

物理学陷入困境：接下来该怎么办？(上)

本报记者 刘霞 综合外电

19世纪末,由于牛顿力学和麦克斯韦电磁理论趋于完善,一些物理学家认为,“物理学的发展实际上已经结束,物理学已经走到穷途末路了”。殊不知,彼时彼刻,物理学正酝酿着两场翻天覆地的大革命:爱因斯坦的相对论彻底地改变了人们对时间、空间、重力以及宏观宇宙的理解;而量子力学则揭示出一个奇异的微观宇宙。这两大横空出世的革命令人惊觉宇宙之神奇以及人类直觉之不可靠。

然而,事情并没有就此结束,物理学的车轮仍然在科学的驱使下滚滚前行。将量子理论和粒子物理学标准模型这两大20世纪的支柱理论整合起来,创建一个最终解释万事万物运行规律的“万物之理”,仍旧是科学家们一直在苦苦追寻的梦想。疑似希格斯玻色子的发现或许只是一个启示,告诉我们到了我们再次刷新物理学面貌的时候了。当然,一切还是要从最基本的问题出发。

为此,英国《新科学家》网站集结了众多当代著名物理学家的真知灼见,为我们梳理了物理学的现状和面临的困境,以帮助我们消除心头的疑问。

第一部分： 物理学陷入的困境

布赖恩·格林,美国哥伦比亚大学的理论物理学教授,以下文字摘自于他2011年出版的著作《隐藏的 reality》。格林被公认为在超弦理论中做出了很多具有开拓性的发现,他曾在20多个国家开过普及和专业讲座,著有《优雅宇宙》《宇宙结构和优雅宇宙》等书。

数学是现实之根吗？

是什么让我们如此确定数学能揭示自然界最深处的奥秘呢？

19世纪晚期,英国物理学家、数学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦意识到光是一种电磁波,他基于此创立的麦克斯韦方程组表明,光速应该为30万千米/秒。这一数据与实验测得的数值相差无几。但是,麦克斯韦方程组给后人留下了一点小小烦恼,那就是,30万千米/秒这一数值是相对于什么而言的呢？

爱因斯坦为了解光速的参考系问题,人为地引入了“以太(aether)”,最终,他创立了广义相对论。广义相对论认为,万有引力不是一般的力,而是时空弯曲的表现。广义相对论目前仍然是宇宙模型的基础。

爱因斯坦创立的狭义相对论颠覆了几个世纪以来与空间、时间、物质和能量有关的一切思想,但爱因斯坦并没有止步于此,最终,他创立了广义相对论。广义相对论认为,万有引力不是一般的力,而是时空弯曲的表现。广义相对论目前仍然是宇宙模型的基础。

上述细节具有重大的历史意义,但又不仅如此,所有人都看到了麦克斯韦方程组背后的数学,而只有天才的爱因斯坦才花费了很大的精力和心血来研究它,并最终基于此做出了伟大的发现。

这个故事很好地阐释了诺贝尔奖得主史蒂芬·温伯格的一段话。温伯格曾经表示:“我们的错误并不在于我们太把已有的理论当回事,而在于我们并没有对它们给予足够的重视。”

温伯格的这段话指的是天文学上的另一个重大突破——美国科学家拉尔夫·阿尔法、罗伯特·赫尔曼以及乔治·伽莫夫的预测,即大爆炸之后的瞬间会产生宇宙微波背景辐射。其实,只要科学家们将广义相对论与基本的热力学理论结合在一起考虑,就会自然而然地得出上述结论。

1948年,阿尔法和赫尔曼预言,宇宙大爆炸产生的残留辐射,由于宇宙的膨胀和冷却,如今它所具有的温度约为绝对零度(零下273摄氏度)以上5开,或者说5K。但是他们的预言并未引起人们的普遍重视。

直到1965年,美国新泽西州贝尔实验室的两位无线电工程师阿尔诺·彭齐亚斯和罗伯特·威尔逊在为跟踪一颗卫星而校准一具很灵敏的无线电天线时,十分意外地发现了这种宇宙辐射场。与此同时,在附近的普林斯顿大学,由罗伯特·迪克领导的科学小组也已独立地发现了阿尔法和赫尔曼作过的预言,并着手设计出了一台探测器以供搜索大爆炸的残留辐射。他们假设它是热辐射,那么它所具有的能量就相应于2.7K的温度——这与阿尔法和赫尔曼富于灵感的估计非常接近。科学家们将其称为“宇宙微波背景辐射”。宇宙微波背景辐射的存在,给大爆炸理论提供了有力的支持。

无可否认,温伯格的话具有很强的现实意义。尽管多年来,已经有无数实验证明与现实世界有关的数学是他埋头于书桌得到的,但是这并非说我们的理论学家们随便涂抹的任何方程式都能达到温伯格的水平。没有令人信服的实际结果,认定哪个方程式值得认真对待,这可真是一件艺术活。

当然,爱因斯坦就是这方面的艺术大师。在他于1905年发表了狭义相对论公式之后的几十年内,他就对数学的各个领域烂熟于心了,而同时代的大多数物理学家则对这些领域知之甚少甚至一无所知。在他迈向广义相对论的最终等式的过程中,在将这些数学结构同他的物理学直觉结合在一起这个方面,爱因斯坦展示出了罕见的天赋。

比如,1919年,当爱因斯坦看到一条消息说,科学家们对日全食的观测证实了广义相对论的预测——光应沿着曲线行进时,他强调说,要是结果不一样,“他只能对上帝说‘抱歉’了,因为他确信他



斯蒂芬·巴特兹: 现居伦敦,是《新科学家》杂志的顾问。

宇宙心脏深处的黑暗虚空

我们已经建立起来的宇宙模型非常成功,可能很大程度上是因为,模型中的绝大部分完全是出自于我们的想象吧。

对我们的眼睛来说,星星即宇宙。但是,对宇宙学家来说,星星不过是一些闪光的微粒,是宇宙这所大房子的重要装饰物而已。在宇宙空间内,还存在着两种难以捉摸的物质,其重要性远远超过普通的星星和气体,那就是:暗物质和暗能量,我们对它们一无所知,但我们知道,它们显然与万事万物都有关联。

这对“孪生幽灵”或许足以让我们停下奔忙的脚步,促使我们思考,我们历时一个多世纪费心费力创建的宇宙模型是否正确。而且,情况还不止于此。我们的标准宇宙学模型也表明,在大爆炸之后的一霎那,空间就被第三种目前还不为人所知的东西拉伸成膜,科学家们将这第三种“暗势力”称为“暴胀场”。这或许意味着,在我们看不见的地方,还存在着无穷多个其他的宇宙,其中的大部分宇宙对于我们来说另类得不可思议,其存在可能只是为了让我们建立的宇宙模型更好地发挥作用而已。

那么,让我们的观察来承载这些“暗夜幽灵”,是否有点过于沉重呢!? 难不成真如马克·吐温所说的:我们只是投资了一点微小的事实,就能得到一大堆的推测?

我们的标准宇宙学的物理学基础是爱因斯坦的广义相对论,广义相对论始于一个非常简单的观察:任何物体的引力重量完全等于其惯性质量,爱因斯坦对这一等效原理的阐释,亦是广义相对论的根本精神,就是质量导致时空弯曲,而弯曲的时空则导致其他质量加速。苹果落地就可以采用这种方法来解释:因为地球的质量很大,使其周围的四维时空发生了弯曲,因此,苹果就顺着弯曲的时空向地球移动了。

广义相对论的另外一个重要预测是,时空扰动可以波动形式传播。这些引力波就像水面被扰动时传出的水波,但波动的是时空本身。不过,引力波的强度很弱,而且物质对引力波的吸收效率极低,因此直接探测引力波极为困难。美欧日等国家都在建造一些大型的引力波天线,希望能接收到宇宙远方传来的微弱的引力波。曾有人宣称在实验室内探测到了引力波,但未得到公认。1974年,天文学家们观察到一对致密的名为脉冲星的恒星相互围绕,按照广义相对论的预测,如果它们因为释放引力波而损失一部分能量就会如此。

在宇宙的尺度上,万有引力是自然界的支配之力,因此,代表了现代物理学中引力理论研究最高水平的广义相对论(是一种关于万有引力本质的理论)是我们最好的工具,我们可以借助广义相对论为宇宙创建模型,描述和展示宇宙作为一个整体是如何移动的以及宇宙的一举一动。广义相对论方程是一个以时空为自变量、以度规为因变量的带有椭圆约束的二阶双曲型偏微分方程,它以复杂而美妙著称,而且,其可调节的参数多得令人发懵,如果提供一个复杂的输入,诸如真实宇宙的质量和能量散乱分布的细节,这个方程几乎就很难有解了。为了创建一个实用的宇宙学模

型,我们需要简化假设。其中主要的假设是哥白尼原则(The Copernican principle),这是物理学和哲学的一条基本法则,以文艺复兴时代提出“日心说”的波兰天文学家尼古拉·哥白尼命名。它的定义是:没有一个观测者有特别的位置,宇宙各处看起来应该都一样。当我们在足够大的层面上观察时,也的确如此,万事万物都分布得非常均匀。这意味着爱因斯坦方程只需要带一个参数就够了,那就是宇宙的物质密度。广义相对论认为,时空弯曲的程度是由物质的密度分布所决定的。

然而,其他科学家将广义相对论的方程式应用于不断膨胀的宇宙,变得具体,且进入人们的思维。20世纪30年代,瑞士天文学家弗里茨·茨威基发表了一个惊人结果:在星系团中,看得见的星系只占总质量的1/300以下,而99%以上的质量是看不见的。茨威基首先发现了暗物质的存在,他的发现大大推动了物理学的发展。但由于暗物质根本不与光发生作用,更不会发光,在天文上用光的手段绝对看不到暗物质,因此,当时许多人并不相信茨威基的结果。

此后,其他证据,包括星系群的运动方式、星系朝我们而来的路上弯曲光线的方式等,都成为暗物质存在的基础。另外,在最开始,为了将物质紧紧胶合在一起产生星系,也需要暗物质。科学家们还推测,暗物质的数量可能是可见的气体和星星的5倍。

目前,暗物质的身份对我们来说仍是一个未解之谜,暗物质似乎并不在粒子物理标准模型之内。尽管我们尽了最大努力,却仍然没有在地球上制造出甚至观察到暗物质。但是,它对宇宙学标准模型的影响微乎其微:在广义相对论中,其引力作用与普通物质的引力作用一模一样,而且,即使有这么多能产生丰富引力的物质,也很难让宇宙停下膨胀的脚步。

第二种“暗势力”则引发了一场更加深刻的变革。在上世纪90年代,使用名为1a型的超新星爆发时测量的数据,天文学家们对宇宙膨胀进行了更加精确地追踪。种种观测数据表明,宇宙正在加速膨胀,似乎有某种斥力弥漫于广袤的宇宙间,彻底打败了物质间的万有引力。科学家将这种尚不知道的反引力作用称为“暗能量”。

型,我们需要简化假设。

其中主要的假设是哥白尼原则(The Copernican principle),这是物理学和哲学的一条基本法则,以文艺复兴时代提出“日心说”的波兰天文学家尼古拉·哥白尼命名。它的定义是:没有一个观测者有特别的位置,宇宙各处看起来应该都一样。当我们在足够大的层面上观察时,也的确如此,万事万物都分布得非常均匀。这意味着爱因斯坦方程只需要带一个参数就够了,那就是宇宙的物质密度。广义相对论认为,时空弯曲的程度是由物质的密度分布所决定的。

然而,其他科学家将广义相对论的方程式应用于不断膨胀的宇宙,变得具体,且进入人们的思维。20世纪30年代,瑞士天文学家弗里茨·茨威基发表了一个惊人结果:在星系团中,看得见的星系只占总质量的1/300以下,而99%以上的质量是看不见的。茨威基首先发现了暗物质的存在,他的发现大大推动了物理学的发展。但由于暗物质根本不与光发生作用,更不会发光,在天文上用光的手段绝对看不到暗物质,因此,当时许多人并不相信茨威基的结果。

此后,其他证据,包括星系群的运动方式、星系朝我们而来的路上弯曲光线的方式等,都成为暗物质存在的基础。另外,在最开始,为了将物质紧紧胶合在一起产生星系,也需要暗物质。科学家们还推测,暗物质的数量可能是可见的气体和星星的5倍。

目前,暗物质的身份对我们来说仍是一个未解之谜,暗物质似乎并不在粒子物理标准模型之内。尽管我们尽了最大努力,却仍然没有在地球上制造出甚至观察到暗物质。但是,它对宇宙学标准模型的影响微乎其微:在广义相对论中,其引力作用与普通物质的引力作用一模一样,而且,即使有这么多能产生丰富引力的物质,也很难让宇宙停下膨胀的脚步。

第二种“暗势力”则引发了一场更加深刻的变革。在上世纪90年代,使用名为1a型的超新星爆发时测量的数据,天文学家们对宇宙膨胀进行了更加精确地追踪。种种观测数据表明,宇宙正在加速膨胀,似乎有某种斥力弥漫于广袤的宇宙间,彻底打败了物质间的万有引力。科学家将这种尚不知道的反引力作用称为“暗能量”。

然而,其他科学家将广义相对论的方程式应用于不断膨胀的宇宙,变得具体,且进入人们的思维。20世纪30年代,瑞士天文学家弗里茨·茨威基发表了一个惊人结果:在星系团中,看得见的星系只占总质量的1/300以下,而99%以上的质量是看不见的。茨威基首先发现了暗物质的存在,他的发现大大推动了物理学的发展。但由于暗物质根本不与光发生作用,更不会发光,在天文上用光的手段绝对看不到暗物质,因此,当时许多人并不相信茨威基的结果。

此后,其他证据,包括星系群的运动方式、星系朝我们而来的路上弯曲光线的方式等,都成为暗物质存在的基础。另外,在最开始,为了将物质紧紧胶合在一起产生星系,也需要暗物质。科学家们还推测,暗物质的数量可能是可见的气体和星星的5倍。

目前,暗物质的身份对我们来说仍是一个未解之谜,暗物质似乎并不在粒子物理标准模型之内。尽管我们尽了最大努力,却仍然没有在地球上制造出甚至观察到暗物质。但是,它对宇宙学标准模型的影响微乎其微:在广义相对论中,其引力作用与普通物质的引力作用一模一样,而且,即使有这么多能产生丰富引力的物质,也很难让宇宙停下膨胀的脚步。

第二种“暗势力”则引发了一场更加深刻的变革。在上世纪90年代,使用名为1a型的超新星爆发时测量的数据,天文学家们对宇宙膨胀进行了更加精确地追踪。种种观测数据表明,宇宙正在加速膨胀,似乎有某种斥力弥漫于广袤的宇宙间,彻底打败了物质间的万有引力。科学家将这种尚不知道的反引力作用称为“暗能量”。

然而,其他科学家将广义相对论的方程式应用于不断膨胀的宇宙,变得具体,且进入人们的思维。20世纪30年代,瑞士天文学家弗里茨·茨威基发表了一个惊人结果:在星系团中,看得见的星系只占总质量的1/300以下,而99%以上的质量是看不见的。茨威基首先发现了暗物质的存在,他的发现大大推动了物理学的发展。但由于暗物质根本不与光发生作用,更不会发光,在天文上用光的手段绝对看不到暗物质,因此,当时许多人并不相信茨威基的结果。

此后,其他证据,包括星系群的运动方式、星系朝我们而来的路上弯曲光线的方式等,都成为暗物质存在的基础。另外,在最开始,为了将物质紧紧胶合在一起产生星系,也需要暗物质。科学家们还推测,暗物质的数量可能是可见的气体和星星的5倍。

目前,暗物质的身份对我们来说仍是一个未解之谜,暗物质似乎并不在粒子物理标准模型之内。尽管我们尽了最大努力,却仍然没有在地球上制造出甚至观察到暗物质。但是,它对宇宙学标准模型的影响微乎其微:在广义相对论中,其引力作用与普通物质的引力作用一模一样,而且,即使有这么多能产生丰富引力的物质,也很难让宇宙停下膨胀的脚步。

第二种“暗势力”则引发了一场更加深刻的变革。在上世纪90年代,使用名为1a型的超新星爆发时测量的数据,天文学家们对宇宙膨胀进行了更加精确地追踪。种种观测数据表明,宇宙正在加速膨胀,似乎有某种斥力弥漫于广袤的宇宙间,彻底打败了物质间的万有引力。科学家将这种尚不知道的反引力作用称为“暗能量”。

然而,其他科学家将广义相对论的方程式应用于不断膨胀的宇宙,变得具体,且进入人们的思维。20世纪30年代,瑞士天文学家弗里茨·茨威基发表了一个惊人结果:在星系团中,看得见的星系只占总质量的1/300以下,而99%以上的质量是看不见的。茨威基首先发现了暗物质的存在,他的发现大大推动了物理学的发展。但由于暗物质根本不与光发生作用,更不会发光,在天文上用光的手段绝对看不到暗物质,因此,当时许多人并不相信茨威基的结果。

此后,其他证据,包括星系群的运动方式、星系朝我们而来的路上弯曲光线的方式等,都成为暗物质存在的基础。另外,在最开始,为了将物质紧紧胶合在一起产生星系,也需要暗物质。科学家们还推测,暗物质的数量可能是可见的气体和星星的5倍。

目前,暗物质的身份对我们来说仍是一个未解之谜,暗物质似乎并不在粒子物理标准模型之内。尽管我们尽了最大努力,却仍然没有在地球上制造出甚至观察到暗物质。但是,它对宇宙学标准模型的影响微乎其微:在广义相对论中,其引力作用与普通物质的引力作用一模一样,而且,即使有这么多能产生丰富引力的物质,也很难让宇宙停下膨胀的脚步。

第二种“暗势力”则引发了一场更加深刻的变革。在上世纪90年代,使用名为1a型的超新星爆发时测量的数据,天文学家们对宇宙膨胀进行了更加精确地追踪。种种观测数据表明,宇宙正在加速膨胀,似乎有某种斥力弥漫于广袤的宇宙间,彻底打败了物质间的万有引力。科学家将这种尚不知道的反引力作用称为“暗能量”。

然而,其他科学家将广义相对论的方程式应用于不断膨胀的宇宙,变得具体,且进入人们的思维。20世纪30年代,瑞士天文学家弗里茨·茨威基发表了一个惊人结果:在星系团中,看得见的星系只占总质量的1/300以下,而99%以上的质量是看不见的。茨威基首先发现了暗物质的存在,他的发现大大推动了物理学的发展。但由于暗物质根本不与光发生作用,更不会发光,在天文上用光的手段绝对看不到暗物质,因此,当时许多人并不相信茨威基的结果。

此后,其他证据,包括星系群的运动方式、星系朝我们而来的路上弯曲光线的方式等,都成为暗物质存在的基础。另外,在最开始,为了将物质紧紧胶合在一起产生星系,也需要暗物质。科学家们还推测,暗物质的数量可能是可见的气体和星星的5倍。

目前,暗物质的身份对我们来说仍是一个未解之谜,暗物质似乎并不在粒子物理标准模型之内。尽管我们尽了最大努力,却仍然没有在地球上制造出甚至观察到暗物质。但是,它对宇宙学标准模型的影响微乎其微:在广义相对论中,其引力作用与普通物质的引力作用一模一样,而且,即使有这么多能产生丰富引力的物质,也很难让宇宙停下膨胀的脚步。

第二种“暗势力”则引发了一场更加深刻的变革。在上世纪90年代,使用名为1a型的超新星爆发时测量的数据,天文学家们对宇宙膨胀进行了更加精确地追踪。种种观测数据表明,宇宙正在加速膨胀,似乎有某种斥力弥漫于广袤的宇宙间,彻底打败了物质间的万有引力。科学家将这种尚不知道的反引力作用称为“暗能量”。

精准的配方

这可能是爱因斯坦的“宇宙学常数”的再生,当然,这和当初爱因斯坦引入以给出平滑的宇宙模型不同,现在的“宇宙学常数”代表了暗物质和暗能量。科学家们认为,暗能量在宇宙中起斥力作用,但又不能严格说其是一种斥力,只能称其为能量。尽管如此,粒子物理学家们仍在纠结,为什么空间本身暗藏着这么小的能量密度呢?于是,富有想象力的理论学家们纷纷给出各种解释,比如由迄今为止还没有被看到的粒子产生的能量场;来自于可见的宇宙之外或者由其他维度发射过来的作用力等等。

不过,上述富有想象力的观点目前都没有得到证实。无论暗能量是什么,它似乎足够真实。目前为科学界普遍接受的宇宙起源理论认为,宇宙诞生于距今约137亿年前的一次“大爆炸”。宇宙微波背景辐射被认为是“大爆炸”的“余烬”,均匀地分布于整个宇宙空间。“大爆炸”之后的宇宙温度极高,之后30多万年,随着宇宙膨胀,温度逐渐降低,宇宙微波背景辐射正是在此期间产生的。

宇宙微波背景辐射上有一些温度不一的斑点,分别代表着年轻宇宙密度稍高和密度稍低的地方。这些斑点的典型尺度可以被科学家们用来衡量空间作为一个整体被其内的物质和运动弯曲到何种程度。结果表明,宇宙看上去几乎平滑无比,这意味着所有这些弯曲效应都必须被抵消。这就使得科学家们再次需要某些额外的排斥能量来平衡由于膨胀和物质的引力所导致的弯曲。星系在空间中的分布模式也给出了同样的结论。

所有这些观测线索,让我们获得了一份宇宙的精确配方。空间中普通物质的平均密度是0.426微克(yoctogram)(1微克为10⁻²⁴克)/立方米,这些物质占宇宙总能量密度的4.5%,而暗物质占22.5%,暗能量占73%。我们建立在广义相对论基础上的宇宙大爆炸模型与我们的科学观察非常吻合,只要我们坦然接受我们虚构出来的“暗势力”占据了宇宙95.5%的份额。

不过,这并不意味着我们已经大功告成,我们必须“发明”更多东西才行。为了解释宇宙为什么在各个方向看起来如此一致,目前的主流宇宙学理论还引入了第三种“诡异”元素,那就是暴胀场。宇宙学理论认为,当宇宙形成仅10⁻³⁵秒时,一种具有颠覆性的力量接管了整个宇宙,这种力量就是暴胀场,其像暗能量一样是排斥力,但比暗能量强大很多,它导致宇宙膨胀性膨胀为原来的10¹⁶倍,让宇宙变平滑,同时抹去了所有的整体不规则性。

当这段暴胀期终结时,该暴胀场就转化为物质和辐射。该暴胀场中的量子涨落,变成了宇宙密度的细微变化,最终演变为宇宙微波背景中的斑点和我们目前看到的漫天繁星。

而且,这个梦幻般的故事似乎与我们观察到的事实非常吻合,它也再次引入了很多“空想”出来的概念。对于广义相对论而言,暴胀并不麻烦,在数学上,只需要加上一个与宇宙学常数完全一样的术语而已。但是,在某一时刻,该暴胀场一定占据了宇宙100%的空间,而且,其起源也像暗物质或暗能量一样,对人们来说是未解之谜。更重要的是,暴胀一旦开始,就很难停下来:它会继续制造出很多与我们的宇宙风格迥异的宇宙。对这些宇宙学家来说,当他们重新审视我们的标准宇宙学的基本假设时,预言多重宇宙的存在显而易见就有迫不及待了。

标准宇宙模型也有很多同我们的观察不一致的地方。比如,宇宙大爆炸制造出的锂-7在理论上多于宇宙本身包含的。另外,该模型也没有解释宇宙背景辐射中某些特征似乎能够排列成行以及特定视线方向上的星系看起来似乎更倾向于左旋自转。而且,科学家们最近发现了一个长达40亿光年的超星系结构,也让人们对宇宙在大尺度上是平滑的这一假设提出了质疑。

黑暗三重奏

如果科学家们获得更多数据,或者改变计算方法,上述诸多小麻烦很可能就会消失殆尽。但是,更大的问题仍然存在。美国哈佛—史密森尼天体物理研究中心的物理学家罗伯特·柯什纳表示:“我们不了解暗能量,也不了解暗物质,这令我们感到相当沮丧。”柯什纳也是首先发现暗能量的超新星团队中的一员。

自从爱因斯坦创立充满尘埃的宇宙模型以来,作为基础的数学方法并没有发生改变,但是,科学家们不断朝这个模型“添砖加瓦”,使得现在的宇宙模型更富活力,而且细节更加明晰。科学家们现在已经精确地知道该宇宙的年龄和组成了。暗物质似乎制造出了星系和其他结构;暗能量则暗示着宇宙会加速膨胀,最终进入一个冰冷和孤独的未来;暴胀理论表明宇宙源于一场暴力事件中。这三驾黑暗马车,每一驾都指向一项全新的物理学。

柯什纳将这看成是一个挑战。他说:“这并不意味着我们的理论中存在着任何瑕疵。我们也不会因此失望,相反,我们深受鼓舞。”但是,只要我们没有在实验室中获得暗物质的证据,或者为暗能量找到能证明其存在物理学基础,我们就有可能深陷某种本性误解的桎梏之中——或许,我们的宇宙学模型的数学基础出现了一个非常根本的偏差,根本到了迄今为止还没有人能够想象得出这个错误会是哪种形式,只是一个未知的未知。那么,量子引力论会是我们前进的方向吗?或者,某些新的观察会让我们再一次重写我们建立在广义相对论基础上的宇宙学说?

现在,我们只有一些最模糊的线索,指引着我们前往何处寻找替代的宇宙模型。但是,或许,我们只需要摒弃一个没有人注意到的与现实有关的假设,帷幕就会被拉起,所有的黑暗势力都将烟消云散,满天繁星将再现光芒。