

划时代科技变革与颠覆式创新往往超越人类认知

从未来不可知到量子不可测，突破极限有多难？

大爆炸之前的宇宙是什么样的？我们的大脑是如何工作的？我们能预知未来吗？经过数千年的文明发展,人类对宇宙和世间万物的理解已达到了惊人的高度,但仍有许多问题超出了我们目前所能理解的极限。

未知世界中,有些是人类可以逐步探索明白的,有些可能是我们永远无法知道的,还有一些甚至无法想象。那么,人类探索未知的极限究竟在哪里？想要突破极限,就得先认识它。划时代的科技变革和颠覆式创新往往就来自对认知极限的突破。

■方陵生/编译

探知真相之极限  
不断打破无法测量的“禁区”

对于无法测量的东西,我们无法得知其真实性质。例如,无法测量真实的量子世界,就阻碍了我们对它的理解,但这并不妨碍科学家对它进行思考和探索

大多数人认为,即使我们不去看,现实仍然存在。这个想法似乎没错,却是个需要证明的棘手命题——当某种东西似乎应该存在,但却永远无法观察到它时,我们如何才能获知真相？

自然法则导致了一些禁区的形成,那些地方靠人类智慧无法涉足。例如,没有什么比光速更快,因此能够抵达望远镜的最远距离的光,决定了我们所能观测到的宇宙的边界,这也意味着我们永远观测不到那个边界之外的世界。又如,根据广义相对论,黑洞内的任何东西都无法逃逸,那么黑洞内部也就成了人类无法测量的又一禁区。

量子力学的定律与牛顿运动定律不同,它无法给出明确的预测结果。根据量子测不准原理,即使使用相同的装置对量子的某些特性进行测量,我们也不可能知道今天测得的结果会不会与明天的相同。

传统量子理论对此的解释是,量子世界中,粒子的状态存在于许多个可能性组成的一团“迷雾”中,可由一种被称为“波函数”的数学方程来描述——量子粒子只有在被测量时才会坍塌成单一的确切状态。

然而,并非所有人都认同这一点。英国牛津大学物理学家弗拉特科·韦德拉尔认为,将遵循量子理论的某种粒子与遵循经典物理学规律的观测者和仪器测量结果对立起来是错误的,“应该把现实看作一个整体,一个巨大的波函数”。

如果接受这种说法,那将使人类对量子物理学产生新的认识。因为,这意味着对一件物体的测量,还会对其他物体产生影响,测量仪器和被观测物总在发生交互关系——也就是说,我们眼中的现实是观测者和被观测物体的共同产物。

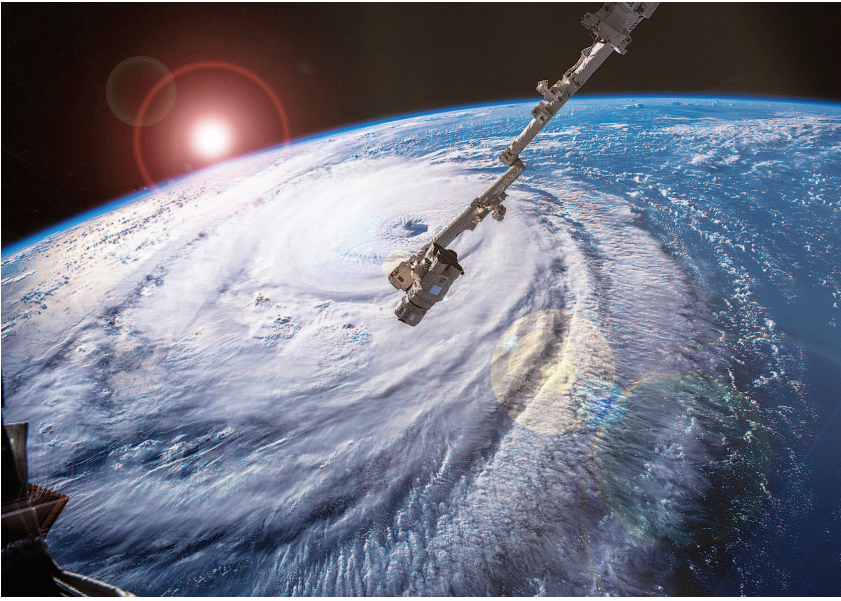
法国艾克斯-马赛大学的卡罗·罗韦利认为,一切存在都与其他事物相关,包括你自己。当你测量一个粒子时,它就在那里,但它并不是一直以那样的状态存在。

也许我们永远都无法证明哪种解释是正确的,也许我们终有一天会找到一种方法,在波函数不坍塌的情况下看透“量子雾”。那么,这就可能会诞生一个更深层次的量子理论,使这部分本来无法测量的世界“可感可知”。韦德拉尔说:“这可能会是一个更加怪异的世界。”

预测未来之极限  
AI可否征服复杂性混沌

从天气预报到蛋白质结构,有些事情虽然在理论上可以预测,但因太复杂而无实际可能。人工智能(AI)正在改变复杂性带来的认知极限,帮助人类突破这些局限

尽管大家都知道“未来不可知”,但人们总会对未来将会发生什么怀有强烈的好奇。人类对科学的追求,在很大程度上就是对预测未来的确定性的追求。因为一旦拥有大量类似牛顿运动定律这样的规则,就能让未来像过去那样确定。然而,万事万物总会有很多“意料之



从太空中拍摄到的飓风。

外”,这是因为理论上的“可预测”与实际中的“可测量”之间存在着差距。无论是技术局限,还是自然界令人难以置信的复杂性,都意味着有些事情实际上是不可预知的。

更何况,人类想要探究的事物,经常由许多相互影响作用的对象组成,其复杂性大到难以想象。例如,我们可以精确预测足球的飞行路径,但无法对粒子做同样的预测,因为飞行中的很多粒子都在相互施加影响,现有计算能力无法同时模拟出所有这些相互作用——超过10个粒子,就做不到了。

复杂性存在于许多科学领域。以生命科学中的蛋白质为例,它是一长串氨基酸分子折叠成复杂形状,在生命体内完成各种任务。

了解蛋白质的精确结构可为新药设计提供帮助。单就理论而言,我们即使已知道是什么决定了每种蛋白质的功能和折叠形状,但由于每种蛋白质有太多原子在相互作用,人们无法将其完美计算出来。这是个令人沮丧的认知极限。

混沌现象也是导致复杂性的一个重要因素,它指的是发生在确定性系统中貌似随机的不可预测的不规则运动。一些系统行为对初始条件的微小差异非常敏感,天气就是一个典型例子。某天气温或湿度的微小变化,可能导致第二天不可预测的风暴。再如,月球绕地球公转周期大约是27天,但每个月变化的最大误差可达15小时,这是由于月球受地球和太阳的引力变化所致。

混沌现象让事物更加复杂,从而限制了我们对于事物的认知。世间万物,从天气预报到金融市场再到疾病传播模式,都会受到混沌现象的影响,但我们可以利用一些技巧来更好地理解它们。英国牛津大学物理学家蒂姆·帕尔默说,一个实用的策略是“集成模拟”。比如,天气预报经常会附带一个降雨概率,通过这种策略得出的预报结果,让人们可以相对自信地判断出门是否应该带伞。

如今,AI已彻底改变了人们对蛋白质结构的计算能力。在接受数千种已知蛋白质结构的训练后,AI模型可利用这些知识来预测新的蛋白质结构。这又是一个瞬间突破人类知识极限的新途径。

数学可靠性之极限  
“不证自明”的基础并不完美

数学是人类描述宇宙的最佳工具,很多自然规律都是用数学语言写成的。但它也可能出错,因为数学本身的可靠性取决于它所建立的公理,而我们必须首先假设这些公理是正确的

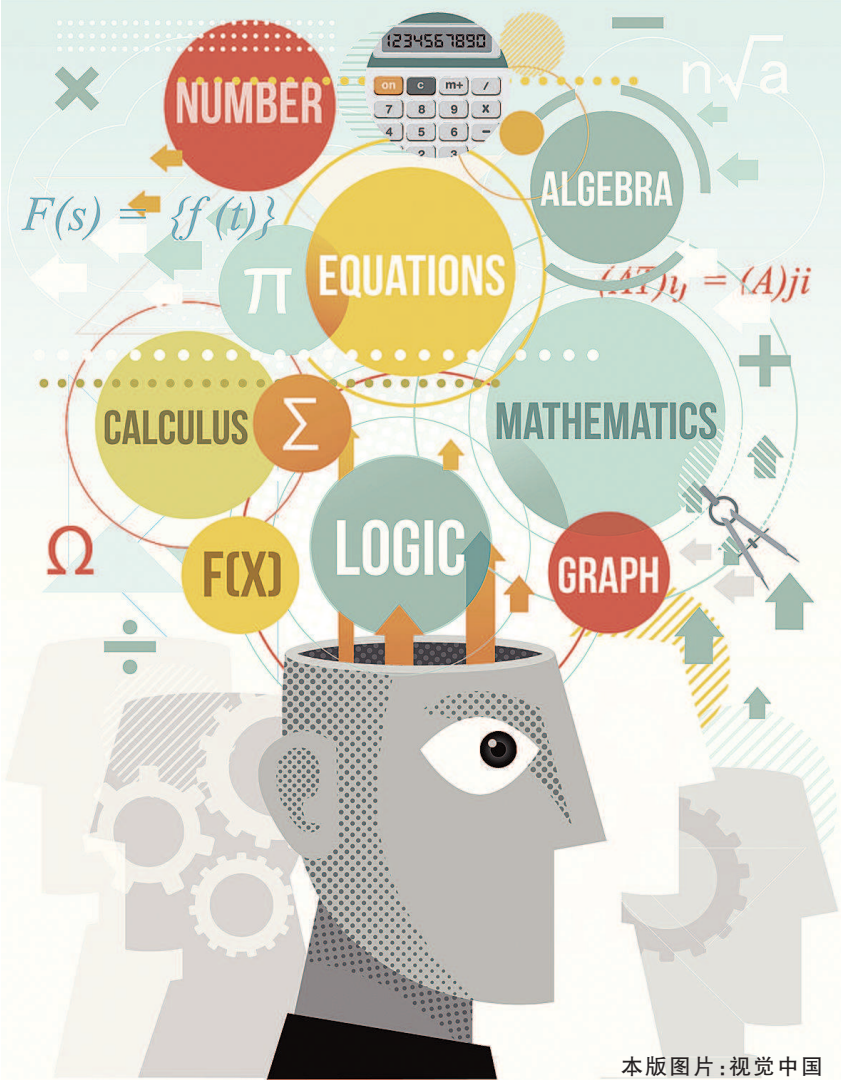
数学是人类有史以来被认为最值得

信赖的学科,它是科学严谨性的基础,也是其他许多知识的基石。这也许没错,但美国加州大学欧文分校的数学哲学家佩内洛普·马迪指出,数学的可信度其实有一定局限。

“数学是建立在无法证明的公理之上的。”奥地利维也纳大学数学家维拉·费希尔说,科学家观察自然现象、总结规律,再得出普遍适用的数学公理。例如,假设“两点之间有且只有一条直线”是普遍正确的,这就构成了欧几里德几何的规则之一。又如,假设“1+2”等于“2+1”,这确立了算术运算的基础。

这些公理可以不证自明,但数学比算术要更深奥得多。数学家的目标是揭示数字的属性、彼此之间的关系,并通过数学来建立现实世界的模型等。这些更复杂的任务仍要通过建立在公理基础上的定理和证明来解决,但相关的公理可能会有所变化。例如,两点之间的直线在曲面上与在平面上具有不同的性质,这意味着在不同的几何体系中,基本公理必然是不同的。

数学可靠性的黄金标准是集合论。作为数学中最原始的概念之一,集合通常指按照某种特征或规律结合起来的事



物的总体及其相邻事物的性质。自20世纪初开始,数学家们就建立了数学界通用的ZFC公理集合论系统。

ZFC公理集合论系统使数学家能够创造出无穷无尽的有趣结果,甚至开发出精确的数学方法来衡量我们对ZFC衍生理论的信任度。数学家可能会为许多科学知识的建立提供基础,但他们不能保证它永远不会变化或改变。

美籍奥地利数学家、逻辑学家和哲学家库尔特·哥德尔在20世纪30年代提出了“哥德尔不完备定理”,让数学家们充分意识到追求完美是一种徒劳。英国东安格利亚大学的戴维·阿斯佩罗说:“数学家们已经学会接受这一现实。”

事实上,数学的不完美在某种程度上反而让数学变得更有趣。变得更完美的可能性正是数学学科的魅力之一。

感知世界之极限  
“子非鱼安知鱼之乐”

我们永远无法完全感知别人的痛苦,也无法用语言来表达对色彩和爱的体验,更不用说了解其他动物的体验。这意味着,我们可能永远不知道是否创造出了有感知的人工智能

想象一下,一个女子从出生起就在一个黑白灰相间的房间里长大,她看到的一切都是单色的。也许她一生都在研究色彩科学,可她却从未见过黑白色之外的任何其他颜色。而当她第一次离开房间,看到五彩缤纷的现实世界时,她学到了怎样的关于颜色的新知识……

这个思想实验是澳大利亚哲学家弗兰克·杰克逊于1982年提出的。实验表明,有些类型的知识是无法通过阅读、测量或推导获得,必须通过直接经验来学习。

分享他人主观经验的不可能性理论对医学界的影响极大。比如,当一个人产生幻觉时,其他人很难知道他的心理状态。同样,我们很难体会一个病人有多痛苦,医生只能依靠他们的描述,却无

法知道某个人的“疼痛”和另一个人的“痛苦”是否一样。

英国牛津大学哲学家斯蒂芬·劳认为,人的内心世界是一个私密的领域,隐藏在某种超级屏障之后。这与头骨等物理屏障是截然不同的,即使我们可以进入人的物理大脑,也无法进入心理世界。

这种认知极限导致我们永远无法知道,我们对世界的感知是否与其他人一样。许多实验证据表明,对于某种特定色彩、声音和气味,每个人的体验和感受是不一样的。这不仅仅因为感知器官物理形态上的些微差异,还可能是因为每个人的大脑细胞对外来信息的处理方式是不同的。

英国苏塞克斯大学神经科学家阿尼尔·赛斯和他的同事们通过“感知普查”调查人类感官体验的多样性。这是一项关于人们如何体验游戏、幻觉和其他视觉听觉刺激的在线调查。调查表明,我们很难真正了解其他人的内心世界,更难了解与我们完全不同感官输入的其他物种的感知,比如蝙蝠用“回声定位”感知到的世界。

这意味着无论我们如何通过科学、方程、理论和实验测量来理解现实,总有一个完全属于个体的私密领域,那也是一个不可知的极限领域。而且,这还将导致一个严重问题:我们如何知道,我们是否创造了一个有感知能力,甚至产生了意识、拥有了情感的AI呢？

描述世界之极限  
高于人脑理解度的逻辑存在吗

逻辑是知识的基础,我们用逻辑将事实构建成思想体系,但悖论迫使我们质疑已知的东西。但如果逻辑本身有缺陷呢？

一个满头乌发的人,被一根一根拔掉头发,最终会变成秃子。但在此过程中,需要拔掉多少根头发才算秃了呢？这很难说。

这是哲学家们喜欢的思想实验,也是古希腊哲学家欧布里德提出的“沙堆悖论”的另一个版本。它经常被用来证明,经典逻辑不足以描述周围的世界。

逻辑贯穿于人类知识之中,悖论往往从看似正确的前提开始,运用看似有效的推理,最终得出错误或矛盾的结论。许多悖论迫使我们质疑我们自以为知道的东西。

有哲学家认为,逻辑这个概念本身需要重新认识。以拔毛过程为例,拔掉一半头发,仍然没秃,但却没有开始时那么“不秃”了。为此,计算机科学家洛特菲·扎德于1965年提出了“模糊逻辑”的概念。然而,这里有个更深层次的问题:我们能确定逻辑——即使是经过改革的逻辑——足以理解宇宙的全部内涵吗？

美国新墨西哥州圣塔菲研究所的大卫·沃尔珀特几十年来一直在思考这个问题。最近他提出这样一个观点:有可能存在某种更高层次的逻辑模式,可以用来理解宇宙,但那可能是人类大脑无法理解的。

沃尔珀特说,以“问题”这一简单词语为例,有些生物比如单细胞草履虫,根本无法想象“问题”是个什么概念。事实上,根据我们的智力标准,地球上所有其他物种在理解周围世界的方式上都有一定的局限,人类显然也会有局限。

“假如我们是草履虫,我们之上又是什么呢?”沃尔珀特认为,我们有可能通过某种方式获得一种更高层次的思维体系,也许它会是超越正常计算规则的超级图灵机,或是与我们分享智慧的外星生命形式,又或许是一种完全不同的东西。这种新的理解方式会是什么样的呢?“我无法想象。”沃尔珀特说,“而这就是关键所在。”

极限迷思

有比光速更快的引擎吗？

除了传统航天器的推进系统,也许还有一种可在太空中快速移动的方式:扭曲周围空间。我们可以将它想象成蛙泳,堆涌起身前的水,然后将水向后推。根据这一原理,我们能制造出在太空中快速移动的引擎吗？

任何有质量的东西都会在一定程度上扭曲时空。曲速引擎的吸引力在于,理论上它比光速更快。但如果比光速更快,其质量会大到足以形成黑洞。物理学家提出的解决办法是使用负物质,可以扭曲时空而不产生黑洞。有充分理由认为,负物质不可能存在,但自然法则也没有排除这种可能性。

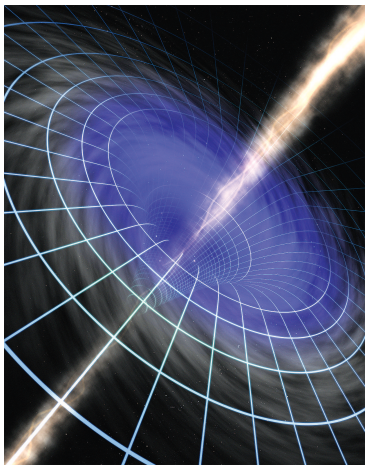
黑洞内部有什么？

如果你掉进黑洞,那肯定回不来了。不止是人,包括派去测量的仪器或其他任何东西,只要被这个空间吞噬,无一能够幸免。

越过黑洞视界,强大的引力会将所有物体都压缩成“意面”。尽管如此,某些东西还是有可能会从黑洞里渗漏出来。

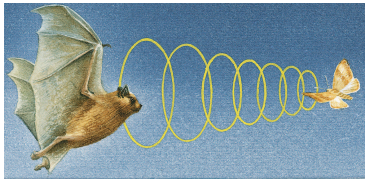
英国著名物理学家斯蒂芬·霍金发现,由于量子效应,黑洞会释放一种辐射,这被称为“霍金辐射”。这是一个极其缓慢的过程。如果黑洞完全蒸发,那么它在无数岁月中吸收的信息就会消失,但有一条非常重要的自然法则——“信息不会被摧毁”,这就是黑洞信息悖论。

科学家通过对黑洞拍照和建模,可从理论上探索黑洞里面有什么,同时通过了解事件视界边缘所发生的事情,一步步逼近破解黑洞之谜。很多人希望,这个过程能印证新的量子引力理论——一种超越量子力学和广义相对论的理论。



做一只蝙蝠是什么感觉？

20世纪70年代,哲学家托马斯·内格尔通过研究提出,基于我们对世界的物理感知来理解意识体验是不可能的。一些研究发现,人类对世界的体验和其他动物不同。例如,我们可以解剖蝙蝠,看清楚它的物理结构,甚至精确到原子,但却无法进入它隐秘的内心世界,获知它通过“回声定位”来“看”世界的感受。“比起章鱼,我们可能更能想象猴子的内心世界。但对于猴子的想法,我们可能还是弄错了。”英国苏塞克斯大学的阿尼尔·赛斯说。



无穷就是无穷大吗？

没那么简单。19世纪数学家乔治·康托尔证明了两种类型的无穷。“自然数”(1、2、3……)是可数的无穷,每两个自然数之间的连续实数(比如1.234566……)是不可数的无穷。

日常生活中,我们一般不会涉及无穷的问题,但“无穷”是一个重要概念。在物理方程中,尤其是在描述大爆炸和黑洞的方程中,它总会出现。

对这个棘手的概念,数学家有着更好的理解。康托尔提出连续统假设,即在两种类型的“无穷”之间可能存在另一种“无穷”。传统数学无法确定这种假设是否正确,但最新数学研究表明,最终还是有望找到这个问题的答案的。