人类世背景下科学教育的再思考

Jane Gilbert *
*奥克兰理工大学，新西兰奥克兰（Auckland University of Technology, Auckland, New Zealand）电子邮箱：jane.gilbert@aut.ac.nz
译者：闫进芳，北京市第十九中学教师

转载/版权声明：本文转载自简·吉尔伯特(Jane Gilbert)所著《人类世背景下科学教育的再思考》(Re-thinking Science Education for the Anthropocene)第 2 章，最初发表于《人类世背景下科学教育的再构想》（Reimagining Science Education in the Anthropocene）第 2 卷（S. Tolbert 等人编），2024 年“帕尔格雷夫教育与环境研究系列”(Palgrave Studies in Education and the Environment)。

DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-35430-4_2

本作品采用知识共享署名 4.0 国际许可协议(CC BY 4.0)进行许可，允许在任何媒体上不受限制地使用、分发和复制，前提是注明原作者和出处。
(http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

第 2 章

本章认为，人类世(Anthropocene）时代的到来要求对科学教育进行实质性的重置。它主张重新定位学校科学教育，将对科学的“元层面理解”(meta-level understanding)置于科学的“内容”、探究模式和（或）其内部社会实践之上。这与我们今天所熟知的学校科学课程将截然不同，但鉴于科学在人类世中的作用，这是本章的主要观点。所有学科都有四个广泛的特征。首先，各学科都有特定于学科的思维方式以及用于发展和评估新知识的特定学科框架。其次，它们生成“成果”——概念、原则或工具——虽然这些成果来自学科内部并可能在随后被学科内部改变，但它们可以被学科以外的人使用。第三，学科成员通过特定互动方式协作，共同生成、评估和分发新知识。第四，所有学科都位于特定的历史和文化背景中，并受其影响。它们与其他思维、实践方式和认知方式并存并相互对照。虽然并非每名学科从业者都能在所有这些领域达到同等造诣，但学科作为一个整体体现并由这四个特征共同定义。

学校课程开发通常涉及从“母学科”中选取知识，然后出于教育目的将其“再语境化”(re-contextualizing)（Bernstein, 2000; Deng, 2007）。随着教育系统对其所处的更广泛的社会、政治和经济背景的发展做出反应，这些目的可能会随时间而改变。然而，一般来说，传统学术课程的每个“学科”都利用了其母学科的上述四个特征。在课程语境下，根据当前对该课程领域教育目的的主流观点，这些特征之间的“权重”会有所不同。学校的科学课程通常以不同的侧重强调科学的四个广泛特征：首先，是科学的认识论(epistemic)方面——科学家用来发展、评估和论证新知识的特定智力探究形式；其次，是科学的本体论(ontological)方面——其“成果”或“内容”，包括事实、规律、算法、原则或工具；第三，是科学家在学术互动时使用的社会和修辞策略；第四，是对科学在

其发展更广泛的社会、文化、政治和经济语境中发展定位的元认知理解。在科学教育约150年的发展历程中，科学的“成果”一直是大多数学校科学课程的核心内容。一代又一代的教育改革者主张建立更加“平衡”的课程，更加强调科学的其他一个或多个维度的培养，但总的来说，这些主张对课堂实践影响甚微(DeBoer,1991)。例如，科学教育研究人员强烈认为，如果不了解产生科学“成果”的探究过程，就不可能真正掌握科学的“成果”(e.g., Newton et al., 1999; Duschl & Osborne, 2002; Osborne, 2014; Kind & Osborne, 2017)。其他研究人员提倡旨在“社会化”学生的教学法，使他们能够像“科学家一样”思考、行动和互动(e.g., Driver, 1983; Driver et al., 1994; Driver & Oldham, 1985; Tobin, 1990)。还有人主张通过研究科学史、科学哲学和社会学，来深化对科学的元认知(e.g., Matthews, 1994)，并且有大量工作主张关注社会科学议题(socio-scientific issues)(e.g., Zeidler et al., 2005; Zeidler & Nichols, 2009)和（或）发展科学“素养”。然而，公平地说，受认知科学影响的主流科学教育研究仍致力于解决如何支持学生实现对科学“成果”的“真正理解”这一棘手问题。与所有这些交织在一起的是，受更广泛趋势的影响，人们呼吁让科学教育对更多学生来说更加“包容”、“吸引力”或“相关性”。近二十年来，人们见证了对技能、能力以及 Biesta(2012)所称的教育“学习化”(learnification)的日益重视。

这是一个由各种观点构成的复杂的思想大杂烩。然而，作为该领域的长期观察者，我发现很难就科学通过被纳入学校课程所应服务的教育功能达成任何共识。关于学校科学教育的目标众说纷纭：既有为未来从事科学相关职业的学生提供基础科学知识；也有为学生提供他们在日常生活中可能需要的科学相关知识；还有认为应发展公民参与所需的科学“素养”；更有通过提供获得“强大知识”的途径来赋能学生。这些目标差异显著，每一个都对应着非常不同的课程：然而，所有的目的都导向获取和储存某些种类的知识。这种将一切转化为“待知之物”的偏好似乎是科学教育的固有特征。然而，这种知识获取方式究竟如何体现杜威所指的教育意义（Dewey, 1938），往往并不清晰。对我来说，课程设计者在抉择如何筛选并平衡上述四大科学维度时，理解这一点至关重要。

这些问题都不是新问题(Gilbert, 2011)，但我在此重述它们的目的是表明，教育之外的近期事件和趋势——特别是人类世的到来——使这些问题变得非常突出。在本章中，我想论证我们所处的“新时代”要求我们重新构建科学在学校课程中的作用。我们需要实质性的变革，这种变革甚至难以想象，更不用说富有成效地和切实可行地思考了。然而，出于我稍后将提到的原因，我认为尝试这项工作具有道德必要性。在本章中，我探讨了强调科学的第四个方面，即元理解方面，是否可以为我们需要的教育类型提供适当的框架。但首先，为什么变革是必要的？所谓的“人类世”究竟是什么？它与教育有什么关系？

人类世是目前赋予一个新的地质纪元到来的名称，大致始于工业革命和化石燃料的工业化规模使用时期。在此期间，人类活动开始对地球的物理过程产生重大影响。该术语源自希腊语：“anthro”意为“人”，“cene”意为“新”（地质时代），其创造是为了标志着早期全新世(Holocene)的终结。燃烧在数亿年间通过生物过程从大气中封存的碳，极大地增加大气中的二氧化碳水平，进而引发了全球平均气温的持续上升。预计这将对世界海平面、天气系统和生态系统稳定性产生重大影响，这将影响地球对人类的宜居性，并对人类社会、政治和经济生活产生重大影响。这些过程现在已经全面展开(Kress & Stine, 2017; Scranton, 2015; Klein, 2014; McNeill & Engelke, 2014; Hansen, 2009)。

正如其他领域广泛讨论的那样，我们集体未能采取能够逆转或推迟这些趋势的措施，也没有制定适应或减轻其潜在影响的策略(Flannery, 2005; Hamilton, 2010; Jamieson, 2014; Oreskes & Conway, 2014)。科学共识是，除非我们在2030年前将碳排放量较2010

年水平减少 45%，否则我们将超过全球变暖 1.5 度这一被视为宜居地球上限的阈值。根据一些科学家的说法，气候变化的“突变”，即变化如此迅速以至于人类和其他自然系统没有时间适应，是可能发生的，甚至可能在未来十年内发生(IPCC, 2018; 2022)。如今已无需争论：说我们正在梦游般走向灾难，目前的做法正在摧毁我们子孙后代的生活，所有未满六十岁的人都可能目睹地球生命体系的剧烈动荡。这种影响可能会首先且最严重地被世界上最贫穷和最边缘化的人群感受到。大多数国家陷于政策瘫痪状态，至少部分原因是真正解决这个问题将需要重大牺牲，需要大幅削减我们当前的经济活动和生活方式。目前完全不清楚谁应该承担这些成本以及如何分配这些成本。现在，在气候变化科学首次明确的三十年后，要逆转或推迟其影响可能已经太晚了。如果是这种情况，那么除了直接与减少碳排放相关的行动之外，其他行动就变得重要起来。任何改善世界的行动——维持有效的民主制度、法律制度和社区功能；制定人道的移民政策；加强包括教育在内的所有人类系统——现在都可以被视为气候行动。

那么，所有这些与学校科学课程有什么关系呢？气候行动这个“话题”难道不是更适合放在社会研究课程中吗？学生是否应该学习气候变化的科学原理？或者气候变化行动是否应该像某些人所倡导的那样，成为一个独立的、新的课程领域？在下文中，我概述了为什么我认为人类世的到来要求我们重置科学教育。然后我阐述为何我认为这项工作的有效起点，应是强调对科学元层面的理解，而非其其他三个维度。

处于“危机中”似乎是自科学教育诞生以来就有的特征(DeBoer, 1991; Aubusson, 2013; Toscano, 2013)。每当确定一个新的危机时，就会委托撰写报告和开展新研究，提出新的教学方法，并实施新课程。来自这项工作的术语会渗透到政策话语中，有时也会进入课堂，但通常事情还是像往常一样继续。然而，人类世因其颠覆了科学教育发展所处历史时期的根本特征，在我看来，堪称“终结所有危机的危机”。

教育、科学教育和科学本身，以其目前的形式，是西方现代性核心假设和经济条件的产物，并与之紧密相连。现代教育是在从以农业为基础的经济和社会向以城市化、工业化为主的生活方式过渡的过程中形成的。大众化学校教育的发展之所以重要，是因为它在生产现代经济所需的人力资源——以及消费者——方面发挥了作用。现代学校课程中的“学科”——包括科学——是为了支持现代资本主义经济/社会的增长而设计的。科学与这种发展紧密相连：既体现在其创造的可能性（积极意义），也体现在其对当下危机的助推作用(Patel & Moore, 2017)。但这一历史时期——被一些人称为“碳化资本主义”(carboniferous capitalism)——因其成功建立在自然资源的“廉价化”(Patel & Moore, 2017)和化石燃料的燃烧(Newell & Patterson, 2010)的基础上——即将结束。

正如其他研究充分论证的那样，这对地球以及人类社会和经济生活具有重大影响。但这也具有思想层面上的影响，相关讨论也正在进行中。例如，一些学者正试图构建“后碳”社会理论的新范式，为新时代重塑关于社会、政治与经济的“旧有”（现代）认知(e.g., Newell & Patterson, 2010; Irwin, 2010; Urry, 2011; Elliott & Turner, 2012; Klein, 2014)。科学相关领域的评论员谈论向他们所称的“后常态时代”(postnormal times)的转变，在这个世界里，事物不再是确定的、简单的或稳定的（如果它们曾经是的话）；取而代之的是不确定、复杂、混乱和矛盾的“新”常态(e.g., Sardar, 2010; Ravetz, 2011; Slaughter, 2012)。

对科学社会学重要代表人物布鲁诺·拉图尔(Bruno Latour)而言，人类世预示着科学本身发生重大认知转变。在 2013 年的吉福德讲座(Gifford Lectures)中，他认为人类世挑战科学家以全新的方式审视科学本质——科学是什么、科学为何而存在，以及科学应该与何种对象（及主体）互动(Latour, 2013)。他说，科学家不仅仅是将自然视为“探究对象”——即我们与之分离的东西或需要被驯服的东西，而应认识到我们与自然深度交

织、相互依存、密不可分的关系。科学家不应将自然的“实体”作为自在之物（things-in-themselves）来研究，而应探索他所称的科学与自然之间的“交叉点”、“边界”或“对话”。这当然需要全新的思维方式：新的探究形式、新工具和新实践。这还需要建立科学与政治之间的新关系（Latour, 2018）。如果我们接受上述观点，它对教育、科学教育和科学本身都有重大影响。如果现代性的关键概念不再适用，那么教育的目的应该是什么？我们还需要（或想要）公共教育吗？如果有的话，科学应该在教育中扮演什么角色？鉴于科学对产生人类世的活动和思维的贡献，继续将科学纳入学校课程是否合理？我们是否应该延续这种思维模式？如果我们认为学校科学教育在人类世仍具有教育功能，那么其形态应该如何呈现？与现行模式有何差异？如果有的话，科学学科应如何与其他课程领域交叉？

这些问题极其难以解决，主要原因在于我们的思维被一套概念范畴所束缚，而这些范畴本身正是问题的一部分。我们的思维被殖民了：我们无法跳出这些范畴思考。用德里达（Derrida, 1991）的术语来说，我们所能做的就是将它们置于“消解”（under erasure）状态，表明它们是有问题的，它们最终可能需要被“擦除”，但同时继续在现有框架内运作，因为我们（还）没有建立替代性的思维系统。

因此，鉴于这一切，仅就上述问题之一而言，我想建议学校里的科学教育在人类世背景下可以具有教育意义，但前提是必须进行重大框架重构。然而，在考虑这种重新构建时，我不认为我们应该“把婴儿连同洗澡水一起倒掉”（“因噎废食”）：我认为必须立足现有基础进行创新。在本章的剩余部分，我试图勾勒出一个课程设计方案，该方案将科学中的元认知层面置于核心位置，同时保留其余三个维度，但以精简形式呈现并赋予不同目标。这种设计看起来完全不像我们熟悉的学校科学课程，这是本章的中心点。

聚焦于科学的认识论层面——即其成果和（或）科学家作为科学家一起工作的方式——在以下情况下具是有用的：即我们的目标是复制这些科学特征，将学生纳入现有学科体系进行文化化或学科化培养。若这些方法奏效，便会以特定模式塑造学生的思维。除非他们同时接触其他思维方式，否则将难以“跳出”这些思维框架，并逐渐形成“唯此为正”的认知定式。然而，若目标在于拓展学生以多元复杂方式思考的能力，或提升我们集体变革的能力，那么这种策略便显得不够理想。

变革通常不来自既定学科的中心（Kuhn, 1970）。它通常来自边缘，由那些对学科持批评态度但也精通该学科的局外人推动。变革者通常是“双文化”的人，他们充分参与了不止一个学科语境，能够看到“事物是如何运作的”，把握核心要义，以及不同语境有何异同。换句话说，他们通常具备元认知层面的理解力。因此，如果我们的目标是建立变革能力和（或）更复杂的思维能力，那么培养元理解能力——理想情况下应涵盖对多重语境——在我看来是一个富有成效的策略。

我在这里使用“元理解”一词，是指一种“自上而下”的科学视角：理解科学知识是如何在特定的社会、政治、历史和文化背景下，由特定类型的人群，使用特定的思维方式、特定的实践方法，基于与其他思维方式不同的假设体系所构建而成。提倡旨在建立元理解的方法并不新鲜。如前所述，许多改革者主张通过关注科学史、科学哲学、社会学、社会科学议题以及科学素养培养来开展科学教学。许多国家学校科学课程中增设的“科学本质”（nature of science）教学项目旨在培养学生的批判性思维和对科学的元理解力。然而，在实践中，这些举措都没有产生其支持者所预期的那种变革效果。讽刺的是，反而其中许多举措产生了一套新的、额外的学生需要“了解”的命题——也就是说，它们已被纳入前面提到的“关于主义”[1]（aboutism）范畴（Lederman, 2007; Hipkins, 2012）。将这些举措重新格式化为学生需要获取的更多知识（显然）偏离了它们的初衷，更重要

[1] 译者注：本章中未提及，应该是在第一章中提到的内容。

的是，从杜威的教育学意义上讲，这种做法很难产生教育价值。鉴于这些举措未能达到预期效果，且考虑到当前形势，我认为需要更大胆的变革。因此在本章剩余部分，我将论证运用解构(deconstruction)概念实现元理解的方法论。对深谙科学与科学教育的人而言，这无疑显得极为诡异。

解构概念通常用于人文和社会科学，有时也见于教育领域，但出于可能显而易见的原因，它在科学相关背景中并不熟悉——而且可能不受欢迎。但是，正如我试图在这里展示的那样，科学教育和科学本身是不同的活动，有着不同的目标。如果我们遵循杜威关于教育目的是促进智力增长、建立以更深层、更复杂、抽象的方式思考的能力的观点，那么科学在学校课程中的功能仅仅是教育者可以用来促进智力增长的多种语境或“载体”之一。科学教育的主要目的是教育本身，而不是“传播”或“传递”科学知识（尽管它可能会这样做）。科学教育不是科学实践，由此推论，我们不指望看到科学与科学教育之间的完全对应的关系。因此，虽然解构可能不是在科学本身中使用的适当技术，但我想在这里论证它可以在科学教育中被适当地使用。

解构的目的是变革，特别是关于思想体系的变革，以及在这些思想体系被视为具有压迫性的情况下。解构是一个试图打破并超越在深层结构上构建我们思维方式的概念类别的过程。其目标在于透视表象之下，探究这些概念范畴如何构成系统性运作机制，以及该系统如何通过排斥或否定其他范畴而得以维系。解构不同于分析或批判：它的目的不是拆解或推翻现有的范畴，而是以新的方式与之共生。它的目的在于揭示现有范畴之间、之外及底层那些未被承认的物质，进而运用这些物质在范畴之外展开思考(Culler, 1983; Grosz, 1989; Lather, 1991; Davies, 1994)。

解构工作不是在特定观点、探究形式或社会实践的层面上进行的，而是在话语实践(discursive practices)的层面上进行的。话语实践是在某些更广泛的（政治和制度）条件下，从某些特定的思想观念、探究形式和社会实践中产生的思想系统(Foucault, 1972, 1978)。许多不同的话语实践彼此并存。每一种都在该话语实践的背景下、在其边界内并在遵循其规则时产生“有效运作”的“真理”。话语实践包括思想观念、探究形式和社会实践，但这些不是重点。重点是话语实践如何成为更广泛权力关系的媒介，以及它们如何运作——不是为了表现现实，而是为了主动生产现实。解构主义涉及探索成套的话语实践是如何“运作”的：它审视它们所依赖的假设；定义它们的实践；参与其中的主体；它们所嵌入的政治、制度和学科结构；组织其运作的隐喻；并尤为关注那些缺席的存在——那些被排除、被禁止或被视为非法的人或事物。

科学是一种话语实践。它产生特定种类的知识，涉及特定的实践，建立在特定的假设之上，由以特定方式思考的人参与，并且是更广泛权力关系系统的一部分。它所产生的“真理”在特定语境中“行之有效”。如果目标是延续这些话语实践，那么将学生纳入其中是有用的。但是，如果我们接受拉图尔（Latour）的论点，即人类世的到来正挑战着科学最深层的假设，那么这种做法似乎不再是合理的。

基于解构主义的元认知构建方法在实践中可能呈现何种形态？充分探讨这一点超出了本章的范围：我在此的目的就是论证为什么它是必要的。然而，在其他工作中（那是很多年前的事了），我已经为高中生物教师详细规划了针对遗传学教学，以及后来的动物行为和人类进化论的解构课程(Gilbert, 1997)。我认为做这项工作是可行的，而且我认为它能为学生创造必要的教育体验，使他们为人类世的生活做好准备。也许现在，鉴于今天的背景，这种工作可能比二十年前更受科学教育者的欢迎。也许吧。

在我看来，随着我们步入人类世，科学教育可以发挥非常重要的作用，可以说比其他课程领域更重要。科技通常被描绘成未来，被视为拯救我们于困境的救星。但是，虽然毫无疑问会开发出针对气候变化的技术缓解措施(Kolbert, 2018)，但这种思维方式会

将我们引向通往未来的单一路径上。这是危险的，因为虽然科学研究揭示了人类世的形成，但科学思维方式与活动本身无疑也是促成这一时代的推手。重要的是，我们必须突破“科学即未来”的思维框架，在既定路径内外自由思考，构想通往未来的多元可能。

正如未来学研究(Futures Studies)的学术文献告诉我们的那样，当我们的思维沿特定路径被引导时，实际上会封闭其他可能性。科技本身并不塑造我们的未来：科学和技术的发展始终受制于人类的价值观、选择和行动(Slaughter, 2012)。正如未来学家里尔·米勒（Riel Miller）所说，未来并非是某种“降临”于我们的存在：我们要“通过我们每天做出的选择……从现在开始，创造未来”（Miller, 2006, p. 3）。在此基础上，教育学家凯里·费瑟（Keri Facer）指出，面向人类世的科学教育应该建立创造我们要共同想要的未来所需的智力能力。它的目标应该是支持在现有路径内工作的能力，也要培养超越这些路径的视野。如果我们无法跳出陈旧概念框架的思维定式，我们极有可能继续梦游般走向气候灾难。我们大概还有十年的时间觉醒并开展这项工作。但是，另一方面，本文提出的抽象策略可能为时已晚，对地球未来更有成效的贡献可能是加入“反抗灭绝”(Extinction Rebellion, 2019)运动所倡导的行动主义。

6. 参考文献

1) Aubusson, P. (2013). Science education futures: Unchaining the beast. Briefing paper prepared for the Monash University seminar on Science Education Futures 2020–2025. Melbourne, 19 February 2013.

2) Bernstein, B. (2000). Pedagogy, symbolic control and identity: Theory, research, cri- tique. Rowman & Littlefield.

3) Biesta, G. (2012). Giving teaching back to education: Responding to the disap- pearance of the teacher. Phenomenology and Practice, 6(2), 35–49.

4) Culler, J. (1983). On deconstruction: Theory and criticism after structuralism. Routledge.

5) Davies, B. (1994). Poststructuralist theory and classroom practice. Deakin University Press.

6) DeBoer, G. (1991). A history of ideas in science education: Implications for practice. Teachers College Press.

7) Deng, Z. (2007). Transforming the subject matter: Examining the intellectual roots of pedagogical content knowledge. Curriculum Inquiry, 37(3), 279–295.

8) Derrida, J. (1991). Of grammatology. In P. Kamuf (Ed.), A Derrida reader: Between the blinds. Columbia University Press.

9) Dewey, J. (1938). Experience and education. Collier Macmillan.

10) Driver, R. (1983). The pupil as scientist? Open University Press.

11) Driver, R., & Oldham, V. (1985). A constructivist approach to curriculum design in science. Studies in Science Education, 13, 105–122.

12) Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. Educational Researcher, 23(7), 5–12.

13) Duschl, R., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation dis- course in science education. Studies in Science Education, 38(1), 39–72.

14) Elliott, A., & Turner, B. (2012). Society. Polity Press.

15) Everth, T., & Bright, R. (2022). Climate change and the assemblages of school leaderships. Australian Journal of Environmental Education, 1–20. https:// doi.org/10.1017/aee.2022.8

16) Extinction Rebellion. (2019). This is not a drill: An Extinction Rebellion handbook. Penguin.
17) Facer, K. (2013). The problem of the future and the possibilities of the present in education research. InternationalJournal of Educational Research, 61, 135–143.
18) Flannery, T. (2005). The weather-makers: How man is changing the climate and what it means for life on Earth. Text Publishing.
19) Foucault, M. (1972). The archaeology of knowledge. Routledge.
20) Foucault, M. (1978). Politics and the study of discourse. Ideology and Consciousness, 3, 7–26.
21) Gilbert, J. (1997). Thinking other-wise : Re-thinking the problem of girls and sci- ence education in the post-modern. Unpublished PhD thesis, University of Waikato.
22) Gilbert, J. (2011). School science is like wrestling with an octopus. New Zealand Science Teacher, 126, 29–31.
23) Grosz, E. (1989). Sexual subversions: Three French feminists. Allen and Unwin.
24) Hamilton, C. (2010). Requiem for a species: Why we resist the truth about climate change. Earthscan.
25) Hansen, J. (2009). Storms of my grandchildren: The truth about the coming climate catastrophe and our last chance to save humanity. Bloomsbury.
26) Hipkins, R. (2012). Building a science curriculum with an effective nature of sci- ence component. Report prepared for the Ministry of Education. New Zealand Council for Educational Research.
27) http://www.nzcer.org.nz/research/publications/building-science-curriculum-effective-nature-science-component-0
28) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2018). Summary for policymakers of IPCC special report on global warming of 1.5°C approved by governments.
29) https://www.ipcc.ch/2018/10/08/summary-for-policymakers-of-ipcc-special-report-on-global-warming-of-1-5c-approved-by-governments/
30) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Summary for policymakers.
31) https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf
32) Irwin, R. (Ed.). (2010). Climate change and philosophy: Transformational possibili- ties. Continuum.
33) Jamieson, D. (2014). Reason in a dark time: Why the struggle against climate
34) change failed and what it means for our future. Oxford University Press.
35) Kind, P., & Osborne, J. (2017). Styles of scientific reasoning: A cultural rationale for science education? Science Education, 101(1), 8–31.
36) Klein, N. (2014). This changes everything: Capitalism vs the climate. Simon & Schuster.
37) Kolbert, E. (2018). Climate solutions: Is it feasible to remove enough CO2 from the air? Yale Environment 360, 15 November 2018.
38) https://e360.yale.edu/features/negative-emissions-is-it-feasible-to-remove-co2-from-the-air
39) Kress, J., & Stine, J. (Eds.). (2017). Living in the Anthropocene: Earth in the age of humans. Smithsonian Books.
40) Kuhn, T. (1970). The structure of scientific revolutions (2nd ed.). University of Chicago Press.
41) Lather, P. (1991). Getting smart: Feminist research and pedagogy with/in the post- modern. Routledge.

42) Latour, B. (2013). The Anthropocene and the destruction of the image of the globe. Gifford Lecture No. 4. 25 February 2013. The University of Edinburgh. http://
knowledge-ecology.com/2013/03/05/bruno-latours-gifford-lectures-1-6/
43) Latour, B. (2018). Down to earth: Politics in the new climatic regime (C. Porter, Trans.). Polity Press.
44) Lederman, N. (2007). Nature of science: Past, present and future. In S. Abell &
45) N. Lederman (Eds.), Handbook of research on science education (pp. 831–879).
46) Lawrence Erlbaum.
47) Matthews, M. (1994). Science teaching: The role of history and philosophy of science. Routledge.
48) McNeill, J., & Engelke, P. (2014). The great acceleration: An environmental history of the Anthropocene since 1945. Harvard Belknap Press.
49) Miller, R. (2006). Futures Studies, scenarios, and the “possibility space” approach. In Think scenarios, rethink education (pp. 93–105). OECD. http://www.oecd.
org/site/schoolingfortomorrowknowledgebase/futuresthinking/scenarios/
futuresstudiesscenariosandthepossibility-spaceapproach.htm
50) Newell, P., & Patterson, M. (2010). Climate capitalism: Global warming and the transformation of the global economy. Cambridge University Press.
51) Newton, P., Driver, R., & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. International Journal of Science Education, 21(5), 553–576.
52) Oreskes, N., & Conway, E. (2014). The collapse of Western civilisation: A view from the future. Columbia University Press.
53) Osborne, J. (2014). Teaching critical thinking? New directions in science educa- tion. School Science Review, 352, 53–62.
54) Patel, R., & Moore, J. (2017). A history of the world in seven cheap things: A guide
55) to capitalism, nature and the future of the planet. University of California Press. Perkins, D. (2009). Making learning whole. Jossey-Bass.
56) Ravetz, J. (2011). Postnormal science and the maturing of the structural contra- dictions of modern European science. Futures, 43, 142–148.
57) Sardar, Z. (2010). Welcome to postnormal times. Futures, 42, 435–444.
58) Scranton, R. (2015). Learning to die in the Anthropocene: Reflections on the end of a civilization. City Lights Books.
59) Slaughter, R. (2012). Welcome to the Anthropocene. Futures, 44, 119–126.
60) Tobin, K. (1990). Social constructivist perspectives on the reform of science edu- cation. Australian Science Teachers’Journal, 36(4), 29–35.
61) Toscano, M. (2013). Is there a crisis in science education? Paper presented to the Annual Conference of the Philosophy of Education Society of Great Britain. New College, Oxford, 22–24 March 2013.
62) Urry, J. (2011). Climate change and society. Polity Press.
63) Zeidler, D., & Nichols, B. (2009). Socio-scientific issues: Theory and practice. Journal of Elementary Science Education, 21(2), 49–58.
64) Zeidler, D., Sadler, T., Simmons, M., & Howes, E. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socio-scientific issues education. Science Education, 89(3), 357–377.