

好的，导师就位。各位同学，让我们一起深入探索这篇关于物理学巨擘约翰·惠勒的精彩文章。我将逐段为大家剖析，从文字的表层深入其背后广阔的物理世界和深刻的科学思想。

【原文】

Physics

Mathematics

Biology

Computer Science

Topics

Archive

Home

John Wheeler Saw the Tear in Reality

23

Share

(opens a new tab)

essays

John Wheeler Saw the Tear in Reality

Until his dying days, the giant of 20th-century physics obsessed over the underpinnings of space and time, and how we can all share the same version of them.

23

Illustration of a man's face covered with shadows against a background of wormhole and black hole drawings.

Señor Salme for Quanta Magazine

ByAmanda Geffer

Contributing Writer

September 25, 2024

View PDF/Print Mode

fundamental physicsgeneral relativitygravityhistory of sciencephysicsquantum

physicsspace-timeThe Unraveling of Space-TimeAll topics

(opens a new tab)

When Johnny Wheeler was 4 years old, splashing in the bathtub in Youngstown, Ohio, he looked up at his mother and asked, “What happens when you get to the end of things?” The question would haunt him for the rest of his life. What happens when you get to the bottom

of space? What happens when you get to the edge of time? It would lead him to suggest that space-time can't be the true fabric of the universe. It would compel him, even in his final days, to search for some deeper reality beneath space-time and to wonder whether, somehow, that reality loops back to us.

John Archibald Wheeler was a physicist's physicist. He never won a Nobel Prize, never became a household name, but to those in the know, he was a legend. He broke ground in many areas of physics: particle, nuclear, gravitational, quantum. He studied under Niels Bohr, walked and talked with Albert Einstein. He was ambitious, to put it mildly, but it was never for personal gain. Wheeler wanted to solve the mysteries of the universe so that he could give answers back to his community. He had a motto: "Nobody can be anybody without somebodies around." He spread his insights widely, letting his students shine. Richard Feynman, Hugh Everett, Jacob Bekenstein, Kip Thorne — they, among others, became luminaries in his glow. When a Princeton University donor offered to dedicate a physics building in his honor, Wheeler declined, saying the building shouldn't be "focused on one person. Physics isn't done that way."

Throughout his career, which spanned much of the 20th century, Wheeler kept detailed journals — large, hardbound notebooks bursting with every insight, hunch, dead end and breakthrough. Those journals, now held at the American Philosophical Society in Philadelphia, reveal something remarkable: It was exactly Wheeler's desire to put community first that shaped his struggle to understand the origin of space-time.

【解读】

同学们好。我们眼前这段文字是一篇科学人物传记的开篇，它为我们描绘了一位名叫约翰·惠勒（John Wheeler）的物理学家非凡形象。文章的开场极具吸引力，没有罗列枯燥的生平，而是从一个孩子在浴缸里的天真提问开始：“当所有东西都走到尽头时，会发生什么？”

这个问题看似简单，却是物理学，乃至哲学的终极问题之一。它直接指向了宇宙的边界和本源。你们在高中的物理课上，学到的是一个相对确定的世界：牛顿力学告诉我们，空间是三维的、绝对的舞台，时间是均匀流逝的长河。这是一个可靠、有序的背景。后来，你们可能也听说过爱因斯坦的相对论，它将空间和时间统一为“时空”(space-time)，认为时空像一张可以被质量和能量弯曲的“织物”(fabric)。这就是引力的来源。

但惠勒的问题比这更进一步。他追问的是：这张“时空织物”本身是由什么构成的？如果我们将时空不断放大，放大到比原子、比夸克还小的尺度，我们会看到什么？是平滑连续的布料，还是像电脑屏幕一样，由一个个最基本的“像素”组成？文章标题中的“现实的裂痕”(Tear in Reality)，指的就是在极端条件下（例如黑洞的中心或宇宙大爆炸的奇点），我们所熟知的时

空概念会彻底失效，仿佛这张织物被撕裂了。惠勒穷尽一生，都在试图窥探这裂痕背后的“更深层的实在”(deeper reality)。

接下来，文章定义了惠勒的地位——“物理学家的物理学家”(a physicist's physicist)。这是一个极高的评价。这意味着他或许不像爱因斯坦或霍金那样家喻户晓，但在物理学界内部，他是公认的大师和传奇。这就好比一位“教练中的教练”，他的伟大不仅在于自己的成就，更在于他培养和启发了一代又一代顶尖的科学家。文中提到的理查德·费曼(Richard Feynman)，你们可能听说过他，是诺贝尔奖得主，量子电动力学的奠基人之一；基普·索恩(Kip Thorne)也是诺奖得主，是电影《星际穿越》的科学顾问，引力波探测的功臣。他们都曾是惠勒的学生。这足以证明惠勒的深远影响力。

更重要的是，文章强调了惠勒的品格：他将集体和社区置于个人荣誉之上。他的那句格言“没有人能独自成为大人物，身边必须有他人的支持”(Nobody can be anybody without somebodies around)，以及他拒绝以自己名字命名大楼的故事，都生动地体现了这一点。文章最后巧妙地将他的这种“集体主义”精神与他对时空起源的探索联系起来。这暗示着，在惠勒看来，或许我们对宇宙的理解，本身就与“我们”这个观测者集体密不可分。这为后续的讨论埋下了深刻的伏笔，也让我们不禁思考：科学的探索，究竟是孤独的发现之旅，还是一个需要共同参与构建的宏大工程？这不仅是对物理的探讨，也是对科学本质的思考。好的，各位同学，请坐好。今天我们要一起探索一位物理学巨匠脑海中的奇异宇宙。这位思想家就是约翰·惠勒(John Wheeler)，他的想法常常像科幻小说一样大胆，但又深深植根于我们已知的最前沿的物理学理论。现在，让我们静下心来，逐段阅读并剖析这篇关于他的文章，看看他是如何试图用一个最基本的概念——时空——来构建我们整个世界的。

【原文】

Wheeler's preoccupation with space-time began in the 1950s. General relativity — Einstein's theory that matter and energy warp space-time and that this warping is gravity — had fallen into the backwaters of physics, outshined by progress in quantum mechanics. But in 1952, Wheeler had an idea: What if what we call "matter" is really just space-time? After all, he thought, gravity is a kind of energy, but gravity acts on energy, which means gravity acts on itself. He imagined waves of gravity folding themselves into compact spheres that would look like elementary particles from the outside, while on the inside they'd be made of nothing but empty space, "mass without mass." He called them "geons(opens a new tab)." They would whittle down the ingredients of the universe to just one.

Particles also have charge. Could that, too, be reduced to geometry? Wheeler imagined a highly warped and twisted space-time, "multiply connected," with holes and handles wrapping in and around themselves. Electric field lines woven through this gnarled landscape could disappear into one hole, burrow through space-time, then reemerge from

another. Where they disappeared, it would look like there was a negatively charged particle, and where they reappeared, a positive one. In truth, there would be neither, just electric field lines endlessly looping back on themselves, creating “charge without charge.”

【解读】

同学们，大家好。我们来仔细品读一下这段文字。它描绘了一个物理学思想的壮丽黎明。

首先，文章的背景设定在1950年代。你们需要知道，那个时期是量子力学的黄金时代。物理学家们正忙于研究微观粒子的奇特性质，并取得了巨大的成功，比如晶体管的发明就源于此。相比之下，爱因斯坦的广义相对论——那个描述引力是时空弯曲的宏伟理论——显得有些“曲高和寡”，应用不多，像是被冷落的贵族。

就在这时，约翰·惠勒提出了一个颠覆性的问题：“如果……我们所谓的‘物质’，根本就不是什么实体，而仅仅是时空本身的某种形态呢？”这个想法非常大胆。我们平时认为，时空是舞台，物质是演员。惠勒却说，演员可能就是舞台本身打的一个结！他的逻辑是这样的：根据爱因斯坦的理论，引力是时空弯曲的表现，而引力本身也携带能量。我们又从质能方程 $E=mc^2$ 知道，能量与质量是等价的。更关键的是，引力会作用于一切有能量的东西。那么，引力所携带的能量，也应该被引力本身作用。这意味着什么？引力会“吸引”引力，它会作用于自身！

基于这个“引力自作用”的逻辑，惠勒构想出一种奇特的物体，他称之为“Geon”（引力子球）。想象一下，一束强大的引力波在宇宙中传播，由于自身引力的作用，它不断地自我吸引、自我缠绕，最终把自己“团”成一个紧凑的球。从远处看，这个能量球体有质量，有引力，表现得就像一个基本粒子。但如果你能切开它，会发现里面什么都没有，只有纯粹的、高度弯曲的“空间”。这就是“mass without mass”（无质量之质量）的深刻含义——质量不是来自某种内在的“东西”，而是来自时空几何结构自身蕴含的能量。这个想法极具美感，因为它将宇宙的成分从“时空”和“物质”两种，简化为了“时空”这一种。

接着，惠勒把这个“万物皆几何”的思想推向了另一个基本属性：电荷。我们知道，粒子有正负电荷之分。惠勒问，电荷是否也能用时空的几何形态来解释？他想象了一个比引力子球更复杂的时空结构，一个“multiply connected”（多重连接）的时空。这是什么意思呢？大家可以想象一下我们平时生活的空间，像一张平坦的纸。而惠勒想象的空间，更像一个布满了洞和把手的瑞士奶酪。他把这种连接时空不同区域的“管道”或“捷径”称为“虫洞”（wormhole）。现在，想象一根电场线，穿行在这个崎岖的时空中。它可能从一个“洞”钻进去，通过时空内部的“管道”，再从另一个“洞”钻出来。对于我们这些只能看到时空“表面”的观察者来说，我们看到的是：在一个地方，电场线凭空消失了（我们称之为负电荷）；在另一个地方，电场线又凭空出现了（我们称之为正电荷）。但实际上，根本没有所谓的正负电荷粒子，只有一根连续不断的电场线，在利用时空的“捷径”和自己玩捉迷藏。这就是“charge without charge”（无电荷之电荷）的构想——电荷现象，也只是时空复杂几何形态的体现。

这一整段，向我们展示了惠勒思想的本质：追求物理学的终极统一和简化，将宇宙的一切——质量、电荷、粒子——都归结为时空几何的舞蹈。

【原文】

No one had ever used general relativity in this way, bending and contorting space-time until the rest of physics poured right out, rendering the universe full of strange twists and tunnels so new they didn't have names. Wheeler gave them one: wormholes. That's what he was best at —naming things, yes, but also taking preexisting theories and pushing them to their limits to see where they break. What happens when you get to the end of things?

Share this article

(opens a new tab)

Newsletter

Get Quanta Magazine delivered to your inbox

Subscribe now

Recent newsletters

(opens a new tab)

Black and white photo of a smiling young man in a suit sitting in a chair.

John Wheeler at age 23 in Copenhagen, Denmark, where he spent a year studying with Niels Bohr.

Emilio Segrè Visual Archives, Wheeler Collection

Everything in the universe made of space-time: Wheeler was captivated by the simplicity of the idea. But why should space-time have such wild terrain, and only at the scale of elementary particles? He guessed that quantum fluctuations of space-time could transform a tranquil geometry into a mangled maze, which Wheeler called “quantum foam.” It seemed to be just what was needed for geons to exist.

【解读】

好的，我们接着分析下一段。这段文字不仅继续深化了惠勒的物理思想，更点明了他的科学风格和面临的下一个关键问题。

文章首先强调了惠勒工作的开创性。“No one had ever used general relativity in this way...”——在此之前，广义相对论主要被用来计算天体轨道、预测光线弯曲等宏观宇宙现象。而惠勒却像一位雕塑家，把时空当作一块可以任意揉捏、弯曲、打洞的“橡皮泥”。他疯狂地扭曲时空的几何形态，直到我们所熟知的其他物理规律（如电磁学）都仿佛从中自然“涌现”出来。这种思想实验，把宇宙变成了一个充满奇异隧道和扭曲结构的迷宫，这些结构太新奇了，以至

于连名字都没有。惠勒的天才之一就在于此，他不仅构想了它们，还赋予了它们极富想象力的名字，比如我们刚刚讨论过的“虫洞”(wormholes)。

这里，文章点出了惠勒作为一名物理学家的核心特质：他最擅长的，不仅仅是给事物命名，更是“taking preexisting theories and pushing them to their limits to see where they break”（将已有的理论推向其极限，看看它会在哪里崩溃）。这是顶级理论物理学家的一种重要工作方式。他们不满足于在一个理论的框架内解决问题，而是要去探索这个框架的边界。他们会问一些看似极端的问题，比如：“如果把物质无限压缩会怎样？”（这引出了黑洞理论），或者“如果时空可以任意扭曲会怎样？”（这引出了虫洞和量子泡沫）。通过这种极限追问，他们试图找到现有理论的裂缝，而这些裂缝，正是通往下一个更深层次理论的入口。

然而，一个宏大的构想必须回答一个关键问题：“为什么？”——为什么我们的时空应该呈现出如此狂野的几何形态，而且似乎只在微观的基本粒子尺度上才这么做？我们在日常生活中感觉到的时空是平滑而安宁的。惠勒的“引力子球”和“虫洞”如果存在，必然是在我们无法直接感知的微小尺度上。这背后一定有一个强大的机制在驱动。

惠勒的答案，是将两个看似不相容的伟大理论——广义相对论和量子力学——联系起来。同学们可能知道量子力学中的“不确定性原理”，它告诉我们微观世界是“骚动不安”的。比如，真空中并非一无所有，而是充满了不断生灭的“虚粒子对”。惠勒猜想，这种量子的不确定性也适用于时空本身！在普朗克尺度（大约 10^{-35} 米，这是物理学意义上最小的尺度），时空不再是平滑的几何背景，而是一锅沸腾的“泡沫”。他将其命名为“量子泡沫”(quantum foam)。

大家可以想象一下，从飞机上俯瞰大海，海面平静如镜。但如果你乘坐快艇贴近海面，就会看到波涛汹涌，浪花四溅。惠勒认为时空也是如此。宏观上，它平滑如镜，但在微观的尽头，它是一个由无数微型虫洞和瞬息万变的几何结构组成的混乱迷宫。正是这永不停歇的“量子涨落”，将宁静的时空变成了狂野的“泡沫海洋”。而这种“量子泡沫”的存在，恰好为他之前构想的“引力子球”(geons) 提供了天然的形成环境和存在的理由。它就像是创造物质和电荷这些“时空之结”所需要的原始的、混乱的“线团”。

至此，惠勒的图景变得更加完整：宇宙的终极实在，是微观尺度上狂暴的“量子泡沫”；而我们所感知的物质、能量、电荷，都只是这片泡沫海洋中，因机缘巧合而稳定存在的、复杂的几何结构。这真是一个既疯狂又迷人的宇宙观。好的，各位同学，大家好！今天我们要一起深入解读一篇关于现代物理学巨匠约翰·惠勒思想的精彩文章。这篇文章充满了挑战性的概念，但别担心，我会像一位向导，带你们一步步探索这个奇妙的物理世界。让我们从第一部分开始。

【原文】

It then occurred to Wheeler that at scales smaller still — the infamous Planck length, on the order of 10^{-33} centimeters — quantum uncertainty could destroy space-time altogether.

Localized points like “here” and “there” would be rendered meaningless. He wanted to build everything in the universe out of space-time, but it wasn’t clear if space-time would survive.

divider

In 1960, Wheeler hit upon an unsettling fact: Wormholes are unstable. The tunnels would form and instantly collapse in on themselves, their walls caving in until they vanish in a point of infinite density and curvature, creating a fatal kink in reality known as a singularity. Physicists had encountered singularities before but only as errors in their equations. There were hints that stars, when they burn out and gravitationally collapse, could harbor singularities in their bellies, but no one quite believed it, or if they did, they figured they’d be rare. Now Wheeler saw (opens a new tab) that, thanks to quantum fluctuations, reality was riddled with them. The fabric of space-time, at its smallest scales, was loosely woven, chewed by moths, too flimsy to bear the weight of the world.

【解读】

各位同学，让我们来仔细剖析这段引人入胜的文字。它描述了物理学中一个最深刻的危机，而危机的核心人物就是约翰·惠勒。

首先，想象一下你们在物理课上学到的宇宙。在爱因斯坦的广义相对论里，宇宙就像一张巨大而平滑的蹦床，这就是“时空”(space-time)。天体的质量会让这张蹦床凹陷，从而产生引力。惠勒最初也和大家一样，认为时空是构成万物的终极基石。但随后，他进行了一次思想上的“极限放大”。

文章提到了一个关键尺度——“普朗克长度”(Planck length)，大约是 10^{-33} 次方厘米。这是个什么概念？如果把一个原子放大到整个已知宇宙那么大，普朗克长度也才相当于一棵树的高度。在这个小到无法想象的尺度上，我们熟悉的物理定律开始失灵了。这里，量子力学的“不确定性原理”开始“作祟”。你们可能听说过，我们无法同时精确知道一个微观粒子的位置和动量。惠勒将这个想法推向了极致：在普朗克尺度下，时空本身也变得“不确定”了。我们日常概念里的“这里”和“那里”变得模糊不清，时空这张平滑的蹦床，在微观上其实像一锅沸腾的开水，充满了随机的、混乱的起伏，物理学家称之为“量子泡沫”。

这带来了第一个惊人的结论：时空，这个我们以为坚不可摧的宇宙舞台，可能在最微小的尺度上就会“崩塌”。

接着，文章引入了“虫洞”(Wormholes)。在时空的量子泡沫中，这些混乱的起伏会随机地撕开一些连接遥远两点的“隧道”，这就是虫洞。听起来很酷，对吧？像是科幻电影里的星际捷径。但惠勒在1960年发现了一个残酷的事实：这些微型虫洞是极度不稳定的。它们刚一形成，就会立刻因为自身的引力而坍缩，最终变成一个密度和曲率都无穷大的点——“奇点”(singularity)。

“奇点”这个词，你们可以理解为物理学方程里的“除以零”错误。它意味着我们现有的理论在这里彻底失效，时空结构在这里被撕裂，形成了一个“致命的扭结”。以前，物理学家认为奇点只可能存在于巨大恒星死亡后的核心，而且可能非常罕见。但惠勒的洞察是颠覆性的：由于微观世界的量子涨落无处不在，这意味着在时空的最底层，奇点可能像筛子上的洞一样，密密麻麻地到处都是！

所以，这段文字用了一个非常形象的比喻来总结惠勒的恐惧：“时空的织物，在最小的尺度上，是松散编织的，被蛀虫啃噬过，脆弱到无法承载世界的重量。”这就提出了一个根本性的矛盾：如果宇宙的基石如此脆弱不堪，那么我们这个宏伟、有序、稳定运行的宇宙，又是如何建立起来的呢？这个问题，将引导我们进入下一阶段的思考。

【原文】

Black and white photo of three men walking and talking.

From left: Albert Einstein, Hideki Yukawa and John Wheeler in Princeton, New Jersey, in 1954.

Joseph Krumgold; courtesy of Johns Hopkins University

Yet here is the universe. It must be made of something. If space-time vanishes in the blink of a singularity, then something lays beyond or beneath. “More and more insistently at this point an issue clamored for attention,” Wheeler wrote. “Collapse to what?”

He decided to take a closer look at those burnt-out stars, buckled under their own weight with singularities in their darkness like pinholes in the world. Everyone kept referring to them as “completely collapsed objects,” but in 1967, at a talk at the NASA Institute for Space Studies in New York, Wheeler gave them a name that stuck: black holes. Once christened, black holes were taken seriously, both as objects that exist in reality and as places where reality ends.

Wheeler's relativity, covered in calculations and notes

Pages of Wheeler's journal from 1964.

American Philosophical Society

For the community, Wheeler's work sparked a massive revival in general relativity. His textbook *Gravitation*, co-authored with his students Kip Thorne and Charles Misner, remains the bible of the field. For Wheeler, the work raised more questions than it answered. “Space and time themselves are transcended as categories, and the framework would seem to collapse for everything one has ever called a law, not least the concept of geometry itself,” he wrote. Beneath space-time, there had to be something else, some “pregeometry.” What happens when you get to the end of things? He was determined to find out.

【解读】

好的，同学们，我们接着上一部分留下的那个巨大谜团继续探索。如果时空这张基础网络在微观尺度上充满了“破洞”(奇点)，那我们的宇宙为何没有散架？

文章开篇就直面这个矛盾：“然而，宇宙就在这里。”(Yet here is the universe.) 这是一个简单却有力的事实。它告诉我们，物理学家的理论困境，并不能否定我们所处世界的真实存在。这迫使惠勒提出了一个物理学史上极为深刻的问题：“坍缩到什么？”(Collapse to what?) 请注意，他问的不是物体坍缩成了什么，而是当时间和空间本身在奇点处终结时，它终结“到”了什么？在时空的尽头之外，或者说“之下”，必然有某种更基本的东西存在。

为了寻找答案，惠勒把目光从微观的量子泡沫，转向了宏观的宇宙。他开始认真研究那些大质量恒星燃尽燃料后，在自身引力下坍缩形成的奇异天体。当时，人们对这种天体只有一个冗长而乏味的称呼——“完全坍缩的物体”(completely collapsed objects)。这些天体内部，也隐藏着一个让物理定律失效的奇点，就像是“世界上的针孔”(pinholes in the world)，为我们提供了一个窥探现实终极奥秘的窗口。

接下来就是历史性的一刻。在1967年的一次演讲中，惠勒为这个神秘天体起了一个简洁、有力且极具想象力的名字：“黑洞”(black holes)。这个名字的力量是巨大的。一个好的名字能激发公众的想象，也能让科学界更严肃地对待一个概念。从此，“黑洞”不再仅仅是方程里的一个怪异解，而被视为宇宙中真实存在的天体，是“现实终结的地方”。你们看，这张配图里惠勒与爱因斯坦、汤川秀树并肩而行，他正是继承了这些巨人的探索精神，并将其推向了新的前沿。

惠勒的工作极大地推动了广义相对论的研究，他和他学生合著的《引力论》(Gravitation) 至今仍是该领域的“圣经”。然而，对于惠勒自己来说，他走得越远，心中的疑问就越多。他意识到，黑洞的奇点不仅是广义相对论的终点，更可能是一切我们所知的物理定律的终点。他写道：“空间和时间本身作为基本范畴被超越了，我们称之为定律的所有框架，甚至几何学本身的概念，似乎都崩溃了。”

这就引出了他晚年最重要的思想：“前几何”(pregeometry)。这个词可能听起来很抽象，但我们可以用一个比喻来理解。想象一下我们玩的电脑游戏，游戏世界里的空间、时间和规则（也就是“物理定律”）是由计算机代码写成的。对游戏角色来说，这个世界就是全部的现实。但对我们玩家而言，我们知道这一切都建立在更底层的硬件和二进制代码之上。惠勒认为，我们宇宙的时空和物理定律，可能也像游戏世界一样，只是一个“表象”，在它之下，存在着一个更基本的、不依赖于空间和时间的“源代码”或“操作系统”——这就是“前几何”。

所以，惠勒的探索之旅从时空的脆弱性开始，通过为黑洞命名，最终抵达了一个哲学般深邃的终点：当抵达万物的尽头时，会发生什么？他毕生都在追寻这个问题的答案，试图找到构成我们现实世界的最根本的“比特”和“逻辑门”。这个探索，至今仍在激励着一代又一代的物理

学家。好的，导师就位。让我们一起踏上这场探索宇宙终极奥秘的旅程。我们将跟随物理学巨擘约翰·惠勒的思路，从坚实的物理学基石出发，一步步走向一个令人匪夷所思却又引人入胜的结论。请准备好，你对现实世界的看法可能会因此而动摇。

【原文】

In June 1973, he gathered up all of his general relativity books and papers — decades of work on space-time physics — and packed them away. Then he opened his journal to a fresh, blank page and wrote with resolve, “Starting a new hunt.”

divider

Where to begin? With what? Those holes in space-time seemed to swallow everything. “No wonder I do not sleep well,” Wheeler scrawled in his journal. “The old simple universe fades, all is now in disarray.”

Could pregeometry be made of “grains” of space-time, he asked? No, that would assume too much structure.

John Wheeler With Students At Blackboard

Wheeler (left) and his students worked at a blackboard in Princeton in 1970.

Robert P. Matthews; courtesy of Johns Hopkins University

He had a better idea: Perhaps it was made of information — 1s and 0s, yeses and nos, binary choices. “The dimension-free character of the bit at last frees us from the dimension-tyrannized land of ... everyday physics of particles, fields, of space-time,” he wrote. But the question keeping him up at night was, whose information?

【解读】

同学们，请想象一下这样一幅画面：一位功成名就的大师，比如一位顶级画家，突然有一天把他所有的画作、画笔和颜料都封存起来，然后在全新的画布上，准备开创一种前所未有的艺术形式。这就是1973年约翰·惠勒所做的事情。他打包的不是画作，而是他数十年心血的结晶——关于广义相对论和时空物理的所有研究。这需要巨大的勇气，标志着他决心从零开始，“开启一场新的狩猎”。

那么，他要狩猎的是什么呢？是宇宙最深层的秘密。当时的他被一个问题困扰得夜不能寐——“时空中的那些洞”(holes in space-time)，这主要指的就是黑洞奇点。在这些点上，我们所熟知的物理定律，包括他自己深入研究的广义相对论，都失效了。一切我们用来描述宇宙的工具——空间、时间、物质——似乎都被这些“洞”吞噬了。这让他感觉“旧的简单宇宙正在褪色，一切都陷入了混乱”。他意识到，我们现有的物理学大厦，在根基上可能存在着更深层

的东西，他将其称为“前几何”(pregeometry) ——也就是在几何、空间和时间这些概念出现“之前”的某种存在。

他的第一次尝试是：宇宙的底层会不会是像沙子一样的“时空颗粒”？你可以把它想象成电脑屏幕上的像素点，我们的世界就是由这些最小的、不可再分的单元构成的。这个想法很直观，但惠勒很快否定了它。为什么？因为即使是最小的“颗粒”，也预设了“位置”和“大小”这些几何概念。这就像是为了解释砖块是什么，却用“由更小的砖块构成”来回答一样，陷入了循环论证。他要寻找的是在这些概念诞生之前的“原材料”。

于是，一个石破天惊的想法诞生了：或许宇宙的基石根本不是物质，而是“信息”。就像你电脑里的一切，无论是复杂的视频游戏还是这篇文章，最终都可以被分解为最简单的“1”和“0”，也就是“是”与“否”的二元选择。惠勒激动地写道：“比特（bit，信息的最小单位）没有维度的特性，终于将我们从那个被维度所统治的日常物理世界中解放出来。”想想看，一个“比特”没有长度、宽度和高度，它是一个纯粹的、抽象的概念。如果宇宙是由这种东西构成的，那么空间、时间、粒子、场等我们熟悉的一切，都可能只是这些信息比特涌现出来的宏观表现。但这立刻引出了一个更令人不安的终极问题，也是让他彻夜难眠的那个问题：“这到底是谁的信息？”

【原文】

It dawned on Wheeler(opens a new tab) that when space and time went, taking the rest of physics with them, there was something left. “With law going and chaos arriving, one principle remains,” Wheeler wrote. “The quantum principle.” Quantum mechanics, he wrote, “destroys the concept of the world as ‘sitting out there,’ with the observer safely separated from it by a 20 centimeter slab of plate glass. Even to observe so miniscule an object as an electron, he must shatter the glass. He must reach in. ... The universe will never afterwards be the same. To describe what has happened, one has to cross out that old word ‘observer’ and put in its place the new word ‘participator.’ In some strange sense the universe is a participatory universe.”

It was officially the wildest idea he'd had yet. A universe made not of matter, not of space-time, not of stuff at all, but of our choices. It wasn't what he'd hoped to find; the physics had led him there. He'd pried up space-time, peered beneath, and found himself staring, to his bewilderment, at a mirror. “One finds himself in desperation asking if the structure, rather than terminating in some smallest object or in some most basic field, or going on and on, does not lead back in the end to the observer.”

【解读】

当惠勒追问“这是谁的信息”时，他找到了一个看似仅存的线索。他意识到，即使把我们熟悉的物理定律（如广义相对论）全部抛开，让时空和物质都消散于混沌之中，依然有一个幽灵般

的原则屹立不倒，那就是“量子原则”(The quantum principle)。这正是你们在高中物理选修部分接触到的量子力学的核心思想。

惠勒用了一个绝妙的比喻来解释这个原则。在经典物理（比如牛顿力学）的世界里，我们科学家就像是隔着一块“20厘米厚的玻璃板”在观察宇宙。宇宙“就在那里”，独立于我们而存在，我们的观察不会对它产生任何影响。我们是“观察者”(observer)，是被动的记录员。然而，量子力学彻底“摧毁”了这个概念。它告诉我们，当你试图去观察一个像电子一样微小的粒子时，你不可能不干扰它。为了看清它，你必须“打碎那块玻璃，伸手进去”。你的测量行为本身，就成为了事件的一部分，并决定了你将看到什么结果。最经典的例子就是电子的双缝干涉实验：你不看，它像波一样同时穿过两条缝；你一看，它就立刻“选择”一条路径，表现得像个粒子。你的观察，迫使现实做出了选择。

因此，惠勒宣告，我们必须划掉“观察者”这个旧词，换上一个新词：“参与者”(participator)。我们的宇宙，从根本上来说，是一个“参与性的宇宙”(participatory universe)。这不是一个预先写好剧本、我们只需观看的电影。它更像一个互动游戏，我们的每一次“观察”和“提问”，都在塑造着游戏的走向和现实本身。这绝对是他一生中最大胆、最疯狂的想法：宇宙的终极实在，不是物质，不是时空，甚至不是任何“东西”，而是由无数个“是/否”的选择所构成，而这些选择，似乎与“参与者”的提问行为密不可分。

这个结论让惠勒自己都感到震惊和困惑。他本想寻找宇宙的终极积木，一个最小的粒子或者最基本的场。但他顺着物理学的线索，撬开了时空的“地板”，想看看下面藏着什么，结果却发现自己正凝视着一面镜子——镜子里是他自己。他绝望地追问，宇宙的结构，会不会它的终点既不是无限小，也不是无限延伸，而是以一种我们无法理解的方式，最终又回到了“观察者”自身？这暗示着，意识或观察行为，可能不是宇宙演化的一个偶然产物，而是构建宇宙本身不可或缺的一环。

【原文】

In 1977, Wheeler gave a talk emphasizing that “no elementary phenomenon is a phenomenon until it is an observed phenomenon.” Afterward, the physicist Paul Dirac asked, “The formation of the solar system is a phenomenon. Is it only a phenomenon when it is observed?” Wheeler responded: “Yes.”

【解读】

这个简短的对话，是整个思想最令人震撼和难以置信的巅峰。我们来分析一下这个场景。提问者保罗·狄拉克（Paul Dirac）是何许人也？他是量子力学的奠基人之一，诺贝尔奖得主，以其数学般精确和冷峻的逻辑思维而闻名。他从不空谈哲学，只相信严格的推导。所以，他的问题绝不是随口一问，而是一个经过深思熟虑、直击要害的挑战。

首先，让我们理解惠勒的论点：“任何基本现象，直到它被观测，才成为一个真正的现象。”(no elementary phenomenon is a phenomenon until it is an observed phenomenon.) 这里的“现象”(phenomenon) 指的是一个在现实世界中已经发生的、确定的、有具体属性的事件。根据量子力学，一个事件在被观测前，可能处于多种可能性的叠加状态（就像薛定谔那只又死又活的猫）。只有观测这个行为，才能迫使它从可能性的云雾中“坍缩”成一个确定的现实。

狄拉克立刻抓住了这个论点最违反直觉的地方。他举了一个宏大且发生在遥远过去的例子：“太阳系的形成是一个现象吧？”这个问题非常刁钻。太阳系形成于46亿年前，那时地球上连最简单的生命都还没有，更不用说能进行“观测”的人类了。狄拉克的意思很明确：“难道你要告诉我，在几十亿年里，太阳系一直处于一种不确定的叠加态，直到几十亿年后，第一个人类天文学家用望远镜观测它，它的历史才瞬间变得确定无疑吗？这太荒谬了！”

面对这位物理学巨匠的质问，整个大厅可能都屏住了呼吸，等待惠勒如何回应。而惠勒的回答只有一个词，斩钉截铁，毫不退缩：“是的。”(Yes.)

这个“是的”，是惠勒“参与性宇宙”理论最极端、也最合乎逻辑的推论。它的意思不是说在我们观察之前，太阳系不存在。而是说，太阳系那段包含无数细节的具体历史——比如地球恰好在这条轨道上，木星有几颗卫星，火星上的奥林匹斯山有多高——所有这些确定的事实，其之所以成为“唯一”的、确定的历史，是与我们今天对宇宙的观测行为纠缠在一起的。我们的观测，像一束光，不仅照亮了现在，也“追溯性”地让过去从众多可能性中凝固成了我们今天所看到的这个样貌。就好像，宇宙的历史是一本充满了无数分支路径的“冒险故事书”，而我们今天的存在和观测，就是那个最终决定了整本书从第一页到最后一页具体情节的“结局”。这个想法彻底颠覆了我们对时间“从过去流向未来”的单向线性认知，将我们的存在提升到了一个构建宇宙历史的核心位置。好的，同学们，今天我们要一起探索一段非常烧脑但又极其迷人的物理学思想。它来自于伟大的物理学家约翰·惠勒（John Wheeler），内容会彻底颠覆我们对时间、现实和观察的常识性理解。别担心，我会像一位向导，带你们一步步穿过这片思想的迷雾。让我们开始吧。

【原文】

He had been thinking about the double-slit experiment, the infamously brain-melting proof that our commonsense expectations about the workings of the world can't hold. Particles such as photons are sent through a screen with two slits before hitting a photographic plate on the other side. When both slits are open, the photons one by one build up an interference pattern on the plate, as if each photon had gone through both slits, wavelike, interfering with itself. But if we measure which slit a photon passes through, that interference pattern disappears. What we choose to measure matters.

Pullquote that reads "The old simple universe fades, all is now in disarray."

Wheeler wanted to show something more: that it matters even when the thing we're

measuring already happened. What if we delay the choice(opens a new tab) to measure “which slit” until after the photon has passed through the screen? he asked. Could our measurement determine after the fact whether the photon went through one slit or two?

“I have got myself out on deep waters, in wanting to make something of ‘present choice influencing past action,’” Wheeler wrote in his journal.

In 1979, he described a doable version of the delayed-choice experiment in a lecture at the University of Maryland, and an experimentalist in attendance decided to carry it out. It took five years to get the experiment off the ground, but it worked. By choosing what to measure in the present, we participate in the creation of the past.

【解读】

好的，同学们，我们来仔细剖析这段文字。它一开始就提到了一个量子力学领域的“终极Boss”——双缝干涉实验。你们在高二物理课上可能学过光的干涉，那是大量光波叠加的结果。但这里的实验，是把光子（光的最小单位，一个粒子）一个一个地发射出去。

想象一下，你面前有一堵墙，墙上有两条平行的窄缝，墙后面是一个感光屏，就像照相底片。你拿着一把“光子枪”，一次只发射一个光子。按照我们的常识，一个光子就像一个微型弹珠，要么穿过左边的缝，要么穿过右边的缝，最终在后面的屏幕上留下一个点。发射成千上万个之后，屏幕上应该只会出现两条与狭缝对应的亮带，对吧？

但实验结果却“infamously brain-melting”(臭名昭著地烧脑)。屏幕上出现的不是两条亮带，而是一系列明暗相间的条纹，这就是“干涉图样”。这可是波才会有的特征！这就好像你往水里扔一块石头，它激起的波同时通过了两个水闸，然后两股水波相互干涉。这暗示着，**单个光子似乎像波一样，同时穿过了两条缝，然后自己和自己发生了干涉。**

更诡异的还在后面。物理学家不信邪，他们在缝隙旁放了个“探测器”，想看看光子到底走了哪条路。神奇的事情发生了：一旦我们去“测量”或“观察”光子穿过了哪条缝，干涉条纹就立刻消失了！屏幕上只剩下我们最初预想的两条亮带。就好像光子知道我们在偷看，于是立刻收起了它的“波”的形态，乖乖地变回一个“粒子”。这就是“What we choose to measure matters”——**我们的测量行为，决定了光子展现出粒子性还是波动性。**引言里那句“旧的简单宇宙正在褪色，一切都陷入了混乱”，正是对这种颠覆牛顿经典世界观的感慨。

然后，物理学巨擘惠勒登场了。他把这个诡异的问题推向了极致，提出了“延迟选择实验”

(delayed-choice experiment)。他问：如果我们在光子**已经通过了双缝之后**，再决定是否要去看它走了哪条路，会发生什么？这就像一个百米赛跑选手，你等他冲过终点线后，再决定是否要在起跑线上安装一个摄像头来记录他从哪个跑道出发的。这听起来像是在“影响过去”，对吧？惠勒自己在日记里也说，他感觉自己“蹚了浑水”(out on deep waters)。

但这不仅仅是个思想游戏。1979年，这个实验被设计出来并最终在五年后被成功实现。结果证实了惠勒的预言：**我们当下的选择，确实能够决定光子在“过去”是以一个粒子的方式（走一条路）还是以一个波的方式（走两条路）通过双缝的。**这并不是说我们改变了过去，而是引出了一个更深刻的结论，也是这段话的结尾：“我们通过当下的选择，参与了过去的创造。”这句话的分量极重，它暗示着，在被观测之前，所谓的“过去”并不是一个板上钉钉的、已经完成的故事，而是一团模糊的可能性。

【原文】

In the laboratory version, the choice is delayed by a mere fraction of a second, but in principle, there's no limit to scaling it up. The photon might have been produced by a distant quasar and the role of the double-slit screen played by a galaxy whose gravitational field will deflect the photon leftward or rightward with equal probability. Does the photon travel both paths at once, creating an interference pattern on the photographic plate waiting here on Earth? Or does it travel only one path? It depends on if an Earth-based astronomer — here, now — decides to measure whether the photon took one path or two, despite the journey happening billions of years ago.

pullquote that reads "Each of us a private universe? Preposterous! Each of us see the same universe? Also preposterous!"

Only the journey didn't happen — that was Wheeler's point. Delayed choice did not involve any backwards causation. It's not as if the past was already chugging along under its own steam until an observer came along, reached back, and changed it. No, Wheeler said: There's no chugging, no change. "It is not a paradox that we choose what shall have happened after 'it has already happened,'" he wrote, because "it has not really happened. It is not a phenomenon until it is an observed phenomenon."

【解读】

看完第一部分，大家可能觉得这已经足够颠覆三观了。但惠勒的思想实验，可以玩得更大，大到宇宙尺度。这段文字就将我们从实验室的桌面，带到了浩瀚的星空。

想象一个来自宇宙深处的信使——一个光子。它由一个“类星体”(quasar)发出，这是一种极其遥远且明亮的天体，可以看作是宇宙黎明时期的灯塔。这个光子在飞向地球的数十亿年旅途中，恰好路过一个巨大的星系。根据爱因斯坦的广义相对论，大质量天体会使时空弯曲，光线经过时会像通过透镜一样发生偏折，这就是“引力透镜效应”。这个巨大的星系，就成了我们宇宙级的“双缝”，它将光子的路径一分为二，光子可能从星系的左边绕过，也可能从右边绕过。

现在，这个旅行了数十亿年的光子抵达了地球。我们天文学家手握“选择权”。我们可以选择两种观测方式：第一种，我们用望远镜直接对准星系的两侧，试图确定光子究竟是从左边来的

还是右边来的。这就像在双缝旁安装探测器。结果是什么？我们会发现光子只来自一个方向，它表现出纯粹的“粒子性”。第二种，我们不去看它来自哪条路，而是将来自两个方向的光汇集起来，观察它们是否产生干涉。结果是什么？我们会观测到干涉条纹，证明这个光子在数十亿年前经过那个星系时，表现出了“波动性”，仿佛“同时”走了两条路。

想想这意味着什么：我们今天，在地球上，按下一个按钮，决定用哪种方式设置我们的望远镜，这个行为似乎决定了一个光子在数十亿年前，甚至在人类诞生之前，是以何种方式穿越宇宙的。这太疯狂了！这就引出了那句引言的思考：“我们每个人都有一个人的宇宙吗？荒谬！我们每个人都看到同一个宇宙吗？也荒谬！”这句话点明了其中的哲学困境：如果现实取决于我的观察，那现实是不是不客观？但如果存在一个独立于我们所有人的、唯一的客观宇宙，那又如何解释我们当下的选择能“决定”遥远的过去呢？

惠勒给出了他的答案，这也是整段文字的点睛之笔。他强调，延迟选择实验**并不涉及“逆向因果律”**(backwards causation)，我们并不是像科幻电影里那样，坐上时间机器回去改变历史。惠勒的解释更加深刻和激进：“**那段旅程根本就没有‘发生’过**”(Only the journey didn't happen)。在他看来，在没有被观测之前，光子的那段长达数十亿年的旅程，并不是一个已经完成并尘封在档案里的“事实”。它不是一列“哐当哐当”(chugging along) 按自己轨道行驶的火车。它只是一团概率的云，一种潜在的可能性。

所以，我们并没有“改变”过去。我们只是通过我们现在的观测行为，从那团模糊的可能性中，**强制“结晶”出了一个确定的现实**。在你观测之前，问“光子走了哪条路”是没有意义的，因为它既走了两条路，又没走任何一条路。直到你的望远镜与它发生相互作用的那一刻，这个“事件”才真正地、完整地发生。这就是惠勒那句名言的含义：“**一个现象，在它被观测到之前，根本就不是一个现象。**”这不是时间的魔法，而是对“现实”本身的重新定义。现实不是一出事先写好剧本的戏剧，而是一部我们作为参与者，共同书写的即兴作品。【原文】

The past is not really the past. Time is not really time. Wheeler had found his pregeometry. We weave the fabric of the universe, he said, out of “billions upon billions of acts of observer-participancy(opens a new tab).”

divider

Wheeler's search for pregeometry spun off bounties of fruitful research. From the original delayed choice came a string of new experiments. From his idea that physical properties emerge as answers to participants' yes-or-no questions — which, in the 1980s, he summed up in the slogan “It from Bit(opens a new tab)” — came the field of quantum information science and such technologies as quantum computing and quantum teleportation. From his work on black holes and his insistence that space-time, too, emerges from bits, came insights into black hole entropy and the holographic principle in quantum gravity.

But alone, Wheeler was left agonizing over how to derive space-time from observer-participancy.

An old man on a porch

John Wheeler in Maine in the summer of 1985.

John Foraste; courtesy of Johns Hopkins University

He had come so far, discovering that space-time emerges from something deeper.

Measurement by measurement, observers participate in the creation of their shared space-time. Or that was the idea. The trouble was that nothing in quantum mechanics enforces agreement among observers. If I measure a photon to be at some position, creating one stitch in the fabric of space-time in the process, that doesn't ensure that the photon is in the same position for you. (Insisting that the outcome of my measurement does predetermine the outcome of yours would turn the photon's position into a "hidden variable" of the type that experiments have already ruled out.) A stitch for one is not guaranteed to be a stitch for all.

"Observers independently participating ... like 10,000 tinsmiths hammering away independently at 10,000 separate tasks," he wrote in his journal. Why don't they create 10,000 separate space-times? "What troubles me more than anything else is how different observers combine their impressions to build up what we call reality."

Pullquote that reads: "What troubles me more than anything else is how different observers combine their impressions to build up what we call reality."

At first, Wheeler thought that observer-participancy involved consciousness. After all, tables and chairs don't make choices about what to measure; conscious observers do. But that was of no help. He saw no way to link the private experiences of individual minds into a single, shared reality.

【解读】

同学们好！今天我们来解读一段关于现代物理学最深刻、最令人费解思想的文字。它的作者是20世纪物理学巨匠约翰·惠勒（John Wheeler），爱因斯坦的同事，也是理查德·费曼的导师。

文章开头就抛出了一个颠覆性的观点：“过去并非真的过去，时间也并非真的时间。”这听起来像是科幻小说，但惠勒是认真的。他将这个核心思想称为“前几何”(pregeometry)。这个词可能有点陌生，我们可以这样理解：想象我们生活的宇宙，也就是我们熟悉的“时空”(space-time)，是一块编织精美的布料。我们通常的物理学研究，就是在分析这块布料的图案和质

地。但惠勒想问一个更根本的问题：这块布料是用什么“线”织成的？在布料成型“之前”(pre-)是什么状态？这就是“前几何”——探索构成时空的最基本元素。

惠勒给出的答案更加惊人：“我们用‘数十亿次的观察者-参与行为’编织了宇宙这块布料。”这里的关键词是“观察者-参与”(observer-participancy)。在经典物理中，观察者就像是看电影的观众，客观地看着宇宙这部大片上演。但在量子世界，惠勒认为，观察者是演员，甚至是编剧！我们的每一次观察、每一次测量，都不是被动地记录现实，而是在主动地“创造”现实。宇宙在被观察之前，可能处于一种模糊不清、充满各种可能性的叠加态，是我们的“看”，迫使它从众多可能性中选择一个，从而“固化”为我们所感知的现实。

这个看似天马行空的想法，却催生了丰硕的科研成果。惠勒将其浓缩为一个著名的口号：“It from Bit”。“It”指的是世间万物——粒子、能量、时空，也就是物理实体；“Bit”则是信息的基本单位——一个“是”或“否”的回答，一个0或1。这个口号的深刻含义是：物理世界(It)的本质来源于信息(Bit)。宇宙就像一个巨大的量子计算机，我们每一次测量，都是在向宇宙提一个“是/否”问题（比如：“这个光子在这里吗？”），宇宙的回答（“是”或“否”）就构成了一个“比特”的信息，无数这样的信息比特最终构建了我们所感知的物理实在。正是这个思想，直接启发了量子信息科学的诞生，催生了我们今天热议的量子计算和量子隐形传态等前沿科技。

然而，这个伟大的构想却隐藏着一个让惠勒本人都备受煎熬的巨大难题。如果每个人都是一个“编织者”，通过自己的观察为时空这块布料添上一针一线，那为什么我们所有人最终看到的都是同一块完整的布料，而不是成千上万块互不相干的“碎布头”呢？文章用了一个生动的比喻：这就像“一万个锡匠各自独立地敲打着一万个不同的任务”，他们凭什么能合作造出一件完美的作品？

用物理学的语言来说，量子力学并没有任何机制能保证不同观察者的测量结果必然一致。我测量一个光子在A点，这个行为“创造”了它在A点这个事实；但凭什么你来测量时，它也必须在A点呢？如果强行规定我的测量结果能预先决定你的测量结果，那就相当于承认了存在一种“隐变量”，而这恰恰是被实验物理学家们反复验证并否决了的。这就是惠勒的困境：“是什么让不同的观察者将他们的印象组合起来，构建出我们称之为‘现实’的东西？”

他甚至一度考虑过“意识”可能在其中扮演了关键角色。毕竟，做出测量选择的是有意识的人。但这条路很快就走入了死胡同，因为将无数个独立、主观的“意识”连接成一个统一、客观的物理世界，这已经超出了物理学的范畴，变成了一个无法验证的哲学问题。

所以，这段文字不仅向我们展示了惠勒思想的璀璨与伟大，更揭示了现代物理学前沿一个尚未解决的、最深刻的谜题：我们所共同拥有的这个“客观现实”，究竟是如何从无数个体的、主观的“观察-参与”行为中涌现出来的？这个问题至今仍在等待着下一位像惠勒一样的天才来解答。好的，同学们，大家好！今天我们要一起研读一篇非常深刻而优美的英文文章。这篇文章的主角是约翰·阿奇博尔德·惠勒(John Archibald Wheeler)，一位20世纪物理学界的泰

斗，也是爱因斯坦晚年的同事。他提出的许多概念，比如“黑洞”、“虫洞”，可能大家都有所耳闻。

这篇文章节选的内容，触及了他在晚年思考的一个终极问题：我们所处的这个“真实世界”究竟是什么？它是由我们每个人的观察所创造的，还是一个独立于我们存在的客观实体？这是一个足以让任何聪明的头脑感到眩晕的问题。

现在，让我们静下心来，像侦探一样，逐段分析惠勒留下的思想线索。我会带领大家，把这些看似艰涩的物理学和哲学思辨，转化成我们能够理解和感受的故事。

【原文】

“On few issues in my life have I ever been more at sea than I am now on the relative weight of the individual and the collectivity in giving ‘meaning’ to existence,” he wrote. He remained at sea a few years later: “‘Consciousness’ seems to appertain to the individual. For my money the relevant concept should be a community property.” But what? In a participatory universe, one observer can ask a question and get an answer in response, and another observer can come along — tomorrow, next week, a billion years from now — and ask a different, incompatible question and get a different, incompatible answer. The universe can be shaped and reshaped in 10,000 ways by 10,000 tinsmiths, and nothing in the quantum formalism guarantees that they’ll ever agree.

Illustration of a man’s face covered with shadows against a background of wormhole and black hole drawings.

Wheeler was distraught. For years, for pages, he obsessed. “I am not proud. I will confess all errors. I will try anything to crack the mystery.” After all, he wrote, “I owe it to the community to give my very best.” Any reality in which a thought, perception, or measurement outcome was someone’s private property was not a reality he could live in. At the same time, he couldn’t go back on a participatory universe. He couldn’t go back on pregeometry. “Is there any point partway between all and none on this issue?” he wondered. “Each of us a private universe? Preposterous! Each of us see the same universe? Also preposterous!”

【解读】

同学们，我们来看第一部分。这段文字的核心，是惠勒内心巨大的矛盾和挣扎，他用了一个非常形象的比喻——“at sea”，意思是“茫然不知所措”，就像一艘船在茫茫大海上迷失了方向。那么，究竟是什么问题让他如此困惑呢？

问题在于“个体”与“集体”在赋予存在“意义”时所占的比重。这话听起来很哲学，我们把它翻译成一个更具体、更贴近物理学的场景。大家在高二物理可能接触过一些量子力学的概念，比

如“观察者效应”。量子力学告诉我们一个颠覆三观的事实：一个粒子的状态（比如它的位置或速度），在你观察它之前，是模糊不定的，处于一种多种可能性的叠加状态。而你的“观察”这个行为本身，会迫使它从这种可能性中“坍缩”成一个确定的现实。

惠勒把这个思想推向了极致，提出了“参与式宇宙”(participatory universe) 的假说。他认为，宇宙不仅仅是被我们被动观察的，更是被我们的观察行为所“塑造”和“创造”的。这就像一个游戏，宇宙提出问题，而我们通过观察和测量来回答，我们的回答共同构成了这个游戏的现实。

这里，矛盾就来了。如果我的观察创造了我的现实，你的观察创造了你的现实，那我们俩就像文中所说的“tinsmiths”(修补匠)，各自修补塑造着宇宙。那么问题是：为什么我们俩看到的宇宙是同一个？为什么我们都同意太阳从东边升起，水往低处流？量子理论本身 (quantum formalism) 并没有保证我们这些“修补匠”的意见一定会统一。如果每个人的意识 (consciousness) 都是私有的，那么现实 (reality) 难道不也应该是私有的吗？

这让惠勒感到极度痛苦 (distraught)。他无法接受一个“现实”只是某人“私有财产”的世界，那样一来，科学的根基——客观性，就不复存在了。但同时，他又无法放弃“参与式宇宙”这个从量子力学中生长出来的、充满魅力的思想。他陷入了一个两难的绝境，就像他自己说的：“我们每个人都有一个人人的宇宙？荒谬！我们每个人都看到同一个宇宙？也同样荒谬！”这种深刻的悖论，让这位伟大的物理学家备受煎熬，他觉得自己有责任为科学共同体 (the community) 找到答案。

【原文】

So he was stuck. And he was running out of time.

“If we are the ones who ‘build’ the spacetime, how come we don’t get [as many] spacetime[s] as people,” he wrote on November 8, 2005. “How come just one? Pursue further that one.” He was 94.

The journal entries grew sparse.

What happens when you get to the end of things?

The last entry Wheeler ever wrote was in 2006, age 95, nearing death, his life now bookended by questions. It consisted of a single sentence, left behind for the community: “Hope produces space and time?”

【解读】

现在我们进入第二部分。这一段的文字非常简洁，甚至有些稀疏 (sparse)，但情感和思想的

浓度却极高。它描绘了一位科学巨匠在生命的最后时刻，依然在与那个终极问题进行着最后的搏斗。

“So he was stuck. And he was running out of time.” 这两句短句充满了紧迫感和宿命感。惠勒被困住了，更重要的是，时间不等人了。在94岁高龄时，他用最质朴的语言，再次提出了那个困扰他一生的难题：“如果我们是‘建造’时空的人，为什么我们得到的不是‘人手一个’时空，而偏偏只有一个？”这个问题，其实就是上一段那个复杂矛盾的终极简化版。如果我们的观察行为真的能“创造”现实，那宇宙就应该像一个有无数个存档的单机游戏，每个玩家（观察者）都有自己独立的世界线（时空）。可现实却是，我们似乎都在同一个“服务器”里玩着一款大型多人在线游戏，共享着同一个时空。这是为什么？

随着身体的衰老，他的日记越来越少，这象征着他思考的能量也在逐渐耗尽。文章在这里插入了一个极富哲学意味的提问：“What happens when you get to the end of things?”（当你走到万物的尽头时，会发生什么？）这既是指惠勒生命的尽头，也是指他思想探索的边界。

然后，我们看到了他留给这个世界的最后一句日记，也是他最后的思想遗产。在他95岁，濒临死亡之际，他写下了一个不像物理学、更像是诗歌或祈祷的句子：“Hope produces space and time?”（希望产生时空？）

同学们，我们该如何理解这句话？这已经不是一个可以用公式推导的物理学问题了。这更像是一种直觉的、充满灵性的猜测。为什么是“希望”（Hope）？希望，是一种面向未来的、带有意图性的集体意识。它不是一个人的私有财产，而是可以被一个社群、一个文明所共享的。也许，惠勒是在猜测，那个能将无数个“个体宇宙”统一成一个“共享宇宙”的神秘力量，会不会就是某种超越个体的、共同的、指向未来的集体意识？是不是因为我们所有人都共同“希望”并“相信”着一个稳定、统一、有规律的宇宙的存在，所以时空才因此而诞生？

他没有给出答案，而是留下了一个问号。这个问号，完美地概括了他的一生：从年轻时充满确定性的探索，到年老时回归到最本源的、几乎是无法回答的问题。他把最后的接力棒，留给了我们所有人。

【原文】

Spacetime promo button

The Quanta Newsletter

Get highlights of the most important news delivered to your email inbox

Email

Email address

Subscribe

Recent newsletters(opens a new tab)

Also in Physics

Physicists Take the Imaginary Numbers Out of Quantum Mechanics

An illustration in which a painter is rolling red paint over the “i” in the Schrödinger equation.

quantum physics

Physicists Take the Imaginary Numbers Out of Quantum Mechanics

By

Daniel Garisto

November 7, 2025

29

Carlo Rovelli’s Radical Perspective on Reality

A man with glasses looking into the distance

Q&A

Carlo Rovelli’s Radical Perspective on Reality

By

Zack Savitsky

October 29, 2025

27

How Soon Will the Seas Rise?

earth science

How Soon Will the Seas Rise?

By

Evan Howell

October 20, 2025

7

【解读】

好了同学们，我们刚刚读完了关于惠勒思想的震撼人心的部分，现在文本的风格突然转变了。大家看到的这部分，其实是这篇文章所在的网站——很可能是像《Quanta Magazine》（量子杂志）这样的顶级科普媒体——的页面元素。我们不能仅仅把它当成广告跳过，它其实也从侧面反映了一些有趣的信息。

首先，看到“The Quanta Newsletter”和订阅按钮，这告诉我们，我们刚才读到的深刻内容，是现代科学传播的一部分。高质量的科普文章，就像关于惠勒的这篇，是这些媒体吸引读者、建立社群的方式。它提醒我们，科学不仅仅是实验室里的数据和公式，它也是需要被讲述、被传播、被大众理解的故事。

更有趣的是“Also in Physics”(物理学其他文章)这个栏目。这里列出的三篇文章标题，就像是惠勒精神的延续，展示了当今的科学家们依然在探索着那些最根本、最大胆的问题。

第一篇，“物理学家将虚数从量子力学中移除”。这听起来非常专业，但它传递的信息是：即使是像量子力学这样已经非常成熟的理论，它的数学基础（比如是否必须使用虚数*i*）仍然在被审视和挑战。科学大厦并非一成不变，永远有人在检查它的根基是否牢固。

第二篇，“卡洛·罗韦利的激进现实观”。卡洛·罗韦利是当代一位顶尖的理论物理学家。这篇文章标题告诉我们，像惠勒一样，今天依然有思想家在提出关于“现实”(Reality) 本质的“激进”观点。对世界本质的追问，这场伟大的对话，从未停止。

第三篇，“海平面将以多快速度上升？”这篇文章把我们的视线从最抽象的理论物理拉回到了最紧迫的现实问题——地球科学和气候变化。这展示了科学的两个维度：一方面，它满足我们对宇宙的好奇心，探索时空的起源；另一方面，它也必须为解决人类面临的实际生存挑战提供工具和答案。

所以，这最后一部分虽然不是文章正文，但它像一个窗口，让我们看到惠勒留下的那个问号，正在被新一代的科学家们以各种不同的方式继续探索着。科学的火炬，就是这样一代代传递下去的。好的，同学们，大家好。今天我们要一起分析的这份文档，表面上看，似乎只是一个网站的零片段——评论区的规定、页脚的链接等等。但请相信我，作为你们的学术导师，我想告诉大家，即使是这些最不起眼的文本，也隐藏着一个顶尖知识平台的“身份密码”和核心价值观。这对于即将进入大学、需要大量阅读和筛选信息的你们来说，是一堂非常重要的“信息素养课”。让我们像侦探一样，从这些看似平淡的文字中，挖掘出它背后的深意。

【原文】

Comment on this article

Quanta Magazine moderates comments to facilitate an informed, substantive, civil conversation. Abusive, profane, self-promotional, misleading, incoherent or off-topic comments will be rejected. Moderators are staffed during regular business hours (New York time) and can only accept comments written in English.

Show comments

An astronaut floats in front of a black hole, which is sucking various shapes and objects into it.

Next article

The Unraveling of Space-Time

About Quanta

Archive

Contact Us

Terms & Conditions

Privacy Policy

AI Editorial Policy

All Rights Reserved © 2025

An editorially independent publication supported by the Simons Foundation.

Simons Foundation

【解读】

同学们好！我们来仔细剖析这段文本。它虽然简短，却像一扇窗，让我们窥见一个高质量科学媒体的运作方式和精神内核。我们可以把这段内容分成三个部分来理解。

第一部分是**“社区的规则”，也就是评论区的管理政策。你们看，“Quanta Magazine”（《量子杂志》）的目标是“facilitate an informed, substantive, civil conversation”——促进一场有信息量、有实质内容、文明的对话。这和我们平时在社交媒体上看到的评论区有什么不同？很多社交媒体追求的是流量和热度，评论区往往充满了情绪化的争吵、无意义的抖机灵甚至人身攻击。但《量子杂志》作为顶尖的科学媒体，它追求的是知识的交流和思想的碰撞。它明确拒绝“辱骂、亵渎、自我推销、误导、语无伦次或离题”的评论。这就像我们学校的辩论赛，有严格的规则，辩论的目的是为了真理越辩越明，而不是为了吵赢对方。这背后体现的是一种学术精神**：尊重事实、逻辑清晰、文明交流。它告诉我们，一个有价值的讨论社区，需要规则来维护其质量。

第二部分是**“内容的展示”。请看这张图片的描述：“An astronaut floats in front of a black hole, which is sucking various shapes and objects into it.”（一位宇航员漂浮在黑洞前，黑洞正将各种形状和物体吸入其中。）以及下一篇文章的标题：“The Unraveling of Space-Time”（时空的解构）。这寥寥数语，充满了巨大的吸引力。宇航员、黑洞、时空——这些都是物理学中最前沿、最引人遐想的概念。你们在高中物理课上学习了牛顿力学，可能也听说了爱因斯坦的相对论，知道“时空”是一个统一的整体。而“Unraveling”（解开、拆散）这个词，强烈地暗示着我们对时空的现有理解可能正在被颠覆，有新的、更深层次的理论正在涌现。这不仅仅是信息，更是一种叙事艺术**。它通过震撼的视觉想象和充满悬念的标题，激发读者的好奇心，吸引他们去探索宇宙最深刻的奥秘。

第三部分，也是最关键的一部分，是**“平台的身份”**。在文档的末尾，我们看到了两句非常重要的话：“An editorially independent publication supported by the Simons Foundation.”（一个由西蒙斯基金会支持的、编辑独立的出版物。）这句话是理解这个媒体可信度的钥匙。“西蒙斯基金会”是一个非营利组织，致力于支持基础科学研究，这意味着《量子杂志》的资金来源不是商业广告，它的目标不是为了卖产品，而是为了普及科学知识。“编辑独立”则意味着，虽然基金会出钱，但它不能干涉杂志的具体报道内容。杂志的编辑和记者可以不受资助方的影响，客观、中立地报道科学进展。这就像一个法院，它的经费由国家拨款，但法官的判决

必须独立于政府的行政命令，只对法律和事实负责。这一点，是区分一个媒体是权威知识来源还是商业宣传喉舌的“试金石”。

所以，同学们，通过解读这段看似零散的文字，我们学到了什么？我们不仅了解了《量子杂志》这个平台，更重要的是，我们学习了一种**批判性阅读**的方法：如何通过分析一个信息平台的运营规则、内容呈现方式及其资金来源和编辑政策，来判断它的价值和可信度。这对于你们未来在海量信息中筛选出真金，至关重要。