

# 面向未来的大学物理教学

(中国科学院半导体研究所 姬扬 编译自 Veronica Benson, Andrew Mizumori Hirst, William Wakeham. *Physics World*, 2023, (2): 32)

当今世界面临着无数的社会、环境和经济问题，解决它们往往需要结合许多不同的知识和专业技能。我们为什么以及怎么样改进大学物理教学，才能更好地解决这些重要问题呢？

世界总是在不断地变化，今天更是如此。远程医疗、数字支付和工业自动化等新技术发展迅猛，我们还必须努力发展经济、减少碳排放、应对人口老龄化问题以及利用人工智能的力量。

为了迎接这些挑战，大学必须给学生传授正确的知识与技能，以便他们创造和开发下一代技术、解决未来的问题。物理学工作者善于把高水平的科学知识、计算能力和解决问题的技能结合起来，能够很好地满足高科技行业的广泛需求。但是他们往往缺乏更广泛的跨学科技能，例如有效的沟通、团队合作、创造力以及为复杂问题寻找跨学科解决方案的能力。传统的物理教学往往忽视了这样的事实：许多毕业生将来并不从事学术研究，而是进入制造业、能源、金融和教学等领域，在那里应用知识的方式和他们受到的教育不一样。

为了确保有足够多的物理学毕业生拥有正确的技能组合，英国物理学会(IOP)在2022年修订了其学位认证框架，鼓励大学设计更灵活的物理教学，在强调知识和技能的同时，还要突出跨专业的技能。新框架希望确保物理学的毕业生为将来的工作做好准备，能够结合技术和跨专业技能，适应许多不同的职业。新框架还鼓励大学以创新的方式开展教学和评估。例如，进入金融科技、网络安全或IT领域的物理

学工作者不仅要有核心的物理专业知识，还需要具备数据科学和机器学习

的技能。全新教育模式的出现正在挑战传统的课程体系。斯坦福的“Stanford2025”、曼彻斯特的“UA92”和伦敦的“01 Founders”等项目都是为了吸引更加多样化的学生，更贴切地符合雇主的需求。他们不仅要关注学生学的内容，更要关注对学生的教学和评估。

但是，如果能从头开始设计，物理教学应该是什么样子呢？如何重新设计物理课程，才能更切合物理学生和雇主需要的技能？从新冠疫情期间的教学方式中可以汲取哪些经验教训呢？哪些改变很有效，哪些改变没有用呢？

在英国物理学会的支持下，英国东南物理网络(SEPnet)和白玫瑰工业物理学院(WRIPA)在2021年组织了一系列网络研讨会，讨论这些问题。这里总结了未来物理教学需要回答的5个重要问题。

## (1) 怎么教学生解决开放性的新问题？

雇主希望毕业生解决的问题可能并不明确，也不属于某个特定的科学领域。但负责招募工作的人经常说，物理学的毕业生不善于回答开放性的问题。这个缺点可能是因为传统的物理教学具有“模块化”的性质，每项评估只测试学生对特定主题的了解。

以光学为例。学生们通常学的和考的内容是衍射和干涉测量学，这种教学方法强化“单方面思维”，使得他们只知道如何解决特定的问题，却不了解光学在机器人、先进的驾驶员辅助系统和医疗保健等领域有广泛应用。

另类的方法是给学生同时介绍一些主题，基于所有的学习内容进行评估。这样可以让学生在不同的领域建立新的联系，更有创造性地思考和解决不熟悉的问题。

一些机构提供了基于问题的学习(problem-based learning, PBL)课程。学生们以小组的形式解决现实世界的问题，包括四个关键的学习原则：从经验中学习知识，而不是死记硬背(“建设性学习”)；将知识和技能应用于社会挑战(“在相关背景下学习”)；还有“集体学习”(学生们互相学习)和“自主学习”(自我教育)。

就未来的物理教学而言，PBL课程意味着学生每学期参加一个小组项目，应用他们的知识来解决基于全球挑战(可能由企业提出)的研究或技术问题。为了解决开放性的问题，学生们将培养各种技能，如项目管理、报告写作、沟通和协作，以及学习创造性地思考。

物理教育者可以向工程教育的同事们学习。人们常常认为，物理学工作者一定要留在学术界，所以学生们努力取得优异成绩，而大

学把学术卓越当作衡量能力的唯一重要指标。然而，在大学以外，成功需要的不只是学术能力。

工程师们更了解工作的现实性。除了讲授科学原则应用的教学方法，许多工程教育还努力帮助学生与工业界接触和为从事各种职业做准备。物理教学应该确保我们的毕业生具备企业需要的技能。

## (2) 如何应对学生们不同的学习方式？

大学教学，特别是纯科学教学，喜欢传统的教学方式。然而，新冠疫情迫使各个系尝试不同的方法，包括在线会议。这并不顺利，有些学生抱怨教学质量很差。

但也有一些好处。例如，与面对面授课相比，一些学生似乎更专注，也更有可能在聊天框中提问。数字化教学还可以帮助一些残疾或需要长期通勤的人。更重要的是，在线讲座可以记录和回看，有助于加强学习。但是这样学生又会觉得很难选择和优先考虑自己需要的资源。还有一些学生并不参与在线学习，“人在心不在”。没有面对面的互动，学生就会丧失与同学互动和开展社交的能力。

大学生的学习方式也发生了变化。他们很少使用教科书，图书馆变成了学习的场所，而非获取资料

的地方。对于师生面对面的交流来说，辅导课变得更加重要。这非常适合团队一起努力解决现实世界中的问题，提高他们的就业能力和社交技能。

不仅仅是学生，学界也在发生变化。随着教职员和学生重返校园，学界承认混合教学形式有好处，可以吸引更多的本科生。“网课”可以包括面对面的和虚拟的课程，讲授的内容相同，但能满足更多学生的个人学习需求和偏好。

## (3) 如何评估学生应对挑战和应用知识的能力？

传统上，物理专业的学生都是“闭卷”考试，考察对某个特定科目的掌握程度。但随着新冠疫情期间在线教学的增加，教师被迫尝试新方法更好地了解学生的能力和潜力。例如，通过定期在线测验和“游戏化”来持续评估，以衡量进展并发现理解方面的差距。将来可能用不同的在线方法评估相同的教学内容，以适应学生的学习风格。还可以根据学生的学习深度(他们在不同环境下迁移和应用知识的能力)来评估他们，而不是仅仅根据他们重复信息的能力。

小学就有这种学习模式，把不同年龄的学生分成不同的小组，根据他们完成任务的能力，而不是按

照年龄分级。学生必须在单元测试中表现优秀，才能开始新的任务。掌握学习内容意味着对主题有深刻的理解，时间长了也不会忘记。

相比之下，大学生通常只要通过传统的“总结性”考试，就可以学习新的课程。这种方法的问题是，学生往往只是学到了一些肤浅的知识。此外，他们经常忘记这些信息，也不能将其应用到不同的环境中。但雇主希望毕业生不仅仅是记住事实和

信息。如果把小学的模式用在大学的环境中，学生们将继续学习和测试的循环，直至达到掌握的标准。不能达到这种更深层次理解的学生，将通过教师辅导、同学帮助或小组讨论得到额外的支持。

## (4) 技术可以用来加强或取代实验室工作吗？

当涉及到实验工作时，大学生通常在实验室里，面对面地做特定的、众所周知的实验。除了培养实用技能，这些实验课程有助于学生们计划和管理他们的时间，并允许小组工作和社会互动。然而，疫情迫使物理系重新评估这种方法，迅速转移到网络世界里做实验。

有些大学的资源比较好，能够为学生提供个人的工具包，而另一些大学依靠视频演示。有一个系(他们希望匿名)为一些学生提供了既保持距离、又能面对面的实验室课程，并为其他学生设立在线的虚拟实验室。这种方法虽然很花钱也具有挑战性，但确实提供了有趣的结果。

以前有人认为，学生在网上做实验，得到的经验不如那些在实验室的学生。但事实证明，这些学生也很喜欢独立工作——尤其是当他们仍然可以与他人沟通、通过聊天



掌握技能。小学生只有熟练掌握旧任务以后，才能开始学习新任务



自新冠疫情以来，虚拟实验变得越来越普遍(左)，但是实验室里的面对面教学可以帮助学生(包括残疾的学生)一起做实验(右)

论坛交流想法时。因此，这个系决定继续采用这种方法开展数字化的实验教学。

对于一些有特定学习风格或需求的学生来说，虚拟实验室更有效。开放大学(The Open University)发现，虚拟实验的方法可以让学生从自己的错误中学习。在面对面的教学实验室里，通常没有时间像在现实研究中那样犯错误或重复实验。虚拟平台提供了这种灵活性，而且可以实时地提供关于错误的反馈。

对未来的物理教学来说，混合方法(虚拟实验和面对面的实验相结合)似乎至关重要。学生们在上课前可以上网计划他们的实验，在实验室里的时间就更有效，还可以多个小组协同工作。既可以从实验室的实际经验和社会交往中获益，也能提高其独立学习的能力。

对大学来说，减少在实验室的时间也更合算，可以为其他活动腾出重要的实验室空间。我们知道，物理教育的课程体系很昂贵，引入高质量的虚拟实验，特别是在物理教学的开始阶段，可能对大学至关重要。

### (5)如何吸引和支持多元化的物理学生和教学人员群体?

大多数企业都明白，多样化和包容性的劳动力可以带来更好的想法、决策和成功。他们意识到，必须建立更广泛的人才库，以吸引最优秀的毕业生，并审查他们的招聘流程和工作环境，以确保他们更具包容性。

大学也需要这样做。高等教育的竞争非常激烈，在衡量和评估学位课程方面，毕业生的就业成功和学生的满意程度越来越重要。大学需要确保提供真正包容的环境，更好地吸引和支持来自各种背景的、有才华的学生，并让他们能够充分发挥自己的潜力。

具体来说，大学需要为代表性不足的群体做更多的工作，包括残疾人、来自少数族裔社区的群体和那些社会经济背景较低的群体。教学人员需要接受培训，以便他们能够发现问题，并为本科生提供相关的帮助和支持。我们还需要找方法来分享学生在上大学时的学习需求信息，鼓励学生自己申报他们的任何残疾。

物理教学也需要做更多的工作来吸引来自不同背景的学生，通过扩大入学机会来吸引最优秀的人才。目前已经取得了一些进展，大多数物理系已经建立完善了平等、多样性与包容(EDI)的委员会和政策。

### 未来的大学物理教学能提供什么呢?

随着就业市场的变化、数字技术的发展和多样性问题认识的提高，大学物理教学也需要发展。

越来越多的雇主希望毕业生有良好的团队合作能力和解决问题的能力，而严格的物理教学可以提供这些技能。企业并不希望物理教学被“简化”。相反，教育工作者要考虑怎样把这些技能融入到课程中，为学生在工作中应用他们的知识做更好的准备。

此外，整个高等教育系统正在建立新的教学方式，吸引和满足所有学生的需要。这些课程设计的新方法(以及英国物理学会认证程序的变化)提供了关于物理教学如何发展的想法，以使每个学生掌握未来就业市场所需的技能和知识。