



你站在厨房里，将一个金属碗从操作台推进水池，发出“哐”的一声，再把毛巾搭到椅背上。在另一个房间里，听起来像是一些摇摇欲坠的积木堆倒塌了，并且发生了一场巨大的玩具车车祸事故。这些与环境的互动只是人类日常在家中经历的一小部分，然而，尽管这一切看起来无比真实，事实却并非如此。

来自麻省理工学院、MIT-IBM Watston AI 实验室、哈佛大学和斯坦福大学的研究人员进行了一项新的研究，旨在构建一个丰富的虚拟世界，就像迈入了“黑客帝国”(The Matrix)。他们的平台 ThreeDWorld (TDW) 根据物理规则模拟了高保真的听觉和视觉环境，无论在室内还是室外，用户、物体和移动主体 (mobile agent) 都可以像在真实世界中那样进行互动。互动发生时，系统将为各种流体、柔体和刚体的目标方向、物理特征和速度计算并赋值，以产生准确的碰撞和撞击声。

TDW 的独特之处在于它的设计是灵活且通用的，它能够实时生成合成的写实场景并进行音频渲染。生成的结果可以被编辑为视听数据集，并根据场景中的互动进行修改，便于人类和神经网络进行学习并预测检验。在可控的模拟中，用户还可以设定不同款式的机器人及虚拟角色，来进行表演、语言表达、任务规划和执行等功能。例

害的环境中训练。此外，“我们很多人都对这些虚拟世界为人类实验打开的大门充满期待，它有助于探索人类感知和认识的奥秘。我们将能创造出具有丰富感官体验的场景，而且在那里人对环境中发生的事件仍是全知全能的。”

如，使用虚拟现实 (Virtual Reality, VR)，人们在空间中的兴趣取向和操作行为均可以提供真实世界的交互数据。“我们试图建立一个通用的模拟平台，为各种人工智能应用模拟真实世界的丰富互动。”该研究的主要作者，MIT-IBM Watson AI 实验室的研究科学家涂创说道。创造真实的虚拟世界来研究人类行为、训练机器人是人工智能和认知科学研究者们一直以来的梦想。“大多数人工智能现在主要基于监督学习，意味着它依赖于大量人工标注的图像或声音数据集。”大脑与认知科学中心 (Department of Brain and Cognitive Sciences, BCS) 副教授兼 MIT-IBM Watson AI 实验室项目负责人 Josh McDermott 说道。编译描述这些数据研究的成本高昂，是目前的研究瓶颈。并且物体的物理性质，例如质量，对人类观察者来说也不总是显而易见的，这将导致数据集标签根本无法获得。像 TDW 这样的模拟器通过生成参数和标签对已知的场景绕开了这个问题。很多能与之相比的模拟器都是出于这种考虑，但它们是专为特定的应用而设计的，而 TDW 旨在利用其灵活性支持许多不适用于其他平台的应用。

McDermott 指出，TDW 的另一个优点是它能够理解学习过程提供一个可控的环境，并能帮助改善人工智能机器人，使依赖于反复试验的机器人系统可以在一个不会造成实际伤



框架背后

这项工作始于麻省理工、斯坦福、IBM 的教授和研究人员在听觉、视觉、认知和感知智能方面的合作，他们因共同的个人研究兴趣而聚在一起。而 TDW 则将这些集成到一个平台中。“我们都对构建一个虚拟世界来训练人工智能系统的想法感兴趣，这些人工智能系统可以被用作大脑的模型。”McDermott 说道，他正在研究人类和机器听觉，“因此，我们认为，构建一种可以利用物体间相互作用并由此反馈真实的感知数据的环境，是开始研究的有效途径。”

为了实现这一目标，研究人员们在 Unity3D 这一电子游戏开发引擎上构建了 TDW，并致力于在没有动画的情况下反馈视听数据。该模拟由两个部分组成：主体，包括图像渲染、音频合成和物理模拟系统的运行；以及

# 创造一个真实的3D世界

控制器，它是一个基于 Python 的交互界面，用户通过它向主体发送命令。研究人员们从一个大型 3D 模型库中提取出物体，例如，家具组件、动物和交通工具，来组建和填充一个场景。这些模型能够准确地响应光照变化，它们的材质和场景中的位置状态决定了其在空间中的物理行为。动态光照模型能够准确地模拟场景照明，产生与时间和日照角度相符的阴影与模糊。团队还创建了布置好的虚拟平面图以供研究者们向其中加入机器人和虚拟角色。为了合成逼真的音频，TDW 使用了撞击声的生成模型，该模型在模拟中由碰撞或其他物体交互触发。TDW 还根据空间和其中物体的几何构造模拟了噪声的衰减和混响。

TDW 中的两个物理引擎 (一个用于刚体，另一个用于柔体和流体) 可以驱动交互物体间的形变和相互作用。TDW 在质量、体积、密度和摩擦或其他作用于材料上的力等方面展现出强大的瞬时计算能力。这使得机器学习模型能够学习具有不同物理性质的物体是如何共同作用的。

用户、机器人和虚拟角色能够以

几种方式使场景变得栩栩如生。研究人员可以直接通过控制器命令对一个物体施加力，使得一个虚拟的球运动起来。虚拟角色经设置后可以以特定方式在空中活动，例如，可以使用带关节的肢体进行任务实验。最后，VR 头显和手柄可以让用户与虚拟世界交互，有可能生成机器学习模型能够学习的人类行为数据。

## 更丰富的人工智能体验

为了试验和演示 TDW 的功能、应用等方面的独到之处，研究团队进行了一系列实验，对 TDW 生成的数据集与其他模拟器生成的数据集进行了比较。他们发现，经 TDW 中的随机角度放置的摄像头所获取的场景图像照片训练得到的神经网络，比通过其他模拟器产生的照片训练得到的神经网络在图像分类检测中的表现更好，并且更接近通过真实世界数据训练得到的系统。研究人员还设计并训练了一个材质分类模型，它将根据 TDW 中小物体掉落到表面的声音剪辑来判断是哪几种材料正在进行相互作用。他们发现，TDW 比其竞争对手取得了更

显著的成效。对由 TDW 训练的神经网络进一步进行的物体掉落测试揭示了听觉与视觉的结合是识别物体物理性质的最佳方法，并推动了针对视听一体化的进一步研究。

在场景中，物理事件会随着时间的变化发生演变，而事实证明，TDW 对于设计和测试掌握这种规律的系统很有用。其效果包括提高了一个模型或算法在物理预测上 (例如，预测物体堆的稳定性或者是碰撞后的物体运动) 的基准水平。这是人类在孩童时期就通过学习形成的概念，但许多机器需要表明它们有这项能力，才能在现实世界中有实际用途。TDW 还可以对人类与机器人不同的求知和预测能力进行比较，这里的机器人指为评估不同情景中的社交活动而设计的机器人。

涂创指出，这些应用只是冰山一角。通过扩展 TDW 的物理模拟能力来描述更真实世界，“我们正试图创造一个新的典范，以此推进人工智能技术的发展并揭示许多当前难以探索的新问题。” (王馨仪)



# 科学家探索用激光作为宇航动力，有望45天内前往火星

航天大国都计划在未来十年向火星发射载人任务。虽然这代表了空间探索方面的巨大飞跃，但它也带来了重大的后勤和技术挑战。首先，每隔 26 个月，当我们的两颗行星处于彼此轨道的最近点时 (“对角”期间)，才能向火星发射任务。使用目前的技术，从地球到火星需要 6~9 个月的时间。

即便使用核热或核电推进 (NTP/NEP)，单程可能需要 100 天才能到达火星。然而，蒙特利尔麦吉尔大学的一个研究小组评估了激光-热推进系统的潜力。根据他们的研究，一个依靠新型推进系统的航天器——激光被用来加热氢气燃料——可以将到达火星的过境时间减少到仅 45 天。

这项研究由 Emmanuel Duplay 领导，他目前是代尔夫特理工大学航空航天工程硕士生。他与安德鲁·希金斯副教授和麦吉尔大学机械工程系的三名研究人员一起工作。他们的研究题为“利用激光-热力推进的快速过境火星任务的设计”，最近该方案提交给了《天文学和天体》杂志。

还有 Breakthrough Starshot 和 Dragonfly 研究项目，这两个项目都是由星际研究计划 (i4iS) 在 2013 年主持的设计研究中产生的。这些概念要求用一个千兆瓦功率的激光阵列将光帆和小型航天器加速到光速的一小部分 (又称相对论速度)，以便在几十年内到达附近的恒星系统，而不是几个世纪或几千年后。

虽然这些概念都是以星际为重点，但 Duplay 和他的同事们探讨了星际概念的可能性。

“定向能推进的最终应用是将光帆推进到星际，进行真正的星际旅行，这种可能性促使我们的团队进行这项研究。我们对激光技术如何用于太阳系的快速运输感兴趣，希望这将是一个能够证明该技术的工作。”Duplay 说到。

除了激光帆板推进，DE 正被探索用于其他几个空间探索。这包括与航天器和永久阴影栖息地之间的动力传输 (如阿特米斯计划)、通信、小行星防御和寻找可能的技术特征。还有关于激光-电力航天器的概念正在被美国航空航天



“我们的方法是对这些概念的补充，因为它使用相同的相控阵激光器概念，但将在航天器上使用更强烈的激光流量来直接加热推进剂，类似于一个巨大的蒸汽壶。这可以让航天器在仍然受地球引力影响时迅速加速，因此激光不需要聚焦到空间那么远。”Duplay 解释道，“我们相信，我们甚至可以使用相同的激光动力火箭发动机将助推器带回地球轨道，在它主运载工具抛向火星之后，使其能够快速回收，用于下一次发射。”在这方面，Duplay 和他的同事提出的概念类似于核热推进 (NTP) 系统，其中激光取代了核反应堆。除了 DE 和氢推进剂之外，激光-热能航天器的任务架构还包括来自其他架构的若干技术。

面积激光功率，与激光-电力推进相比，这个任务以适度的激光阵列尺寸是可行的”，Duplay 补充道。

通过结合这些元素，激光-热能火箭可以实现非常快速的火星任务，时间将短至六周——这在以前被认为只有核动力火箭发动机才可能做到。最直接的好处是，它为深空飞行的危险如长期暴露在辐射和微重力下，提出了一个解决方案。

同时，Duplay 说，这项任务带来了一些障碍，因为所涉及的许多技术都是尖端的，还没有经过测试。“激光加热室可能是最重大的挑战。我们能否在激光束将氢气 (推进剂) 加热到超过 10000K 的温度时保持耐受，同时保持室壁的冷却。目前的模型认为这是可行的，但尚不能进行全面的实验测试，因为我们还没有建造所需的 100 兆瓦激光器。”

虽然这个提议的任务架构中的大部分技术以及其他类似的提议仍处于理论和开发阶段，但它们的潜力是毋庸置疑的。将到达火星的时间减少到几周而不是几个月，将解决火星任务的两个最大挑战，主要是为了后勤和健康考虑。

此外，在地球和火星之间建立一个快速运输系统，将加速地球和火星之间基础设施的建立。这可能包括在火星轨道上建立一个类似 Gateway 的空间站，就像洛克希德·马丁公司提议的火星大本营，以及一个激光阵列来减速进入的航天器。这些设施的存在也将加速在火星表面建立永久性人类存在的计划。正如希金斯教授所总结的：“Duplay 领导的火星 45 天飞行设计研究的动机，是探索非利普·卢宾小组正在开发的相控阵激光技术的其他应用。通过激光向太空深处输送能量的能力将是一项颠覆性的推进和动力技术。我们研究考察了激光热能方法，这看起来令人鼓舞，但激光技术本身才是真正的游戏规则改变者。” (航柯)

局评估，并作为加州大学洛杉矶分校实验宇宙学小组和麻省理工学院之间合作研究的一部分。

在这种应用中，激光被用来向航天器上的光伏阵列提供电力，这些电力被转换为霍尔效应推进器 (离子发动机) 的动力。这个想法类似于核电推进 (NEP) 系统，其中激光阵列取代了核反应堆的位置。正如 Duplay 所解释的，他们的概念是相关的，但又是不同的。

Duplay 指出，“作为单一光学元件的光纤激光器射线，当激光束到达航天器进入加热室时可应用于聚焦的充气式空间结构，以及开发高温材料，使航天器在到达时能抵御火星大气层的冲击。”

鉴于火星上没有激光阵列，一旦航天器到达火星就会减速，这最后一个因素是至关重要的。“充气反射器是其他定向能架构的一个关键：被设计成高度反射，它可以维持比光伏板更大的单位

# 实现纳米结构材料负折射 研究人员向创建光子电路迈出重要一步

一种新创建的纳米结构材料具有以前理论上可能的特性：它可以向后折射光，而不管光照射材料的角度如何。

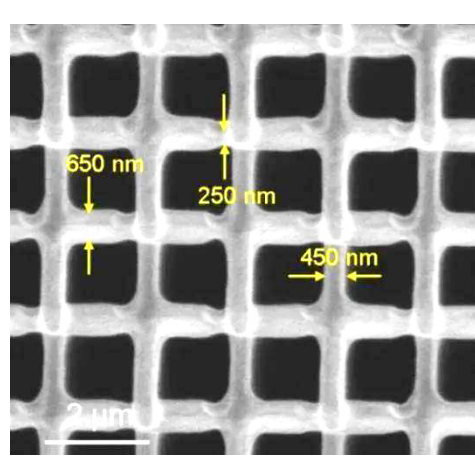
这种特性被称为负折射，这意味着折射率——光可以穿过给定材料的速度——在所有角度的电磁光谱的一部分中都是负的。

折射是材料的共同属性；想想一杯水中的吸管似乎移到一边的方式，或者眼镜中的镜片聚焦光线的方式。但负折射不仅仅涉及将光线向一侧移动几度。相反，光线以其进入材料的角度完全相反的角度发送。这在自然界中尚未观察到，但从上世纪 60 年代开始，理论上被认为发生在所谓的人工周期性材料中，即构成具有特定结构模式的材料。直到现在，制造工艺才赶上理论，使负折射成为现实。

负折射对纳米光子学的未来至关重要，纳米光子学旨在理解和操纵光在尽可能小尺度上与材料或固体结构相互作用时的行为。

这种新材料通过结合纳米和微米尺度的组织以及通过时间和劳动密集型工艺添加薄金属镀膜涂层来实现其不同寻常的特性。这种材料的结构设计和组织在纳米尺度上，因此表现出不寻常的、经常令人惊讶的特性——例如，被压缩后可以像海绵一样弹回原始形状的超轻陶瓷。

在电子显微镜下，这种新材料的结构类似于空心立方体的格子。每个立方体是如此之小，以至于构成立方体结构的梁的宽度比人类头发的宽度小 100



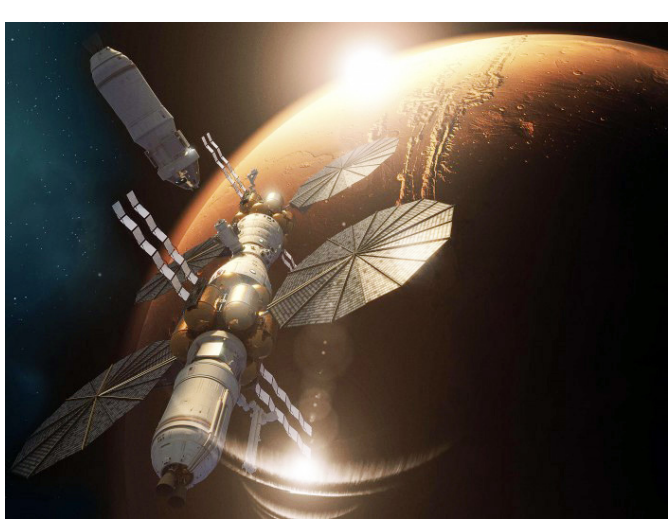
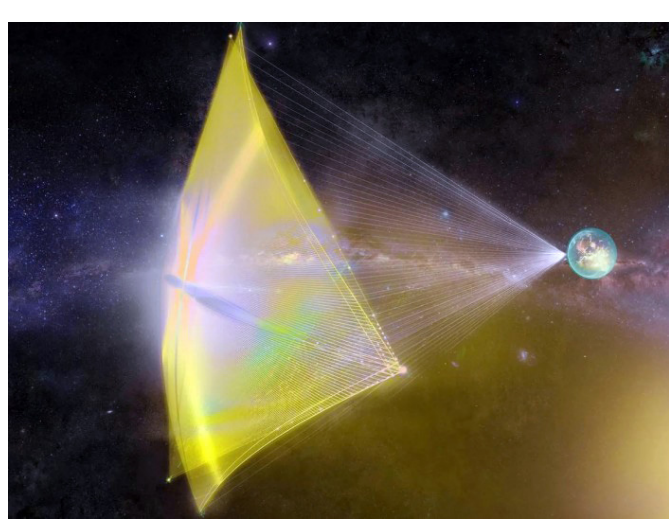
纳米晶格的扫描电子显微镜 (SEM) 图像。

倍。晶格是使用聚合物材料构建的，这种材料在 3D 打印中相对容易使用，然后涂上金属层。

结构和涂层的结合赋予了晶格这种不同寻常的特性。研究团队通过艰苦的计算机建模过程，将立方体晶格结构和材料作为正确的组合。

为了使聚合物以这种规模均匀地涂上金属，研究团队需要开发一种全新的方法。最后，研究人员使用溅射技术，用高能离子轰击铜圆盘，将铜原子从圆盘上喷射到聚合物晶格表面。要获得均匀的涂层并不容易，优化这个过程需要很长时间和很多努力。

在 1965 年的观察中，相关人员预测，集成电路每两年就会变得复杂两倍，成本降低一半。然而，由于当前硅半导体允许的功耗和晶体管密度的基本限制，摩尔定律预测的缩放应该很快就会结束。我们正在达到遵循摩尔定律的能力的尽头；使电子晶体管尽可能小。该工作是向启用 3D 光子电路所需的光学特性迈出的一步展示。因为光的移动速度比电子快得多，所以理论上 3D 光子电路会比传统电路快得多。” (辛文)



近年来，定向能 (DE) 推进一直是相当主流的研究主题。这方面的例子包括星光计划——也被称为星际探索定向能推进 (DEEP-IN) 和定向能星际研究 (DEIS) 计划，由菲利普·卢宾教授和加州大学洛杉矶分校实验宇宙学小组 (ECG) 开发。作为 2009 年开始的美国航空航天局资助的研究的一部分，这些计划旨在为星际任务探索大规模定向能应用。