

仿真 App 为理工科课程注入活力

美国哈特福德大学将仿真 App 纳入了本科生理工科课程的教学内容，目的是为学生未来的职业发展打下坚实基础。

作者 GARY DAGASTINE

高等教育的目的是传授给学生对其未来职业规划有用的知识和技能。然而对于针对本科生的物理教学而言，达成这一目标并不那么简单。近年来，理工科（包括科学、技术、工程、数学）课程吸引了越来越多的学生。但不同学生的背景和兴趣爱好差异很大，这使得教学难度进一步提升。

一个尤为棘手的难题是：如何将探究式学习融入到课堂教学中。探究式学习是一种引导学生自己提出问题，并通过研究自行解答的教学方式。通过让学生们自己动手解决实际的物理问题，可以使他们更加深入透彻地理解物理概念。然而，在以授课为主的课堂教学中，教材的覆盖面过于宽泛，也没有留出足够的时间去培养学生在特定领域的技能，难以有效地实施这种学习方式。

针对此问题，坐落于美国康涅狄格州的哈特福德大学（University of Hartford）开展了一项教学改革——将多物理场分析软件和仿真 App 作为必修内容纳入大学三年级的流体力学和传热学课程中。

“在哈特福德大学的本科生工程课程中，有很多针对解决问题和项目的学习模块。”机械工程专业教授 Ivana Milanovic 博士表示，“在使用仿真 App 之前，将探究式学习有效地融入课堂教学中十分困难。然而在 COMSOL Multiphysics® 软件的帮助下，我们可以基于多物理场模型来快速地设计仿真 App，对课堂教学内容进行补充。”

学生们不需要成为数值仿真专家，也能通过界面简洁、易于上手的仿真 App 查看并修改指定的输入、输出以及各种设置，游刃有余地操作强大的计算工具。

得益于此，学生们现在可以方便地进行虚拟实验。他们可以自由修改系统的工作参数、初始条件和边界条件，然后对仿真结果进行可视化，从而透彻地理解物理概念。另外，在哈特福德大学，仿真 App 同时还被用于工业赞助项目的研究。在康涅狄格州，许多涉及航空和制造领域的公司都在使用仿

真软件，仿真 App 教学必然能帮助学生在学习过程中提高对潜在雇主的吸引力。

» App: 从想法到实践

电气与计算机工程系教授 Thomas Eppes 博士开设了使用 COMSOL® 软件进行数学建模的研究生课程。受此启发，Milanovic 博士将仿真 App 相继整合到了大学三年级的流体力学和传热学课程中。

Eppes 教授解释说：“各类研究均表明，在教学中使用 COMSOL 软件是一个正确的决定。当然，学生的反馈对我们而言言更有意义。许多学生告诉我，仿真软件不仅帮助他们强化了学习效果，让他们能够更加形象地理解高深复杂的理论概念，更重要的是还让他们接触到了宝贵的仿真方法。99% 的课程完成率正是这一结论最有力的支持。”

鉴于此，Milanovic 开始考虑将建模和仿真软件纳入本科课程教学体系。这一举动引发了诸多讨论。“许多老师认为，熟练使用工业级软件需要学生投入大量的时间，还可能导致学生过度依赖软件。”Milanovic 描述道，“他们还质疑，如果学生没有上过计算流体动力学（CFD）的课程，仿真软件究竟能起到多大的作用。”

“仿真 App 以其卓越的易用性消除了所有疑虑。”Milanovic 表示，“学生们通过课堂讨论和自学，掌握了专业理论知识和分析问题的能力。他们的理论知识

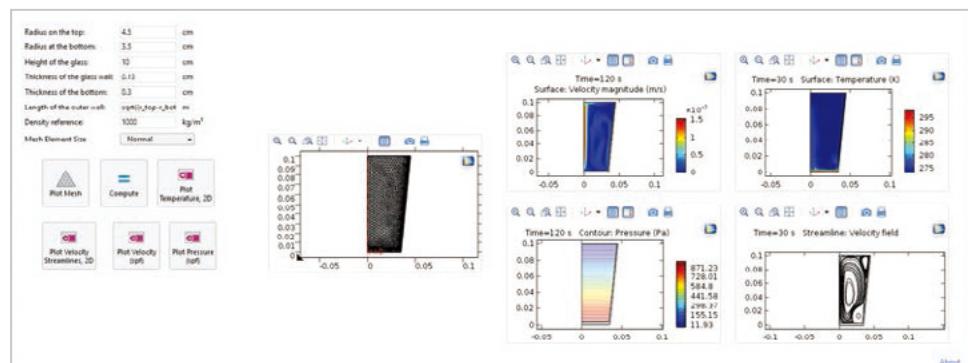


图 1. 就读于哈特福德大学的 Mark Markiewicz 创建了一个仿真 App，用于研究将一杯冷水加热到室温过程中的非等温流动。仿真 App 给出了玻璃杯内的流体速度、温度和压力的计算结果。

和分析能力会通过主要的考试来进行评估。在此过程中，学生们可以使用仿真 App 进行探究式学习。”

» 学生们如何利用 App

Milanovic 开设的大三课程布置了一系列更加复杂的、以仿真为基础的作业，目的是督促学生深入学习诸如变温流体一类的科目，同时培养学生的建模能力和撰写技术报告的能力。这两项能力对于后续研究和未来就业都是必不可少的。借助仿真 App，学生们可以在模型中创建报告，用于描述及记录模型中使用的边界条件和设置，以及数据图表、图形和方程。

在早些时候，学生们曾接触过一个用于分析过滤装置中血样流动的仿真模型，它能研究流体流动分布、电势和粒子定位。现在，学生可以分析不同电压和极性交替对粒子带来的影响。

其他仿真作业包括对非牛顿流体、旋转盘周围的涡流、水净化反应器、轴颈轴承和圆柱体绕流等问题的分析。

在开始学习传热学课程前，学生们已经掌握了基本的仿真技巧。“我打算布置更加复杂的仿真作业，其中包括二维对流冷却、圆柱体内的热传导和薄壳传导等。” Milanovic 表示。

» 让学生了解物理现象背后的“为什么”

除此之外，学生必须将包含指定输入和输出的仿真模型封装为仿真 App。创建仿真 App 后，Milanovic 会提出一系列假设问题，借此加深学生对基本因果关系的理解。学生们会被要求准备一份书面报告，解释仿真结果在不同情况下发生变化的原因。

作为独立研究计划的收尾工作，学生们还需要准备一份工作报告、回顾相关文献、完成技术研究并记录研究结果。

Stefan Keilich 主修机械工程，同时辅修电气工程。他在毕业设计中创建了一个风洞仿真模型，用于模拟汽车周围的气流。“我对空气速度、模型相对于地面的高度、风洞尺寸、模型比例等参数进行了设置。并最终得到了非常好的气流尾迹模式仿真结果。”他评论道。

Keilich 表示，仿真 App 的强大功能让人大开眼界，即使不了解任何技术细节，使用者也能直观地认识物理系统。仿真 App 甚至给予了他一个全新的职业规划。

“仿真 App 增加了我对工程的兴趣。一直以来我只关注机器人和自动化，但现在我对与流体和传热相关的工作也产生了浓厚的兴趣。” Keilich 说道。

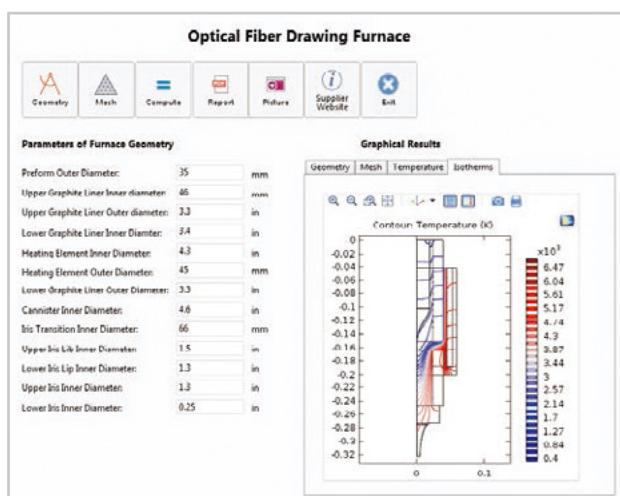


图 2. 光纤仿真 App 可以预测拉丝炉在不同配置下的流体特性。

就读机械工程专业的学生 Mark Markiewicz 表示，COMSOL App 让他能够更加专注于课程作业。他补充道，“我们很难对方程进行可视化，但仿真 App 可以将物理场绘制成三维视图。”

有些仿真 App 更偏重于工业应用。例如，光纤拉丝是一种精密、高灵敏度的工艺，操作人员需要精确控制拉丝炉内的温度和位置，并充入惰性气体，以防止加热元件和衬套被氧化。在针对该应用的仿真 App 中（图 2），用户可以通过修改拉丝炉内的几何尺寸（例如加热元件的直径）对氮气充入速度和温度分布进行研究。

Milanovic 表示，此类试点课程成效显著，无论是学生的成绩、仿真作业的质量，还是对课程的评估，都表明将仿真 App 纳入课堂教学是极为正确的做法。“令人欣喜的是，学生们告诉我，虽然仿真过程常常极具挑战，但是他们十分喜欢使用仿真。”



左图：Ivana Milanovic 教授；右图：顺时针方向依次为：Tom Eppes 教授、Mark Markiewicz、Stefan Keilich 和 Karen Brzostowski。

“我们很难对方程式进行可视化，但 App 可以将物理场绘制成三维视图。”

— MARK MARKIEWICZ, 机械工程专业本科生