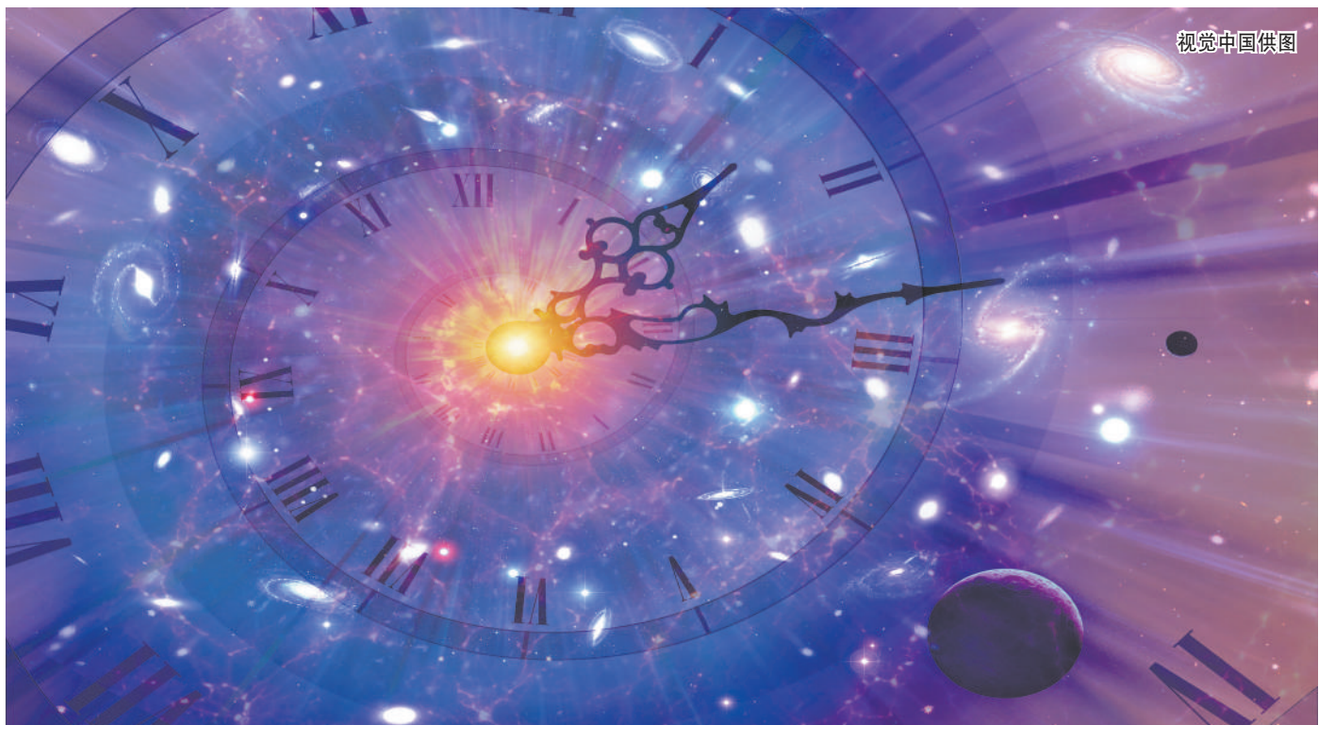
相对论要求“任何质点的速率都小于光速”，这里的速率特指对质点做当时当地测量所得的速率，即定域速率。只要与这个速度定义不等价，超光速未必违背相对论。

李理
中国科学院理论物理研究所副研究员


视觉中国供图

真实世界中发现曲速泡？别急，超光速旅行为时尚早

◎本报记者 唐 芳

科幻作品中的主人公经常借助一种被称为曲速引擎的工具进行超光速星际旅行。在《星际迷航》的虚拟宇宙中，曲速引擎就是一种超光速的推进装置。受此启发，从广义相对论出发，物理学家米圭·阿库别瑞于1994年提出科学意义上的曲速引擎概念。

日前，国际知名期刊《欧洲物理杂志C辑》报道称，美国国防高级研究计划局（DARPA）物理学家哈罗德·怀特率领团队在真实世界中发现了一个曲速泡。有人认为，怀特的纳米级曲速泡有望为制造曲速引擎打开一扇门，引领人类进入超光速时代。

对此，中国科学院理论物理研究所副研究员李理2月中旬对科技日报记者表示，怀特团队做了一些数值模拟，预言在某种特定的微结构下可以给出负的能量密度分布，这有些类似于维持阿库别瑞时空结构（曲速泡）所需要的负能量。但是其能否跟曲速泡或曲速引擎联系起来，还有待研究。

负能量对超光速移动不可或缺

理论物理学家加来道雄在《不可思议的物理》中指出，根据广义相对论，超光速移动有两种途径：延伸空间和卷曲空间。前者的最佳例子是曲速引擎，后者的例子则是虫洞。

李理介绍，曲速引擎技术是在宇宙飞船外围创造出一种正常时空的人工气泡，被称为曲速泡。曲速泡附近的时空扭曲得非常厉害，飞船前方的空间被压缩，而后面的空间被拉长，这样飞船就会被曲速泡带着走。在离飞船非常远的人看来，飞船的速度可以超过光速，而飞船里的船员会认为自己是静止不动的。“整个泡泡移动时带着太空船前进，某种意义上类似于小船在河里被水流带着漂流。”他比喻道。

阿库别瑞1994年提出的使时空扭曲的具体设想，可达到能以任意“速度”飞行的效果，但是这一时空结构（指曲速泡）需要具有负能量的奇异物质来维持。

“通常，物理学家们首先采用正能量来推进一艘宇宙飞船，其移动速度永远慢于光速。为了超越光速，必须更换燃料。”加来道雄在书中写道，对于超光速而言，负能量不可替代，而且也许负能量确实存在。对此，李理解释说，将宇宙飞船以超光速推进必然要找到具有负能量的物质，科学家们在自然界中寻找负物质的努力迄今为止尚无结果，其也尚未被证明存在，这和虫洞遇到的情况一样。

李理表示，目前人们已知和负能量最接近的能量是通过所谓的卡西米尔效应产生的，该效应指两块靠近的金属板之间存在吸引力。而这实际上是量子效应造成的金属板之间区域的能量密度低于金属板外面。通常认为金属板外面区域的能量密度为零，所以金属板之间区域就具有负的能量密度。李理表示，这也是怀特团队所报道的负能量密度的来源。

曲速泡的超光速移动并不违背相对论

光速是一个极限速度，任何物体的运动速度都无法超过光速。这个狭义相对论中的观念已经深入人心。如果物体运动接近光速，将会带来显著的尺缩效应、钟慢效应以及质增效应。

那么，曲速泡的超光速移动违背相对论吗？

李理强调，这里的“超光速”只是一种表观的超光速，并不违背相对论。他解释道，相对论要求“任何质点的速率（速度的大小）都小于光速”，这里的速率特指对质点做当时当地测量所得的速率（定域速率）。只要与这个速度定义不等价，超光速未必违背相对论。

“相对论虽然对物体的运动速度给出了限制，但是对空间自身的膨胀速度没有任何限制。”李理举例，当前宇宙在加速膨胀，两个星系相互远离的速率随着距离的增加而增加，对于距离足够远的星系退行速率将大于光速，但是这并非因为星系（团）本身的运动，而是因为空间本身在膨胀，此时的“超光速”不违背相对论。

在他看来，曲速引擎的“超光速”移动也可以归结为空间膨胀。“飞船在曲速泡中本身相对泡泡并不移动，这样就避免了相对论中提出的质增效应和时间膨胀效应（钟慢效应），与此同时，曲速泡附近的时空扭曲得非常厉害，带动整个曲速泡和泡泡内的飞船前进。”李理说。

超光速旅行理论上不可行

1905年，爱因斯坦发表了《论运动物体的动力学》，建立了狭义相对论。狭义相对论基于两条基本原理：光速不变原理和狭义相对性原理。更重要的是，爱因斯坦将时间和空间统一为一个整体“时空”。

李理介绍，在狭义相对论中，两个事件从一个参考系来看是同时的，而从另一个相对运动的参考系来看就不再是同时的事件了。“正是这种对牛顿绝对时空观的破坏导致了许多看似反常的现象，最典型的三个效应就是尺缩效应、钟慢效应以及质增效应。”他指出。

最核心的一点就是“同时”的相对性。比如测量尺子长度，需要同时测量尺子的两端坐标，根据两者之差得出尺子长度。对于静止的尺子来说这很容易做到，但是在尺子运动的情况下就变得复杂。由于同时是相对的，运动参考系中的同时测量跟静止系不同。这种尺缩效应不是弹性之类的物理机制在起作用，而完全是一种运动学效应。物理的尺子只有一把，但是不同惯性系有不同的“同时面”，导致测到不同的长度。同样的运动学效应还有钟慢效应，即对于运动的物体，其变化用静止观者的时钟去测量会变慢。尺缩效应中没有任何东西真正收缩，钟慢效应中也没有任何钟的走时率真正变小。

更具体地说，尺缩和钟慢效应都来自于狭义相对论中要求物理定律的形式在洛伦兹变化下不变（洛伦兹协变性），质增效应也是这种情况下一个直接的结果。

李理表示，在运动物体的速度接近于光速的极端情况下，尺缩比例会变得无穷大，时钟会变得像停住了一样，此外物体的质量（能量）在接近光速时也趋于发散。这意味着需要无穷大的能量才能使物体的速度达到光速，从中可以看到光速是一个极限速度，任何物体运动都无法超越光速。在速度远远小于光速时，相对论效应就无法体现，牛顿力学可以作为狭义相对论在低速情况下一个好的近似。

“狭义相对论中的这些效应已经得到了大量实验的验证，甚至在我们日常生活经常使用的卫星导航系统也必须考虑钟慢效应的影响。”李理补充道，狭义相对论跟量子力学结合产生的量子场论在描述亚原子粒子方面取得了巨大成功，建立了统一描述电磁力、强力和弱力三种基本相互作用的粒子物理学标准模型。令人惊叹的是，相对论在化学中也非常重要，重元素原子内层电子平均速度可以高达光速的三分之二，从而必须考虑相对论效应，这就导致了日常见到的金子闪亮亮的金黄色和水银的低熔点。

作为假想的超光速理论暂无存在证据

不论是广义相对论还是量子场论，都不允许定域速率超过光速。如果观测发现定域速率超过光速的情况，将会对基础物理学产生重大挑战。

2011年意大利格兰萨索国家实验室下属奥佩拉（OPERA）实验小组的研究人员在实验时发现了“中微子超光速”现象，造成了巨大的轰动，然而最终发现这是由于实验装置存在问题导致的错误结果。

人们也基于各种动机提出了一些超光速的理论。快子（tachyon）就是一种理论上假想的超光速粒子，它总是以超光速运动。理论上也可能存在由快子组成的宇宙，但人们还从未发现快子存在的直接或间接证据。此外，还有一些修改的引力理论也存在超光速传播现象，如有些具有高阶导数修正的引力理论和双度规理论。

“客观来说，这些理论或多或少都存在一些问题，目前也没有发现任何可信的超光速的实验迹象。但是，科学的发展告诉我们，保持开放的思想十分必要。”李理表示。

冰墩墩可爱得“直击心灵”，心理学家早有预料

北京2022年冬季奥运会已经落下帷幕，但“顶流”冰墩墩热度不减。不过，为什么冰墩墩能可爱得如此“直击心灵”呢？

冰墩墩看起来“憨态可掬”：拥有大眼睛、短手短腿和不成比例的大脑袋——这些婴儿般的特征，让它显得天真可爱、讨人喜欢。

婴儿图式

20世纪，诺贝尔奖得主康拉德·洛伦茨和尼科·廷贝亨描述出了人们认为可爱的特征，即婴儿图式：圆眼睛、胖脸颊、高眉骨、小下巴，以及大头小身的比例。这些特征对于人类演化而言至关重要，因为它们能帮助大脑识别出弱小的婴儿，并对其给予关注和照看，以帮助他们存活。

从外表上看，许多“萌物”都是一副弱不禁风的形象，但是可爱这种特征可是很强大的。2016年，牛津大学的莫滕·L.克林格巴赫等发表了一篇关于可爱的综述。文章中说可爱是“能够塑造人类行为的最基础、最强大的力量之一”。

实际上，对于可爱的判断对人类而言可能十分必要。克林格巴赫的研究团队做了一个实验，他们展示了婴儿和成人的面庞，并检验被试看到这些图像时脑部的活动。他们发现，大脑在看到“萌物”后的不到七分之一秒内就做出了反应。他的研究团队总结认为，可爱是解锁大脑快速注意力资源的第一把钥匙，在那之后，有关同情与共感能力的大脑网络才会发挥作用。

大脑的“万能钥匙”

如果可爱是如此重要的一把钥匙，那么锁匠能否伪造出一把万能钥匙？几十年前，洛伦茨和廷贝亨就引入了超常刺激的概念，即比自然刺激更加突出或强烈的刺激。在一次经典实验中，廷贝亨发现，如果把真实的鹅蛋与白色的排球放在一起，鹅类更倾向于将排球滚回自己的巢穴。在这些鹅类眼中，更大、更圆的白色排球显然比真实的鹅蛋更有吸引力。在这里，排球就是一种超常刺激。

与之类似，冰墩墩的婴儿特征可能比真实的婴儿更加突出，这令其成为一种超常刺激：太可爱，可爱得令人难以抗拒，同时又不像真实的婴儿那么难伺候。这种可爱并不会让我们想要真的去养育一只冰墩墩或大熊猫，但我们的大脑仍然被这类可爱形象的超大眼睛和二头身所“劫持”。就好像我们当初演化出感知食物中的糖的能力只是为了更好地获取能量，但如今这种能力却让我们爱上了甜食。

可爱的卡通形象与高糖分食品等超常刺激一样，会刺激到我们大脑的伏隔核，这一神经结构在大脑奖赏回路中非常关键。伏隔核中的神经元可以释放“快乐之源”——多巴胺。研究表明，超常刺激会激活伏隔核，令大脑的全部注意力都集中在奖赏响应上。一组国际研究者团队对这一现象进行了研究，他们人工处理了一些婴儿照片，使照片里的婴儿比正常婴儿“更可爱”或“更不可爱”，从而筛选出人们认为是超常刺激的面部特征。研究者向女性被试展示了真实图片和处理后的图片，并利用功能性磁共振成像对其脑部进行扫描。正如研究人员设想的一样，可爱程度的提高或降低对伏隔核的代谢活动有着显著影响，这表明这一大脑区域能够响应超常刺激，并激发对婴儿的利他和养育行为。

糖分等其他超常刺激激活大脑奖赏回路的过程也与之类似。一项研究显示，实验室大鼠脑伏隔核区域的多巴胺活动与其所摄取的糖水量有关。与之类似，有美国俄勒冈州的研究者也认为，肥胖的青少年女性在享用巧克力奶昔时，其与伏隔核相邻的脑部区域，同样与奖赏机制有关的尾状核也展示出超常的脑部活动。看来，各类奖赏刺激似乎都拥有率先打开大脑注意力系统的特权。

“肤浅的爱”

关于可爱的科学既有符合直觉之处，又有令人费解的部分。200年前，可爱可能只是刚出现的语言学概念。如今，它已成为快速得到我们的注意力、爱与关怀等关键神经资源的捷径。

我们对冰墩墩的热爱或许反而揭示了人类情感的“肤浅”：为什么爱是由如此浅层的外表特征激发的，而不是由更深层次的判断标准而产生的？克林格巴赫和同事希望更多地了解大脑的这些“算法”。不管怎样，随着人们对可爱的文化意识不断加深，大眼睛或圆脸庞或许将会更加深入人心。

（乔尔·弗洛利希撰文，张雪翻译，据《环球科学》）

新知

神经元“修复剂”或可“兼职”治疗不孕症

◎本报记者 张佳星

2月17日，《自然·通讯》发表我国学者清华大学药学院鲁白教授团队的研究，该研究发现一种神经系统的损伤治疗药物能够促进卵泡发育，恢复模型动物的生育能力。

鲁白团队一直致力于寻找潜在的治疗神经损伤的药物。他们从脑源性神经营养因子入手，希望通过一种特定靶点（TrkB）调控神经元生长、发育、分化，保护神经元，促进神经损伤修复。团队开发了有成药潜力的TrkB激活型抗体，并验证其有望成为治疗包括脑卒中、渐冻症、阿尔茨海默病（AD）等多种神经系统的重大疾病的抗体药，并在近期内进入临床开发。

团队在进行神经系统疾病研究的过程中意外地发现，这一能够激活特定靶点的抗体药物，同时还能够促进非神经系统的卵母细胞成熟和卵泡发育。

卵母细胞成熟和卵泡发育的问题一直困扰着女性不孕症患者。据估计，全世界8%—12%的育龄夫妇患有不孕症，卵巢早衰是其中的一种，发病率高，尚无防治手段。

那么这一药物能不能对症呢？资料显示有希望。

此前的临床数据揭示卵巢早衰的病人血浆中出现了脑源性神经营养因子含量显著下降的情况，而且也有论文研究表明脑源性神经营养因子的基因变异会增加卵巢早衰的致病风险。两者大概率存在因果联系。

为了验证神经元“修复剂”究竟能不能恢复生育，团队开始在动物模型上做实验。论文第一作者、清华大学博士研究生秦训思介绍，由于之前从事过生殖发育方面的研究，团队的验证试验进展顺利。通过尾静脉注射新的抗体药，研究人员发现它可以通过雌性小鼠的血—卵泡屏障，渗透到卵泡腔中的卵母细胞和颗粒细胞，并激活靶点。实验还证明新药能促进正常小鼠体外卵母细胞成熟和体内卵泡发育。

研究人员采用了两种卵巢早衰疾病模型来检测药效。一种是自然衰老模型——老龄小鼠（12—13个月龄），该小鼠模型卵巢功能急剧减退，几乎丧失了生育能力；另一种是化疗药物环磷酰胺诱导模型，环磷酰胺会诱导生殖毒性引起卵巢损伤，极大影响小鼠生育能力。

研究显示，在两种卵巢早衰动物模型中，新抗体药物的治疗，都能够有效维持并促进卵泡发育，恢复激素稳态水平，抑制卵巢细胞的凋亡。两种模型小鼠卵母细胞的数量和质量都得到提高，最终提高了生育能力。安全性实验证明，该抗体药物治疗不影响小鼠子代和孙代（两代）的健康状况和认知能力。

最后，为了探究药物对卵巢早衰病人的治疗应用，研究人员利用单细胞测序技术分析女性卵母细胞和颗粒细胞中靶点TrkB的基因表达，发现人类转录图谱和雌性小鼠非常接近，同时证明新抗体药物能够激活人的相关靶点，在卵巢早衰患者中具有潜在的治疗作用。

条件致病菌指数可评估环境微生态风险

科技日报讯 （记者**王健高** 通讯员**刘佳**）2月21日，记者从中国科学院青岛生物能源与过程研究所（以下简称中科院青岛能源所）获悉，该所单细胞中心与青岛大学利用其研究开发的生物信息工具条件致病菌指数（MIP），从人体条件致病菌的角度出发考察微生物组多样性和致病性，并从微生物组大数据层面揭示了条件致病菌在室内环境的分布情况，为理解条件致病菌的潜在风险和传播途径提供了新方法。相关工作成果发表于《遗传学报》。该工作由青岛大学苏晓泉团队和中科院青岛能源所单细胞中心团队合作完成。

评估环境中条件致病菌的潜在风险程度并理解其传播途径是维护公共健康的重要环节之一。以往的研究中，虽然已经发现了针对特定疾病的微生物标记，并建立了基于微生物组的诊断方法，但对于复杂微生物组群落致病性的全面综合量化，如致病菌的总体含量、致病菌类型、疾病类型等，目前仍然缺乏高效的生物信息分析手段。同时，微生物组研究通常以整体菌群为考察对象，往往会掩盖菌群中具有特殊功能的子类群（如条件致病菌）所行使的独特功能，因此亟待开发和完善相关的生物信息方法。

针对上述瓶颈，中科院青岛能源所单细胞中心孙政博士和刘旭东硕士为核心骨干的研究小组，开发了名为MIP的生物信息工具，包含一个由人工收集、整理和维护的“致病菌—疾病”关系网络，以及由167641条全长16S rRNA 基因组成的参考序列数据库（其中18389条来自条件致病菌）。通过检测菌群中的条件致病菌，MIP能够评估菌群的总体风险程度，并推断出由条件致病菌所引起的疾病和人体易感器官等信息。

科研人员利用MIP工具，对一家医院新院区启用前后的环境菌群致病性进行了评估和对比，揭示了室内条件致病菌以环境为中介的“人—环境—人”传播链路。尽管医护人员与住院患者之间身体和环境菌群结构有着明显的差异，但却有着极为相似的致病菌构成和疾病风险，这是使用常规菌群多样性分析难以发现的。此外，利用MIP工具对单细胞中心前期开发的微生物组搜索引擎中收录的超过26万个人体和环境样本分析得出，室内环境和食物中存在较高的条件致病菌风险，而自然环境中的条件致病菌水平极低，另外昆虫等非哺乳动物表现出比哺乳动物更高的致病菌携带风险，上述结果为理解全球范围内致病菌的组成和分布提供了启示。