

美国K-12计算机与科学教育框架 及我的大学工程教育实践

上海成趣信息科技有限公司

独立顾问 杨晓春

- 美国K-12计算机科学框架的愿景
- 美国K-12计算机科学框架的核心概念和核心实践
- 美国K-12科学教育框架的愿景
- 美国K-12科学教育框架维度一：科学和工程实践
- 美国K-12计算机科学框架维度二：跨领域概念
- 我在大学通识教育中面向实践的科学和工程教育探索

**“认知教育教人求真而不惑，
情感教育教人求美而不忧，
意志教育教人求善而不惧。”**

待定来源

美国K-12计算机科学框架的愿景

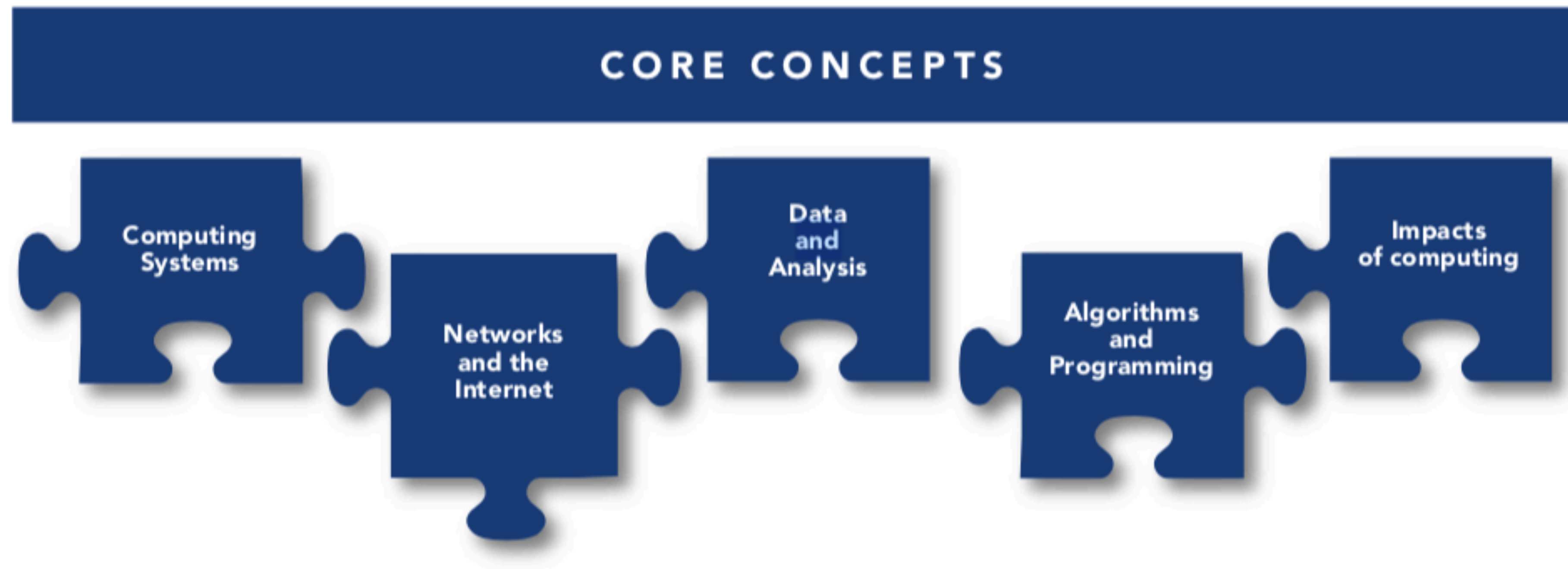
“The framework promotes a vision in which all students critically engage in computer science issues; approach problems in innovative ways; and create computational artifacts with a practical, personal, or societal intent.”

“所有学生都批判性地从事计算机科学问题; 以创新的方式解决问题; 并创建具有实际、个人或社会意义的计算工件。”

框架由美国计算机学会、Code.org、计算机科学教师协会、网络创新中心和美国国家数学与科学计划领导，并与各州、学区和计算机科学教育界合作建立。该框架的开发目标是制定标准和课程，建立计算机科学教学能力，并指导计算机科学途径的实施。

来源：<https://k12cs.org/wp-content/uploads/2016/09/K%E2%80%9312-Computer-Science-Framework.pdf> pp.1-2

美国K-12计算机科学框架的核心概念



- 不仅仅只是算法和编程！
- 图片来源 <https://k12cs.org/wp-content/uploads/2016/09/K%E2%80%9312-Computer-Science-Framework.pdf>

美国K-12计算机科学框架的核心实践

CORE PRACTICES
INCLUDING COMPUTATIONAL THINKING

- 1.培养包容性计算文化
- 2.围绕计算的协作
- 3.识别和定义计算问题
- 4.开发和使用抽象
- 5.创建计算工件
- 6.测试和优化计算工件
- 7.围绕计算的沟通



图片来源<https://k12cs.org/navigating-the-practices/>

美国K-12科学教育框架的愿景

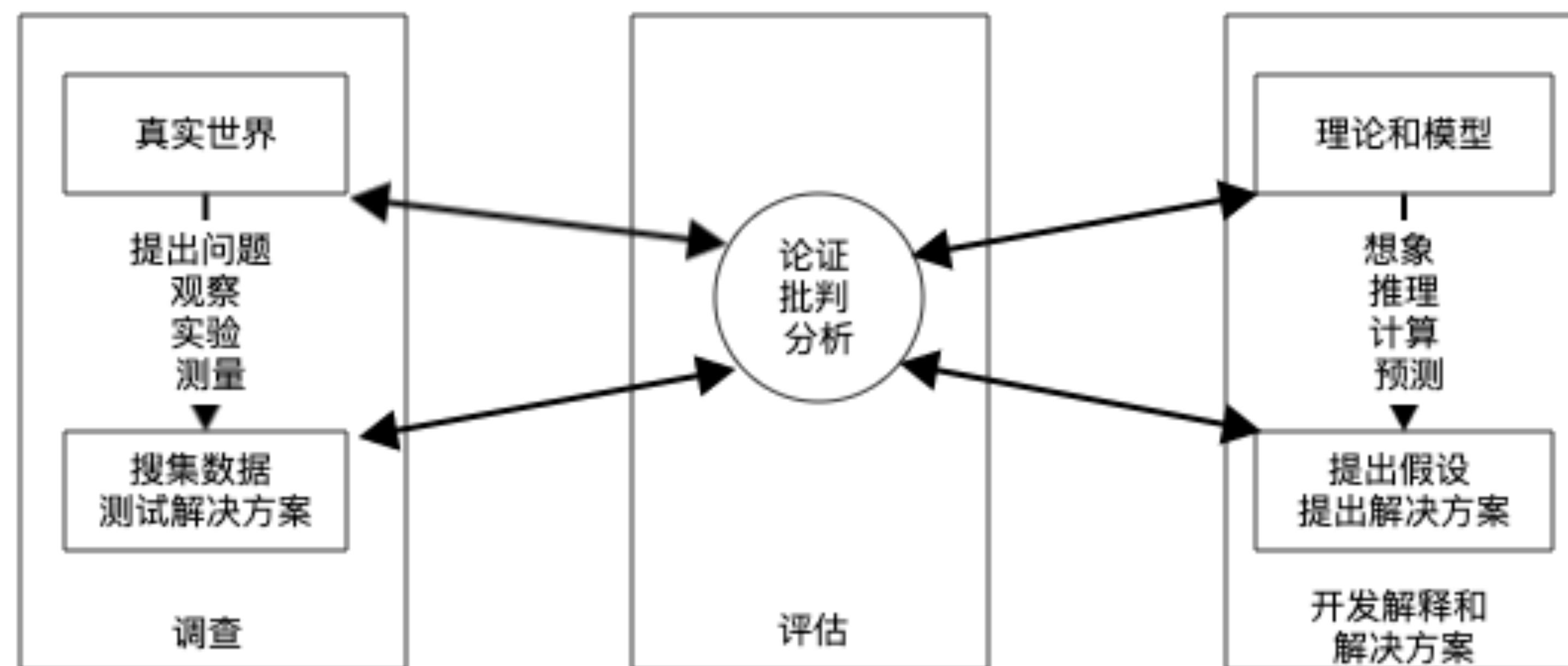
“The framework is designed to help realize a vision for education in the sciences and engineering in which students, over multiple years of school, actively engage in scientific and engineering practices and apply crosscutting concepts to deepen their understanding of the core ideas in these fields.”

该框架旨在帮助实现科学和工程教育的愿景，在该愿景中，学生在多年学习中会积极参与科学和工程实践，并运用跨领域的概念来加深对这些领域核心思想的理解。由美国国家研究理事会、美国国家科学工程医学院行为与社会科学与教育部、科学教育委员会、新的K-12科学教育标准概念框架委员会制定

来源：<https://www.nap.edu/catalog/13165/a-framework-for-k-12-science-education-practices-crosscutting-concepts>

美国K-12科学教育框架维度一：科学和工程实践

- 1.提出问题 (对于科学而言)和定义问题(对于工程而言);
- 2.开发和使用模型;
- 3.计划和执行调查;
- 4.分析和解释数据;
- 5.使用数学和计算思维;
- 6.构建解释(对于科学而言)和设计解决(对于工程而言)方案;
- 7.参与论证;
- 8.获取、评估和交流 信息。

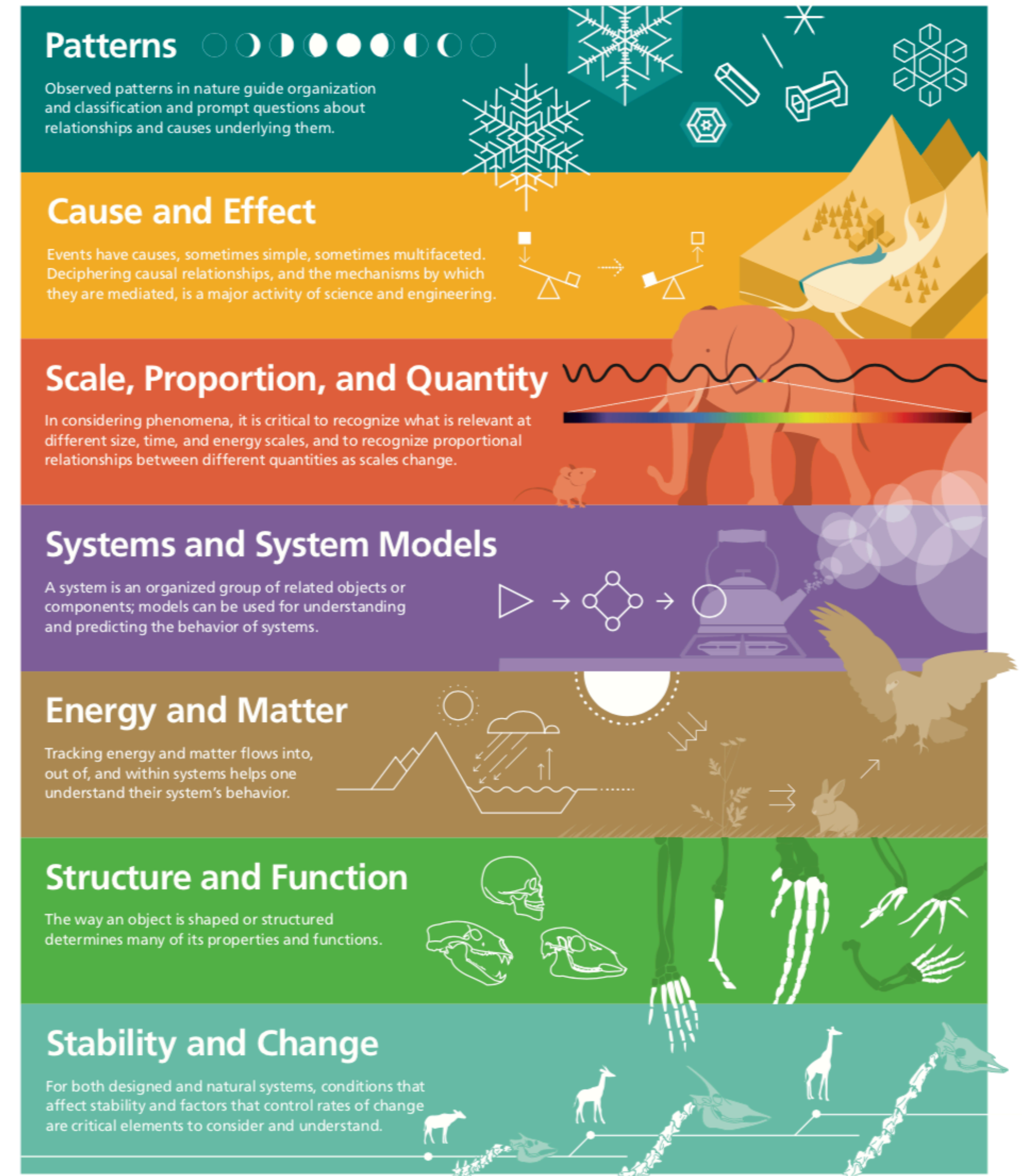


图片来源：National Research Council Report. A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas[M]. Washington, D. C. : National Academies Press, 2012
<https://www.nap.edu/catalog/13165/a-framework-for-k-12-science-education-practices-crosscutting-concepts>

美国K-12科学教育框架维度二：跨领域概念

- 模式
- 因果
- 规模、比例和数量
- 系统和系统模型
- 能量和物质
- 结构和功能
- 稳定性和变化

图片来源：<https://www.vernier.com/ngss/>



我的大学工程教育实践

- 在大学通识教育中面向实践的科学和工程教育探索 杨晓春，张锦 《计算机教育》2019No.10
- 为湖南师范大学信息科学与工程学院软件工程系大一到研一开设通识及工程实践课程；
- 帮助大学生了解计算领域科学和工程文化，培养科学和工程思维；
- 作为大学教育的补充，从工业界角度建立相关专业实践课程的体系



第10期 2019年10月10日	计算机教育 Computer Education	125
+教育与教学研究		中图分类号：G642
文章编号：1672-5913(2019)10-0125-05		
在大学通识教育中面向实践的 科学和工程教育探索		
杨晓春 ¹ ，张 锦 ² (1. 上海威趣信息科技有限公司，上海 200001； 2. 湖南师范大学 信息科学与工程学院，湖南长沙 410081)		
<p>摘 要：针对理工院校大学生科学思维和工程思维的培养现状，结合国内外科学和工程教育研究资源，分析科学思维和工程思维在大学理工科通识教育中的基础作用，介绍科学思维和工程思维的核心概念，提出在通识教育中引入科学和工程实践的基本方法和原则；结合工程认证教育标准对毕业生的要求，基于科学和工程的8个实践活动，阐述计算与人工智能工业界专业人员提供的培养学生科学思维和工程思维的课程、实践活动以及评价方法，并说明相应的实践结果和未来的改善发展计划。</p> <p>关键词：工程思维；科学思维；通识教育；科学实践；工程实践；工程教育认证标准</p>		
<h3>0 引 言</h3> <p>大学科学和工程教育的一个目的是培养学生科学思维和工程思维^[1-3]。随着当今科学和技术的快速发展，工程、技术和科学应用越来越紧密地结合，高校教师在某种程度上难以提供相应的实践课程以发展学生的科学思维和工程思维能力。本文提出，高校教师可以与具备正确教育理念和教育方法的业界专业人士协作，共同开发科学和工程课程和实践活动。本文将介绍在计算领域培养科学思维和工程思维的相关课程的实践情况，针对智能类专业提出相应的培养建议。</p> <h3>1 科学思维和工程思维在大学理工科通识教育的基础作用</h3> <p>科学思维的通用认知过程涉及归纳、演绎、类比、问题解决和因果推理，人类也将其应用于非科学领域^[4]。工程师使“事物”（更好地）发挥作用，通常采用六种思考和行动方式^[5]。第一，系统思考；第二，适应；第三，发现问题；第四，创造性地解决问题；第五，可视化；第六，改进。</p> <p>科学思维和工程思维有相同性也有不同性。科学思维和工程思维在大学阶段的培养可以通过科学和工程核心概念以及科学和工程实践活动来进行。本文着重从科学和工程实践活动来阐述如何培养两种思维能力。</p> <h4>1.1 科学思维和工程思维的实践活动</h4> <p>科学家和工程师的工作领域（图1）涉及的过程较为相似，均包括三个活动领域：①调查和实证调查；②模型的构建（如科学概念/理论或工程设计）使用推理和创造性思维；③评估模型的有效性（对科学而言）或适应性/有用性（对工程而言）^[6]。</p> <p>具体说来，包括以下步骤^[6]：①提出问题（对于科学而言）和定义问题（对于工程而言）；②开发和使用模型；③计划和执行调查；④分</p>		
<p>基金项目：湖南省研究生教育教改项目（JG2018A012）；湖南省普通高等教育教学改革研究项目（湘教通[2018]436号）；国家教育部产学研合作协同育人项目（2017020201043，201801037136）；湖南省教育厅创新创业平台开放基金项目（15K082）。</p> <p>作者简介：杨晓春，女，研究方向为机器学习、知识图谱以及计算机教育，janeyungx@hotmail.com；张锦（通信作者），男，教授，研究方向为智能软件工程、计算机教育、人工智能等，jinzhang@hunnu.edu.cn。</p> <p>(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net</p>		

在通识教育中引入科学和工程实践的基本原则

- 参考国际电气和电子工程师协会(IEEE)和美国计算机学会(ACM)联合发布的软件工程本科学位课程指南SE2014
 - 课程设计者和导师必须具备足够的相关知识和经验，并理解软件工程的特点；
 - 许多软件工程概念、原则和问题应作为整个课程重复出现的主题来教授，以帮助学生培养软件工程思维；
 - 软件工程必须以承认计算和工程两种学科的方式进行教学；
 - 软件工程教育需要超越讲座形式，并考虑各种教学方法；
 - 通过设计课程可以实现重要的效率和协同效应，以便同时学习多种类型的知识；
 - 为确保学生掌握某些重要思想，必须注意通过使用有趣、具体和令人信服的例子来激励学生；
 - 课程必须定期审查和更新。

工程认证毕业要求
与科学和工程实践
活动的对应关系

	1 提出问 题和 定义问 题	2 开发和使 用模型	3 计划和执 行调查	4 分析和解 释数据	5 使用数 学 和计算思 维	6 构建解 释和设 计解决 方案	7 寻求论 证	8 获取评 估和交 流信息
工程知识	V	V	V	V	V	V	V	V
问题分析	V	V	V	V	V	V	V	V
设计开发		V	V	V	V	V	V	V
解决方案								
研究	V	V	V	V	V	V	V	V
使用工具		V	V	V	V			
工程与社 会	V	V	V	V	V	V	V	V
环境和可 持续发展		V	V	V	V	V	V	V
职业规范								V
个人和团 队								V
沟通								V
项目管理	V	V	V	V	V	V	V	V
终身学习								V

工程认证教育标准毕业要求与科学和工程实践课程的关系

	1 计算如何影响和帮助我们	2 如何成为真正的计算领域工作者	3 代码阅读和代码质量	4 平台架构分析	5 软件项目成功秘密	6 从点子到产品工作坊课程	7 职业之路、科技公司企业文化和职业道德
1 工程知识	V	V	V	V	V	V	V
2 问题分析	V	V	V	V	V	V	V
3 设计开发解决方案	V	V	V	V	V	V	V
4 研究	V	V	V	V	V	V	V
5 使用工具	V	V	V	V	V	V	
6 工程与社会	V	V	V	V	V	V	V
7 环境和可持续发展	V	V			V	V	V
8 职业规范	V	V	V		V	V	
9 个人和团队	V	V	V		V	V	V
10 沟通	V	V	V		V	V	V
11 项目管理	V	V	V		V	V	V
12 终身学习	V	V	V	V	V	V	V

创新工程实践课程

- 综合性实践课程，集中实践敏捷开发、项目管理和计算类产品开发方法。
- 课程通过概念解释、案例说明以及实际操作介绍从产品设计到工程实践的理念、体系、流程、方法和平台，讲述实战方法和技巧，以帮助学生完成以下目标：
 - (1) 掌握产品设计和开发的知识和方法；
 - (2) 熟悉项目管理知识体系以及项目管理的基本方法；
 - (3) 掌握沟通管理和风险管理的主要内容、分析工具；
 - (4) 熟悉敏捷开发的职能分配、具体活动和产出成果；
 - (5) 应用敏捷开发方法完成一次软件开发迭代活动；
 - (6) 掌握软件开发的设计、编码和测试流程，利用团队协作工具和知识技能完成软件作品；
 - (7) 掌握软件开发中获取工具和知识、建立自己知识库的基本方法。
- 形式：教师讲解示范、与学生互动和学生小组练习相结合的形式。
- 考核方式：课堂问答小测验和项目汇报方式（用幻灯片展示软件产品介绍、展示作品功能和回答教师提问）

“

回味整个过程，与其说是一个教与被教的过程，倒不如说是一场欣赏课，欣赏到了一个软件从构思，设计再到实现的整个生命周期。

但是后一种方法才是授人以渔，让我们举一反三。

感觉像是被带出了象牙塔，见到了一个真正的程序员应该是怎么样的。……事实证明五天五个人做出一个小项目来是可能的。

这门课对我最大的触动就是，对待每一个产品和创意都要付出十分的认真与严谨。即使创意不是多么高大上，经过精心设计也能让人发现不一样的闪光点。

最大的收获是这门课改变了我对编程的看法，层层把关，交流改进，通力协作用雕琢艺术品的精神去搞开发，一个真正好的程序是会让它的开发者都爱不释手的。

让我们从以往的纯教学课堂走向了开发实践。

”

“

我觉得这五天节奏很快、效果很好，主要的原因是教员的启发式互动教学。通过引导大家的思考去带动教学进程，课堂氛围活泼积极，大家的反馈很及时，效果很明显。

教员一再告诉我们不要急着去编写代码，而是先把逻辑理清晰。

五天的学习让我的视野拓宽了很多，学会站在一个设计者的角度去思考问题，你会发现视野和格局会变得更宽广。

在设计过程中，与同学分工设计，和同学们相互探讨，相互学习，相互监督。学会了合作，学会了运筹帷幄，学会了宽容，学会了理解，也学会了做人与处世。.....杨老师严谨细致、一丝不苟的作风是我工作、学习中的榜样，老师循循善诱的教导和不拘一格的思路给予我无尽的启迪。

最大的成功是我在软件设计这个方面有了巨大的进步，能够较好的完成对软件的设计。

”

拔尖信息技术人才教育？

- 培养的人才具备优秀的科学和工程素养、知识和能力，致力于为信息相关理论和技术发展做出杰出贡献，具有深刻的技术理解力和技术影响力：在复杂问题或者项目的环境中理解、发展和利用技术，在做技术选择时，既能实现项目目标，也能平衡创新、重用、维护和可制造性，支持团队的创新，探索创新性解决方案、创新性思想；
- 以学校教育为主，引入工业界有正确教育理念、原则、方法和教育理想（热情）的专业人士支持，协助培养学生的科学和工程思维，引入工业界良好方法论，不误导教育者。



参考阅读

- Mark Guzdial的文章： 计算机教育的意义： 计算机教育是21世纪文化的基础 Computing Education as a Foundation for 21st Century Literacy, 论文：<https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3290953> 下载论文， 幻灯片：https://www.slideshare.net/markguzdial/computing-education-as-a-foundation-for-21st-century-literacy?from_action=save
- 研究学习文章,思考生活中计算思维的应用 <http://www.cs.cmu.edu/~./15110-s13/Wing06-ct.pdf>
- 研究网站，用卡片思考信息安全的问题 <http://securitycards.cs.washington.edu> 科学和工程思维比知识填鸭更重要

杨晓春

上海成趣信息科技有限公司

独立顾问

产品设计

技术开发、技术管理

人工智能、数据分析解决方案

物联网解决方案

工业互联网应用

DevHub开发者社区

<https://github.com/bettermorn/ACMWDDevHubPPT>

ResearchGate: Xiaochun_Yang10

DBLP: Xiaochun Yang0003

<https://orcid.org/0000-0002-8634-7595>

