关系，从而逐步建立科学概念。特别是在小学阶段，科学学习的起点往往是观察和好奇，一个设计得当的问题情境，能够有效支撑学生开展科学探究并发展解释自然现象的能力。在评课时，不妨自问：本节课设置的问题是否贴近学生的日常经验？这些问题是否能够激发学生追问其背后的科学原理，并具备可探究性？

2. 探究过程的完整性与学生的能动性

科学探究不只是进行实验操作，更是一个完整的认知过程，包括提出问题、设定假设、设计实验、收集和分析数据、形成解释等多个环节。高质量的科学教学应尽可能让学生亲历这一过程，而不是仅仅重复教师预设的路径。学生是否有机会做出决策，是否能根据需要调整实验方法，是否参与数据解释和结论判断，是衡量其能动性的重要依据。在评课时可以思考：学生是否从问题的提出到解释的形成始终发挥了主动作用？他们是否拥有参与方案制定和策略调整的权利？

3. 基于证据的论证与交流

科学知识的形成具有显著的社会性，是在证据基础上不断协商和论证的结果。因此，教学中应鼓励学生围绕证据进行表达、质疑、协商与修正。一个好的课堂氛围应允许学生提出不同解

释，互相评价对方的数据和推理，并在争论中建立更合理的解释体系。这种基于证据的对话，是学生理解科学论证本质的重要途径。在评课时可以关注：课堂中是否为学生提供了展示和辩论的空间？学生是否能够在数据交流中提出解释、质疑结论、回应不同意见？

4. 反思与知识建构意识

科学教学的最终目标不仅是让学生获得具体的科学知识，还在于帮助他们理解知识是如何产生和演化的。学生是否能反思自己的认知过程，意识到解释可能是暂时的、可修正的，是他们建立科学思维方式的重要标志。教学是否安排反思性的讨论、是否鼓励学生回顾观点的变化过程，决定了学生能否将科学学习内化为思维习惯。在评课时值得追问：课堂中是否安排了引导学生反思的环节？这些环节是否促使学生思考自己是如何形成观点、如何根据证据调整认识的？

二、教学亮点与价值

1. 问题情境的科学性与贴近性

本课以学生熟悉的“可乐放气”现象为切入点，成功激发了学生的好奇心与思考欲望。课堂开头，教师将可乐放在电子秤上称重（2138克），然后松开瓶盖，瓶口发出“吡吡吡”的声音。紧接着，教师引导学生思考“如果再次称量，可乐的质量会变化吗？”这一看似简单却蕴含科学价值的问题，引发学生自发表达三种不同的判断：“会变小”“不会变”“不确定”。这样的设计不仅充分调动了学生的生活经验和已有直觉，还通过引发认知冲突，自然导向了“空气是否有质量”这一核心科学问题。情境具有高度贴近性，问题具备探究价值，为后续科学活动奠定了真实而有意义的认知基础。

2. 探究过程的完整性与学生的能动性

教学中充分体现了学生在探究过程中的主导地位。教师并未直接提供统一的实验步骤，而是鼓励学生根据自己的判断设计方案，自主选择称量工具，安排实验流程。课中有学生选择使用天平进行称量，但因精度不足，在未被提示的情况下自主调整为使用电子秤。这样的过程展现了学生对实验工具适切性的判断能力，也体现了他们在实际操作中策略调整的主动性。

此外，不同小组提出了多种实验方案：有的小组尝试平衡法，有的对比气体状态下的瓶子重量，有的围绕“气体逸出是否导致质量减少”构建假设。学生不仅参与了方案制定，也对实验过程中遇到的问题进行了适当调试。这些具体操作表明，学生并非在重复教师意图，而是在真实地参与科学探究过程，并逐步形成自己的科学理解。

3. 基于证据的论证与交流

课堂为学生搭建了基于数据进行观点表达和交流的平台。不同小组在获取数据后陆续进行结果汇报，表达观点的同时说明支持理由。教师多次追问“你的依据是什么？”“为什么这样认为？”“有没有更有说服力的证据？”等，促使学生将注意力集中在“数据—解释”关系上，强化了基于证据的推理逻辑。

课堂还鼓励学生比较不同小组的数据，关注方法差异、误差来源，并尝试解释造成差异的原因。这种设计不仅帮助学生形成初步的数据意识与批判性思维，也推动他们认识到科学解释不是唯一的，需要在不断协商与论证中逐步确立。这种基于证据展开的社会性交流过程，有效提升了学生在科学探究中的表达、评价与修正能力。

4. 反思与知识建构意识

在课堂的结尾部分,教师安排了“棉花类比”的教学环节,引导学生从“感觉不到”延伸到“是否存在”的思考。通过引导学生比较空气和一小团棉花之间的异同,使学生逐渐意识到感官经验具有局限性,“看不见”“摸不到”并不等于不存在。这种反思引导学生跳脱直觉判断,从而理解科学知识建立在可验证的证据和逻辑推理之上。

同时,教师鼓励学生回顾自己观点的变化过程,提出“你现在还坚持原来的想法吗?”“你是如何改变的?”等问题,促使学生自觉审视自身的思维轨迹。部分学生表达了“我原来以为空气没质量,但实验数据让我改变了想法,我现在仍然有2%的疑问”,这种带有保留的认知态度体现了科学思维中的开放性与批判性。

三、教学建议与改进路径

在已有的教学亮点基础上,若希望进一步提升课堂的科学性、逻辑性与思维深度,可从以下几个方面进行改进:

1. 优化问题链,强化情境与科学概念之间的逻辑衔接

本节课通过“可乐放气”这一贴近生活的情境引发学生思考质量变化,引导学生关注“空气是否有质量”的问题。尽管这一设计成功激发了学生的兴趣,但从“可乐变轻”过渡到“空气有质量吗”的过程略显跳跃,学生尚未充分围绕原始现象进行解释和讨论,就被快速引导进入了新的概念探究,导致逻辑链条衔接不够紧密。

建议在教学中增加学生对原始现象的初步分析过程,例如引导学生探讨“质量变化是否说明气体被释放了?”“被放出的是什么气体?”“这种气体与空气的关系是什么?”通过引导学生逐步从现象出发,构建解释,最终聚焦到“空气是否有质量”的核心问题。这种问题链条的递进设计有助于学生形成更加清晰的因果推理,也有助于促进科学概念的自然生成。

在改进后的课堂中,学生可能会先围绕“可乐变轻”形成多种解释,再由教师引导探讨“这种变化是由于气体逸出造成的吗?”进而产生“那这个气体是否有质量?”“如果气体有质量,空气也可能有质量吗?”等一系列探究性问题。学生的问题意识将在逐步推演中得以激发,科学概念也将在认知冲突中逐步建立。

2. 强化学生之间的交流互动,推动科学论证的协商过程

虽然本课已安排了小组汇报与数据交流的环节,但学生之间的互动仍显不足,缺乏对其他小组数据或观点的回应与评价,科学论证的社会性和协商性特征未能充分展现。

建议教学中设置更具结构化的“组际质询”环节,例如在每组汇报后安排“提问小组”对其实验方法、数据或解释提出问题,或者设立“证据评估小组”对不同组的证据进行比较与评价。教师也可引导学生使用“我们认为……,因为我们的数据是……”等话语框架,引导他们基于证据展开思辨与回应,从而构建更具批判性与逻辑性的论证过程。

在改进后的课堂中,不同小组围绕“你们的实验是否控制了变量?”“你们使用的工具是否足够精确?”“我们组的数据与你们不同,可能说明了什么?”展开互动,不仅能够提升学生对实验可靠性的判断能力,也能增强其科学表达、协商与反思的能力。这种多方互动有助于模拟科学共同体中的同行评议过程,是科学素养发展的关键路径之一。

3. 系统设计反思环节，支持学生建构科学认知方式

课末“棉花类比”环节虽体现了反思意识，但受限于时间安排和形式设置，学生的反思多停留在口头表达，缺乏更深层次的整理与建构。

建议在教学过程中更早、更系统地融入反思性活动。例如，在实验前邀请学生写下“我的初步猜想与理由”，实验后填写“我是否改变了观点？原因是什么？我还存在哪些疑问？”等反思记录。同时，可以通过图示任务、“观点变化图”或“证据链条图”等方式，引导学生梳理从观察现象到得出结论的思维过程。

在改进后的课堂中，学生不仅能表达“我原来的想法是……”“后来我发现……”“我为什么会改变观点……”，还能够将这种思维变化过程以图文方式记录下来。这种结构化的元认知活动不仅有助于深化学生的理解，也能培养其对知识建构过程的觉察能力，从而逐步建立起科学认识的信念与习惯。

四、总结与启示

“空气有质量吗？”是一节围绕学生真实生活经验开展的科学探究课。课堂设计注重问题驱动，教学过程完整，探究活动开放，证据意识明确，并体现出较高水平的学生参与度与思维深度。通过引导学生观察现象、提出猜想、设计实验、获取证据、形成解释，教师帮助学生在真实的问题情境中经历了科学知识建构的全过程。

本节课的教学组织呈现出当前小学科学教育中追求的多个关键特征：问题设置来源于学生的生活经验，具有科学探究价值；学生在探究过程中的主体性被充分尊重，具有较强的方案设计与策略调整能力；教学中安排了基于证据的观点交流，引导学生在数据分析中构建科学解释；课末设置了反思性活动，鼓励学生意识到知识来源于证据，并能随着证据的变化而修正观点。

这节课也为科学课堂的设计与实施提供了以下几点启发：

第一，问题设置应源于学生经验并具备科学探究价值。优质的科学问题应具有“双重属性”：一方面要贴近学生已有的生活经验，能够激发他们主动思考；另一方面要指向有待解释的科学现象，能引导学生深入追问。这种“熟悉但不确定”的问题状态最容易激发学生的问题意识和探究动机。

第二，教学过程应保障学生经历完整的科学探究环节。科学探究不应被简化为“操作一个实验”，而是一个包含提出问题、设计方案、获取数据、解释证据、形成共识的系统过程。教学设计应尽可能让学生在过程中成为真正的参与者、决策者与解释者。

第三，教学应有意识地创设基于证据的交流机会。科学知识的形成是一种社会性过程。教学不仅要引导学生获取数据，更要鼓励他们在数据基础上表达观点、评价彼此、提出质疑，并通过协商建构合理解释。通过这一过程，学生才能真正理解什么是“有证据的说理”。

第四，反思活动是科学思维形成的关键环节。教学应留出时间与空间，引导学生回顾和审视自己的思维过程，理解知识是如何被建构出来的、为什么可以被改变。学生只有开始意识到自己的理解是可以被证据修正的，才可能真正建立起科学思维的内在品质。