

第 1 章 宇宙空间是物质的——空间基本 单元启示录

1.1 历经 60 年的探索发现：整个宇宙空间都弥漫着 2.725K 的微波背景辐射

对于宇宙的起源学说，当今最流行的仍然是近代的“宇宙大爆炸理论”，这个理论是由俄裔美国科学家伽莫夫在 1948 年提出来的。该理论认为：宇宙开始于高温、高密度的原始物质，最初的温度超过几十亿度，随着温度的持续下降，宇宙开始膨胀。随着温度和密度的降低，宇宙早期存在的微小涨落在引力作用下不断增大，最后逐渐形成今天宇宙中的各种天体。

如果宇宙起始于某次大爆炸，那么这种爆炸理应在宇宙太空中留下某种遗迹，果然大爆炸的遗迹被找到了。1964 年，美国贝尔实验室的工程师阿诺·彭齐亚斯（Penzias）和罗伯特·威尔逊（Wilson）在一次检测天线噪声性能的实验中偶然发现了太空中存在波长为 7.35cm 的微波辐射，并且是 360 度全方向、永恒存在的，既没有周、日变化也没有季节变化的无线电信号。这个辐射就是宇宙空间微波背景辐射，对应到约为 3K（K 为热力学温度单位开尔文 Kelvins 的英文简写，0K 为 -273.15°C ）的宇宙空间黑体辐射。彭齐亚斯和威尔逊也因发现宇宙微波背景辐射获得了 1978 年的诺贝尔物理学奖。根据 1989 年 11 月升空的宇宙背景探测者 COBE（Cosmic Background Explorer）测量到的结果，存在于整个宇宙中的宇宙微波背景辐射谱非常精确地符合温度为 $2.726 \pm 0.010\text{K}$ 的黑体辐射谱。继 COBE 之后，比 COBE 角分辨率高近 70 倍的 WMAP（Wilkinson Microwave Anisotropy Probe，威尔金森微波各向异性探测器）于 2001 年进入太空，对宇宙微波背景辐射进行了更精确的观测。WMAP 测量到的结果显示，宇宙微波背景辐射谱非常精确地符合温度为 $2.72548 \pm 0.00057\text{K}$ 的黑体辐射谱，如图 1-1 所示。

另外，在宇宙大爆炸模型下，当宇宙空间冷却形成氢原子后，光子就不再与电中性的原子相互作用，并开始自由地在空间中旅行，这就导致了物质与辐射退耦合，通俗地讲就是空间的低能量光波不再与原子相互作用（如激发原子发光等）。脱耦光子的色温伴随宇宙空间的膨胀逐渐降低，如今降至 $2.7260 \pm 0.0013\text{K}$ ^①。因此，WMAP 的

^① Fixsen, D. J. The Temperature of the Cosmic Microwave Background. The Astrophysical Journal. December 2009, 707 (2): 916 - 920.

功劳在于清晰地确认了 COBE 的成果。由此，我们可以说：宇宙空间是一个有着温度为 2.725K 或 -270.425°C 的空间。我们的宇宙空间密码的探索之路就从这个重要的温度开始，并以发现 2.725K 的来源为终结。

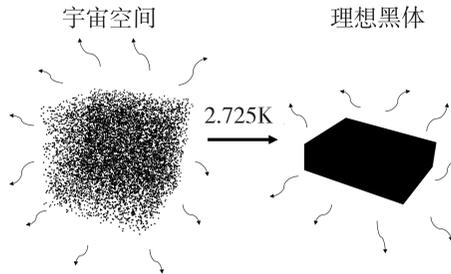


图 1-1 在整个宇宙空间中弥漫着 2.725K 的微波背景辐射

1.2 2.725K 的宇宙空间微波背景辐射揭示出宇宙空间的物质属性

尽管物理学界还没有确定宇宙空间及构成宇宙空间的最基本物质单元是什么，但是我们可以先总结一下已经被人类确认的宇宙空间的物质属性。

①无论是古希腊的亚里士多德称谓的“以太”、牛顿提出的“光微粒”、现代物理理论中的“弦”学说，还是宇宙大爆炸学说中的“原始物质”，都在猜想宇宙空间中必定存在着某种基本物质单元。

②由于光、电磁波、引力均由空间传播，所以宇宙空间一定还存在着承载这些物理现象的基本物质单元（本书中简称为“空间基本单元”），并且正是这种基本物质单元的光速运动才使得这些能量波动以光速在空间中传播。

③在科学家们已经排除了宇宙空间中存在着其他的有形物质辐射，如恒星辐射等能量后，宇宙空间中还依然到处存在着温度为 2.725K 的热辐射。热辐射是物质热运动的一种直接表征，这也就直接证明了宇宙空间确实是存在某种基本物质单元的，并且是因为这种基本物质单元的热运动才引发了温度为 2.725K 的热辐射。

根据以上描述的宇宙空间所表现出的物质属性，我们有理由假设存在这样的空间基本单元，并由这种空间基本单元构成宇宙中所有的衍生物质，小的如电子、质子、中子、中微子等基本粒子，大的如行星、恒星、星系、黑洞等，当然也包括我们苦苦寻找的暗物质等。基于这种假设，我们自然就会联想到，甚至确认宇宙空间存在相当于 2.725K 左右的电磁辐射就是由这种空间基本单元的运动引起的，类似于空气分子的运动导致声音在空气中的传导。由此，我们进一步假设，空间基本单元的运动导致了光、电磁波、引力在空间的传播，由于它们在空间传播的速度都是光速，就自然而然地可以假定空间基本单元传递能量的速度也是光速，光速是空间基本单元的物理属性。

本书中所涉及的空间基本单元的各种假设、证明过程、发现的空间密码、探索成果等，均统称为“空间基本单元理论”。

1.3 宇宙物质构成的统一理论：存在构成整个宇宙万物的空间基本单元

根据上一节推理，我们基于基本的物理学常识和经验，做出以下3个假设：

假设1：宇宙空间是物质的并且存在空间基本单元，这种空间基本单元以不同的能量形态构成了宇宙中所有形态的物质，并成为所有物质间相互作用力的基本媒介。假定空间基本单元处于空间温度为2.725K基本能量态下的等效质量为 m_0 （非惯性质量），则相应能量为 m_0c^2 。

假设2：这种空间基本单元的运动（波动、振动或其他形式的能量交换形式）导致宇宙空间存在2.725K左右的微波背景辐射。

假设3：空间基本单元的运动速度（采用均方根速度，均方根速度是能量传递的速度）或能量交换速度为光速，即 $u_{rms} = c$ 。

宇宙空间是物质的，这一点很早就已经被现代物理学所认可，但是只有空间基本单元理论给出了明确的空间最基本物质单元的能量量化值和确切的理论与实验依据。既然我们认定宇宙空间微波背景辐射源于宇宙空间，同时我们也认为空间存在基本单元，那么就可以推论，这个宇宙空间微波背景辐射源于宇宙空间基本单元的运动。根据量子物理学对于（温度为 T 的）黑体辐射的解释：每个空间基本单元在空间的运动可以分解为在0至无限大的频率范围内的谐振子的振动模式。在热平衡状态下，根据玻尔兹曼正则分布，每个维度的谐振子的能量范围为 E 的概率正比于 $\exp^{-E/k_B T}$ 。因此谐振子的平均能量为^①：

$$\bar{E} = \frac{\int_0^{\infty} E \times e^{-E/k_B T} dE}{\int_0^{\infty} e^{-E/k_B T} dE} = k_B T \quad (1.1)$$

式中 k_B 为玻尔兹曼常数。

由于空间基本单元的运动是三维的，因此，空间基本单元的总平均能量为：

$$\bar{E}_{\text{总平均能量}} = 3 k_B T \quad (1.2)$$

同时，在每一个周期内，谐振子的平均动能能量与平均势能能量相等，即^②：

$$\bar{E}_{\text{平均动能}} = \bar{E}_{\text{平均势能}} = \frac{3}{2} k_B T \quad (1.3)$$

$$\bar{E}_{\text{总平均能量}} = \bar{E}_{\text{平均动能}} + \bar{E}_{\text{平均势能}} = 3 k_B T \quad (1.4)$$

① 王永昌. 近代物理学 [M]. 北京：高等教育出版社，2006：31.

② 同上。

根据假设 1、假设 2、假设 3 及质量—能量关系式，空间基本单元的总等效平均能量为 m_0c^2 ，因此有：

$$\bar{E}_{\text{总平均能量}} = 2 \bar{E}_{\text{平均势能}} = 2 \bar{E}_{\text{平均动能}} = 3 k_B T = m_0c^2 \quad (1.5)$$

$$\frac{1}{2} m_0c^2 = \frac{3}{2} k_B T \quad (1.6)$$

其中 $c = 299792458\text{m/s}$ 为真空中光速， $k_B = 1.380649 \times 10^{-23}\text{J/K}$ 为玻尔兹曼常数， T 为空间绝对温度 ($T = 2.725\text{K}$)， m_0 为空间基本单元在 2.725K 空间能量态下的能量等效质量。

不要试图将 $m_0c^2/2$ 理解为一个惯性质量 m_0 的以光速运动的粒子。 $m_0c^2/2$ 只是作为由无数在空间中以光速传播的各种波的平均动能（或平均势能）能量，这个能量可以是我们可理解的波动、振动能量等形式，并以动能或势能的形式表现出来。当空间背景辐射的等效温度 $T=0$ 时，可以看出：空间基本单元的能量为 0，等效质量为 0。因此空间基本单元不具备惯性质量，或者惯性质量极其微小而不在检测范围之内。我们可以进一步认为，在一定的检测范围内：空间基本单元惯性质量为 0，静止质量也为 0。由此而来，根据量子物理学理论以及发现空间存在的 2.725K 的空间背景辐射来推导并证明：空间基本单元作为空间存在的物质，具有可以在能量激发下产生波动（光波），以及可以以光速传播波动能量的真实属性。

在假设 3 中，我们提出空间基本单元的运动速度（均方根速度）为光速，由于均方根速度（root mean square velocity）是空间基本单元运动速度平方的平均值，用 u_{rms} 表示。例如，有 n 个空间基本单元，其速度分别为 u_1, u_2, \dots, u_n ，则其速度的均方根值 u_{rms} 为：

$$u_{rms} = \sqrt{\frac{u_1^2 + u_2^2 + \dots + u_n^2}{n}} \quad (1.7)$$

u_{rms} 可用于表示空间基本单元的平均动能 ε 。如每个空间基本单元的能量等效质量用 m_0 表示，则空间基本单元的平均动能为：

$$\varepsilon = \left(\frac{1}{2} m_0 u_1^2 + \frac{1}{2} m_0 u_2^2 + \dots + \frac{1}{2} m_0 u_n^2 \right) / n = \frac{1}{2} m_0 u_{rms}^2 \quad (1.8)$$

由此，经典的热力学理论的粒子运动速度（均方根速度）与温度的关系有（见：Physics: Calculus, Eugene Hecht, P525）：

$$u_{rms} = c = \sqrt{\frac{3k_B T}{m_0}} \quad (1.9)$$

这样一来，在推导空间基本单元能量的等效质量过程中，由量子物理学和质能关系的推导公式（1.6）同经典热力学的粒子均方根速度与温度关系的推导式（1.9）形成了一致的结果。由此而来，由宇宙微波背景辐射测量结果以及经典分子热力学理论推导来的宇宙空间基本单元的等效质量 m_0 则有：

$$m_0 = 3k_B T/c^2 = 3 \times 1.380649 \times 10^{-23} \times 2.725 / (8.987551787 \times 10^{16}) \text{ kg} = 1.255826 \times 10^{-39} \text{ kg} \quad (1.10)$$

2.725K 下的空间基本单元能量折合电子伏为:

$$m_0 c^2 / (1.602176634 \times 10^{-19}) \text{ eV} = 0.704467 \text{ meV} \quad (1.11)$$

想象中的空间基本单元形态或许更近似于当代物理学讨论的弦、环形或类球形的形态, 依据能量结构而定, 并卷曲在一个各向同性的多维度的微小空间区域, 如图 1-2 所示, 其等效质量为 $1.255826 \times 10^{-39} \text{ kg}$, 约 $0.704467 \times 10^{-3} \text{ eV}$ 。空间基本单元的质量与形态同空间基本单元所处的能量状态是直接相关的, 并且处于 2.725K 温度下基态的空间基本单元不具有自旋角动量属性。由于我们仅仅是根据能量与温度关系来确定空间基本单元的等效质量, 当然这种等效质量并不是惯性质量, 同时也并没有科学的观察结果和数据给出空间基本单元的形状, 所以不能给出确切的空间基本单元的形状。但是, 从完整的空间基本单元理论的探索成果来看, 能够构成各种物质形态的空间基本单元在能量的作用下会形成封闭的圆形或球形一类的空间, 并将光波波动能量永恒地囚禁在它的封闭空间里, 因而形成所谓的惯性质量。空间基本单元的形态也随着能量状态的变化而变化, 进而出现形形色色的物质形态。

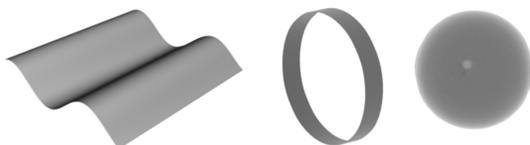


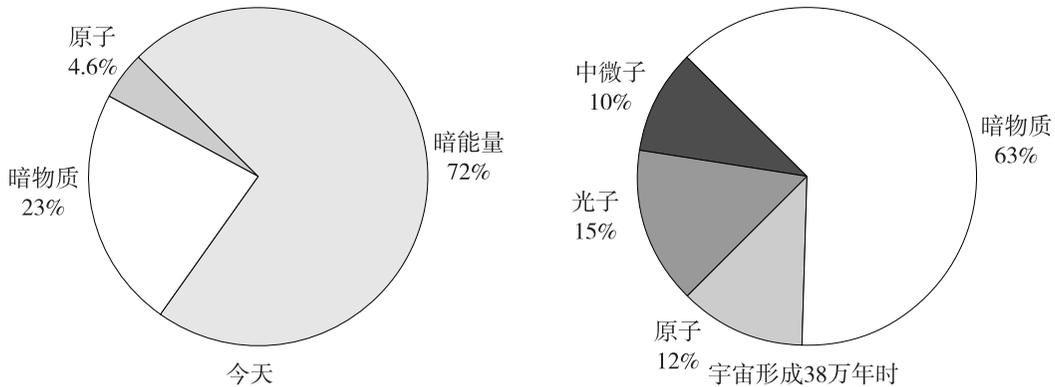
图 1-2 各种形态的空间基本单元想象图

1.4 人类探索宇宙暗物质轴子的实践间接验证了空间基本单元的存在

自从原子论成为近代物理学主导理论以来, 人们普遍认为宇宙是以由原子构成的物质为主体的。但是伴随着科技的发展, 现代宇宙物理学发现: 宇宙可见物质仅占宇宙总物质的 4% 左右, 大概 96% 的物质是不可见的, 也称暗物质、暗能量, 如图 1-3 所示。

在宇宙刚刚形成 38 万年时, 暗物质 (Dark Matter) 占宇宙物质的 63%, 其余的是中微子 (Neutrinos) 占 10%、光子 (Photons) 占 15%、原子 (Atoms) 占 12%; 而到了今天, 暗物质占宇宙物质的 23%, 原子 (Atoms) 占 4.6%, 暗能量占 72%。

这说明, 诞生前的宇宙空间应该全部都是暗物质, 也就是大爆炸理论所说的“原始(基本)物质”, 诞生后一部分暗物质逐步合成各种粒子, 如原子、光子等, 其中原子形成各类星球、星系, 直到宇宙诞生 137 亿年后的今天。暗物质因不断合成各种粒子, 其在宇宙物质中的总占比在逐步降低。



资料来源：美国宇航局 NASA 网站

图 1-3 暗物质随宇宙诞生而演变

上述证据也直接验证了空间基本单元理论，即我们认为的空间基本单元就是所谓的宇宙暗物质并构成宇宙的一切有形和无形的物质形态。通俗地讲，星系、星球、原子、质子、电子、光子、无线电波、引力波以及空间等宇宙万物都是由空间基本单元构成的。至少从目前看，空间基本单元理论的观点与现代宇宙演变理论还是完全匹配的。下面，我们再看看物理学界展开的大规模的暗物质搜索工作情况。轴子作为暗物质最有可能的候选者，首先吸引了全世界物理学家的关注。

轴子 (axion) 的概念是在 20 世纪 70 年代为了解决量子物理学中 CP 守恒问题而提出的一个假设粒子 (科学家们发现：在一定的弱相互作用中，C - 反粒子共轭运算与 P - 宇称这个对称被微小地打破)。其最简单的模型是：预测空间中存在着一种自旋为零的，叫作“标量”粒子 (“Scalar” Particles) 的基本粒子。如果有轴子存在，那么轴子应该不带电荷，与强作用力及弱作用力的耦合极弱，同时质量极小。但是轴子被认为在强磁场下可以与光子耦合进而改变光子的偏振方向。这个性质被用来作为判定轴子是否存在的检验方式。

空间基本单元理论提出：空间基本单元本身就是构成空间的基本物质单元，也是构成宇宙万物的最基本物质单元，同时也是包括光波在内的所有无线电波的载体，当这个载体发生偏转和扭曲时，势必影响到载波及其所构成的物质——粒子的属性。由此可见，轴子的概念 (自旋为零、标量的、不带电荷、基本粒子等) 与本文的空间基本单元在 2.725K 时的属性完全相同。另外，空间基本单元的等效质量推导来源于经典辐射理论的粒子运动速度 (均方根速度) 与辐射温度的关系式 (1.12)，而不是来源于量子力学的能量关系式 (1.13)。

分子热运动能量与温度关系式：

$$u_{rms} = c = \sqrt{\frac{3k_B T}{m_0}} \quad (1.12)$$

量子力学能量关系式：

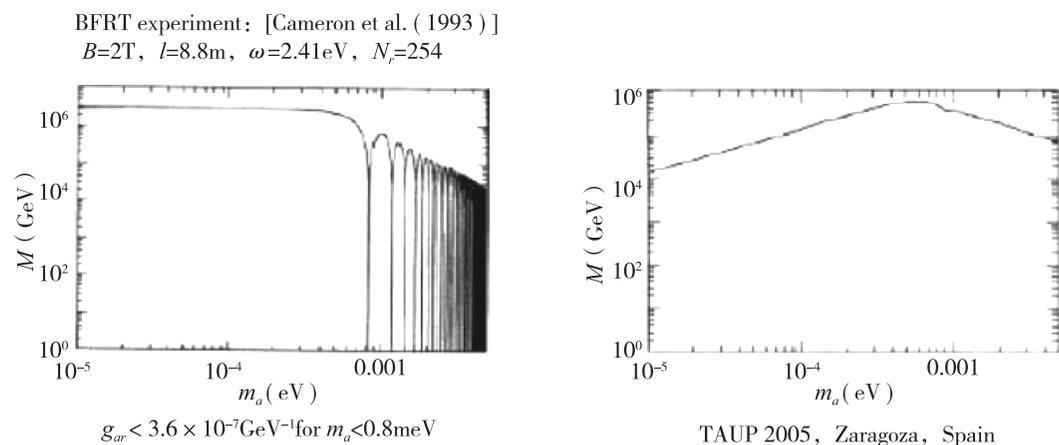
$$m_0 c^2 = hf \quad (1.13)$$

这一点也确定了空间基本单元的基本能量态并不具备单一角动量的自旋属性（实际上是等效于各种频率下的能量 hf 的总和），从形态上来讲也存在类球形状的可能（如图 1-2）。因此，空间基本单元也是属于自旋为零的，叫作“标量”粒子的基本粒子范畴，从这点来看，空间基本单元同轴子定义的“标量”粒子的属性完全一致。那么“空间基本单元”与“轴子”两者的能量检测结果，就势必是二者之间相互支持的最关键的证据和基础。

可喜的是，空间基本单元理论从物理实践出发，给出了确切的空间基本单元的能量值。根据本文的推测，空间基本单元的能量为 0.704467meV ，轴子的能量实验测量结果则是二者是否一致的最关键的证据。

目前在全世界几十个搜索轴子的实验中，最著名的有意大利的 PVLAS 实验和美国与意大利合作的 BFRT 实验，其基本原理是：将一束直线偏振的激光照射到一个具有强磁场（磁场强度为 $2 \sim 5.5\text{T}$ ，T 为磁场强度单位，单位特斯拉）的真空中，然后观测激光穿越磁场后的偏振变化，并根据这一变化来测量暗物质的质量。由于轴子的质量实在是太微小了，用千克（kg）表示过于复杂，所以用能量单位电子伏（eV）来表示。

1993 年美国《物理评论》（Phys. Rev. D47, 1993: 3707 - 3725），发表 BFRT（Brookhaven - Fermilab - Rochester - Trieste）的轴子质量（以能量电子伏 eV 形式表示）的实验测量结果为： $m_a < 0.8\text{meV}$ ，meV 为千分之一电子伏，详细实验数据见图 1-4。

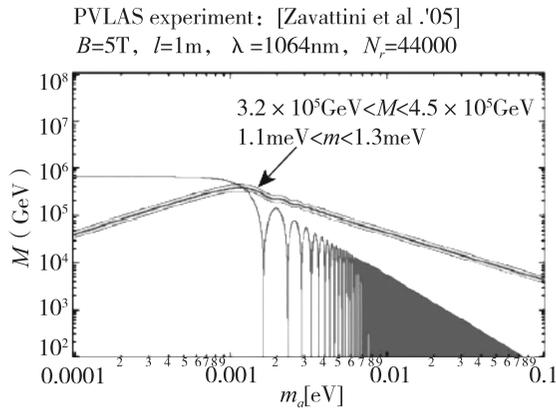


资料来源：摘自 A. Ringwald, “Axion interpretation of PVLAS Data”, TAUP 2005

图 1-4 BFRT 的轴子质量实验测量数据

2005 年第 9 届天文粒子物理国际会议（TAUP）上发表的 PVLAS 的轴子质量（以能量形式表示）的实验测量结果为： $0.7\text{meV} < m_a < 2\text{meV}$ ，详细实验数据见图 1-5。

综合 BFRT 和 PVLAS 两个实验得出的轴子质量（以能量电子伏 eV 形式表示）范围为：



[Cantatore, IDM 2004]
 Final publication: [Zavattini et al. '05]

$$2 \times 10^{-6} \text{GeV}^{-1} \lesssim g_{av} \lesssim 1 \times 10^{-5} \text{GeV}^{-1}$$

$$0.7 \text{meV} \lesssim m_a \lesssim 2 \text{meV}$$

TAUP 2005, Zaragoza, Spain

资料来源: A. Ringwald, “Axion interpretation of PVLAS Data”, TAUP 2005

图 1-5 PVLAS 的轴子质量实验测量数据

$$0.7 \text{meV} < m_a < 2 \text{meV} \text{ 或 } m_a < 0.8 \text{meV} \quad (1.14)$$

可以得出同时满足 BFRT 和 PVLAS 实验结果的轴子的质量（以能量电子伏 eV 形式表示）范围为：

$$0.7 \text{meV} < m_a < 0.8 \text{meV} \quad (1.15)$$

而基于空间基本单元理论推导出的空间基本单元的质量（以能量电子伏 eV 形式表示）为：

$$m_0 = 0.704467 \text{meV} \quad (1.16)$$

以上结果中，一个是依据宇宙微波背景辐射测量结果以及经典分子热力学理论而推导出来的宇宙空间基本单元等效质量，一个是在利用现代高科技的众多实验中寻找空间最基本暗物质轴子的质量结果。空间基本单元与轴子都是在真空中寻找的基本物质，不仅相关的属性一致，而且二者能量在小于 0.1meV（或质量绝对误差小于 10^{-40} kg）的范围内相接近，不能说这仅仅是一种巧合。

由上述可见，利用空间基本单元理论推导出来的空间基本单元质量已经以相当高的精确度接近当代物理学家们寻找的宇宙最基本粒子轴子的质量的实验结果。既然空间基本单元理论提出宇宙空间是由空间基本单元构成的，那么当代物理学家们在所谓“真空”中寻找轴子的过程中，实际上检测到的就必然是存在于“真空”中的空间基本单元了，只不过这时候的空间基本单元是被人们以轴子的面貌来认识的，如图 1-6 所示。这样一来，检测到的所谓轴子的质量同空间基本单元的质量接近一致就不足为奇了。因此，这些搜索暗物质的科学实验对于发现和最终验证空间基本单元的存在有着非常重要的意义。

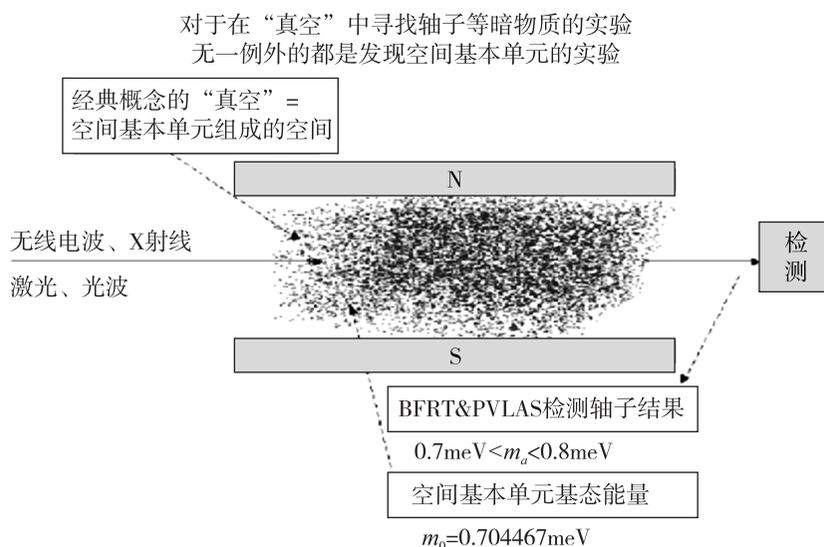


图 1-6 强磁场下发现轴子的实验数据恰恰验证了空间基本单元的存在

总之，空间基本单元无论是自身属性还是质量的实验结果都符合轴子的理论和实践。但是，毕竟轴子还是一个没有得到最终确认的假想粒子，所以空间基本单元仍然需要更多实验数据支持。既然空间基本单元理论认为：空间基本单元是构成宇宙中任何物质的元素，那么必定会有更多的科学实验数据来支持这一理论。在随后的章节中，我们将会探索并发现空间基本单元与电子的合成。

1.5 空间基本单元构成电子的揭秘

除轴子外，我们还需要找到更多的证据来证明空间基本单元的存在及其质量的合理性。据我们所知，宇宙空间可以直接以光速传播的就是电磁波。而发出这种波的物质就是电子，并且光波（电磁波的一种）更多的是伴随着电子的运动产生的。电子质量（用符号 m_e 表示）为 $0.91093837015 \times 10^{-30} \text{kg}$ ，电子应该是宇宙空间中最普遍、最简单、能量最低的稳定粒子。对于电子与空间的密切程度，物理学家狄拉克甚至把空间设想为电子海，在施加能量足够大的情况下，电子可以由空间激发产生。同样，正、负电子湮灭时放出光子，如同声音在空气中传播一样，其实光子就是空间基本单元波动的表现。电子可以由空间激发产生，狄拉克的这个观点与空间基本单元构成一切粒子包括电子的理论完全一致！我们尝试着用 2.725K 的空间基本单元构成电子，或将电子分解成温度为 2.725K 的空间基本单元。

物理学家告诉我们，电子有个特点：电子的总势能从无限远处到达一个微小的球形区域就结束了，这个球形区域的半径被称为电子半径，让物理学家们苦恼的是：无数的物理实验都没有在这个区域中发现任何粒子性物质，电子的中心简直就是空的区

域。这个特殊情况让物理学家们很不解。而对于空间基本单元理论来说，这个情况恰恰是发现空间基本单元构成电子的线索，我们是否可以简单地认为：电子核心区域就应该是一个完整的被能量激发的空间基本单元呢？

既然物理学认定空间也可以激发出电子，那么构成电子的独立的核半径区域也应该与受激发的空间基本单元相关，即电子的核心区域也应该是一个完整的、被激发的空间基本单元，否则也就不会或不应该有这么一个核心区域存在。只有因为没有办法否定空间基本单元的存在，才使得电子客观存在着一个核心区域。当然这一核心区域的尺寸也会因为受到能量影响而变化。没有内核结构的电子核心区域也恰恰是空间基本单元构成电子的体现。

与此同时，正、负电子湮灭时，仅放出光子，并没有其他物质出现，基于空间基本单元理论：空间基本单元的运动导致了光的传播，我们可以依此解释正、负电子湮灭时，释放了大量具有电子自旋角动量属性的空间基本单元，因此这些空间基本单元必然拥有与总释放能量相对应的波动即光波。这样一来，我们可以认为：电子半径就是一个受激发并形成电子核心区域的空间基本单元体半径。我们提出空间基本单元的假设，就是认为：存在这样的基本单元，它构成包括电子在内的宇宙的一切物质。据此，我们自然而然提出第4、第5个假设：

假设4：电子也是由空间基本单元组成的。

假设5：电子核心由一个空间基本单元构成，空间基本单元受激发后可构成最初级的稳定体，占据空间的半径与经典电子半径相同，如图1-7所示。（注：这一设想将在第5章电子的生命之花数学模型中证明）。

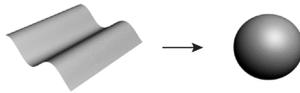


图1-7 空间基本单元受激发后可能构成的最初级稳定体

令 r_e 为电子的半径，根据2018年CODATA给出的数据，则有：

经典电子半径： $r_e = 2.8179403262 \times 10^{-15} \text{ m}$

电子康普顿波长： $\lambda_e = \frac{h}{m_e c} = 2.42631023867 \times 10^{-12} \text{ m}$

上式中 $h = 6.62607015 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ，为普朗克常数。

假定 r_0 为空间基本单元的半径或者说空间基本单元受激发后处于电子能量态下的半径，则 $r_0 = r_e$ ，相应的空间基本单元体积为 V_{0e} 。空间基本单元的自旋使其具备类球形的体积并接近等于经典理论中的电子半径。以上我们围绕空间基本单元提出了5个假设，下面我们将提供更多的证据来证明以上似乎合理而又令人想入非非的假设。

1.6 空间密码初现：638327600 个空间基本单元构成电子

如果空间基本单元是构成宇宙所有粒子的（物质）基础，电子也应该是由空间基本单元构成的，也是最容易构成的稳定团体。由于电子能量较小，我们在不考虑空间基本单元体积受电子的能量影响而产生变化的情况下，电子的空间能量密度（以电子的康普顿波长为半径的球的体积与电子能量比）同被激发后的空间基本单元的能量密度（以 r_0 为半径的球的体积的空间基本单元体积与空间基本单元的能量比）应该相等。如图 1-8 所示。

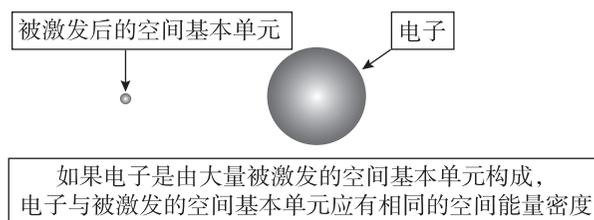


图 1-8 被激发后形成封闭空间的空间基本单元与电子

由此可知，电子与被激发的空间基本单元应该拥有相同的空间能量密度。为避免同前面公式混淆，我们用 m_{0e} 来代表由电子体积关系推导出的构成电子的空间基本单元的能量的等效质量，则有：

$$\frac{E_{0e}}{V_{0e}} = \frac{E_e}{V_e} \quad (1.17)$$

$$V_{0e} \text{ 为构成电子的空间基本单元的体积: } V_{0e} = \frac{4}{3} \pi r_0^3 \quad (1.18)$$

$$E_{0e} \text{ 为构成电子的空间基本单元的能量: } E_{0e} = m_{0e} c^2 \quad (1.19)$$

$$V_e \text{ 为以电子康普顿波长 } \lambda_e \text{ 为球半径的等效体积: } V_e = \frac{4}{3} \pi \lambda_e^3 \quad (1.20)$$

$$E_e \text{ 为电子能量, } m_e \text{ 为电子质量: } E_e = m_e c^2 \quad (1.21)$$

合并以上等式得出：

$$\frac{m_{0e} c^2}{m_e c^2} = \frac{V_{0e}}{V_e} = \left(\frac{r_0}{\lambda_e} \right)^3 \quad (1.22)$$

代入相关数值，得出由电子体积关系推导出的组成电子的空间基本单元的能量的等效质量为：

$$m_{0e} = m_e \left(\frac{r_0}{\lambda_e} \right)^3 = 1.42707 \times 10^{-39} \text{ kg} \quad (1.23)$$

空间基本单元能量与电子能量同其各自所占有的空间体积关系应该成正比关系，即：

$$\frac{m_e c^2}{m_{0e} c^2} = \frac{V_e}{V_{0e}} = \left(\frac{\lambda_e}{r_0}\right)^3 = \left(\frac{2\pi}{\alpha}\right)^3 \quad (1.24)$$

其中 α 为精细结构常数，由此组成电子的空间基本单元个数约为：

$$\left(\frac{\lambda_e}{r_0}\right)^3 = \left(\frac{2\pi}{\alpha}\right)^3 = (2\pi \times 137.03599976)^3 = 638327599.950185 \quad (1.25)$$

国际科技数据委员会 (CODATA) 每隔 4 年会更新一次物理常数，根据 1998—2018 年发布的精细结构常数，推导出电子包含的空间基本单元的数目均在 638326590 ~ 638327600 浮动，见表 1-1。

表 1-1 1998—2018 年精细结构常数倒数与电子包含的空间基本单元数目对比

年份	精细结构常数倒数	一个电子内包含的空间基本单元数目
2018	137.035999084	638327590.504
2014	137.035999139	638327591.272
2010	137.035999074	638327590.364
2006	137.035999679	638327598.818
2002	137.03599911	638327590.867
1998	137.03599976	638327599.950

也就是说，在 10^{-9} 的误差下，我们可以确认 638327600 个空间基本单元构成一个电子，这个数字是引导我们解开空间秘密的第一把钥匙，我们还可以发现 638327600 是 400 和 1595819 的乘积：

$$638327600 = 400 \times 1595819 \quad (1.26)$$

这里出现了一个整数 400，一个素数 1595819，素数是只能被 1 和自身整除的自然数，因此素数是不可以被其他整数整除的。电子构成中出现的这一个素数，引发了我们无限的遐想。一个由 400 和 1595819 构成的没有内部实体物质的电子，展示出了空间的秘密属性，我们称之为空间密码。

数字 400 的出现，似乎在暗示：在十维的空间体系中决定了 400 等于 20×20 ，这体现出因子（也称量子数）是十维空间的属性，而这一量子数又决定了质子的夸克能量（一个大能量封闭空间中的最小独立能量体系），即一个夸克能量是由 1595819 个不可再分的、质子能量态下的空间基本单元构成的（详见第 3 章、第 5 章），如果偏离了素数 1595819，那么就意味着夸克可以再细分，能够再细分的系统就不会是一个稳定系统，同时目前物理学的所有成就都不支持夸克可以再被细分成更小的夸克。

实际上，由精细结构常数决定的构成电子的空间基本单元的数目也围绕着精细结构常数的不确定性在 638327595 ± 5 间摆动，说明电子核心的构成不是简单的一个球形

空间基本单元，这一点将在第5章电子的生命之花数学模型中有更精细的探索 and 发现。同时 638327600 则可以清楚地解释所有粒子的构成和相互作用关系，以上综合结果使我们可以继续使用 638327600 这一数字。我们有十分充足的理由认为电子体积是空间基本单元体积的 638327600 倍，即电子可以被认为是由 638327600 个被激发的空间基本单元组成的，经过能量激发的空间基本单元半径为 r_0 ，同时 $\left(\frac{\lambda_e}{r_0}\right)^3$ 的整数性也支持假设 1、假设 2、假设 3、假设 4、假设 5 的成立，并且这一整数性结果似乎揭示了一个更大的秘密：

由空间背景辐射推导出的空间基本单元的等效质量： $m_0 = 1.255826 \times 10^{-39} \text{kg}$

用体积关系推导出的空间基本单元的质量： $m_{0e} = 1.42707 \times 10^{-39} \text{kg}$

二者都是在同一个数量级别上，并且有极大的相似性。二者的相对误差仅为 12% 左右，如果二者有更高精度的相似，则对于证明假设 1、假设 2、假设 3、假设 4、假设 5 有着更加根本性的说服力，故欲证明“空间基本单元构成电子”的这一假设，我们需要对电子的属性进行更深入的研究。

1.7 2.725K 的空间基本单元构成电子还需要内禀自旋能量

从假设 3 中我们知道，处于基本能量态的空间基本单元还未赋有自旋属性，且物理学的实践发现：电子具有内禀的角动量，称作自旋角动量（这也是电子中的空间基本单元与 2.725K 自由空间中的空间基本单元的能量差别）。我们知道，如同让陀螺旋转起来一样，如果要让物体旋转是要给予能量的，而这一自旋能量将由此引起质量的增加，如图 1-9 所示。

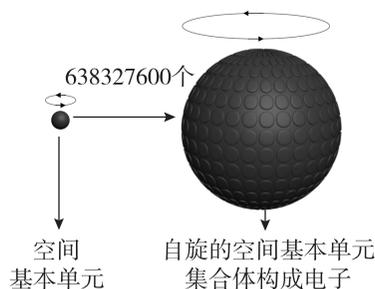


图 1-9 638327600 个自旋空间基本单元构成电子

根据空间基本单元理论的假设 1、假设 2、假设 3，构成电子的 638327600 个空间基本单元在组成电子前同样也是具有能量的，其总的初始等效能量 E_{e0} 为 $m_{e0}c^2$ ，相应等效总质量为 m_{e0} ，康普顿波长为 λ_{e0} 。同时由于具有自旋角动量是需要额外能量的，定义这个自旋所需能量为 E_{es} ，对应的所增加的质量为 m_{es} ，则有：

$$E_{e0} = m_{e0}c^2 = 638327600 \times m_0c^2 = \frac{hc}{\lambda_{e0}} \quad (1.27)$$

$$E_{es} = m_{es}c^2 \quad (1.28)$$

由于在假设 4 中，电子也是由 638327600 个空间基本单元集合构成的，并且由于 2.725K 下的空间基本单元并不具有自旋属性，赋予空间基本单元自旋，就如同我们把静止的陀螺旋转起来需要能量一样，将 638327600 个空间基本单元集合赋予内禀自旋也同样需要能量。所以，电子的总能量 E_e 应该是构成电子的空间基本单元集合的初始能量 E_{e0} 同将这些空间基本单元集合赋予自旋所需的自旋能量 E_{es} 之和，用公式表达为：

$$E_e = E_{e0} + E_{es} \quad (1.29)$$

由于构成电子的总能量不仅限于我们测量出来的电子质量，电子还具有微量空间能量，这一微小能量以电子的磁矩异常性体现出来，因而上式只能作为推导电子内禀自旋属性所对应的能量。根据量子力学，电子的自旋角动量 S 为：

$$S = \sqrt{\frac{3}{4}} \frac{h}{2\pi} \quad (1.30)$$

由此，电子的自旋角动量是应该用构成电子的空间基本单元集合的初始能量的康普顿波长 λ_{e0} 与之动量之积来表示，故自旋角动量的表达式应该为：

$$S = m_{es}c \lambda_{e0} = \sqrt{\frac{3}{4}} \frac{h}{2\pi} \quad (1.31)$$

则有：

$$m_{es}c^2 = \sqrt{\frac{3}{4}} \frac{h}{2\pi} \times \frac{c}{\lambda_{e0}} = \sqrt{\frac{3}{4}} \frac{1}{2\pi} \times m_{e0}c^2 \quad (1.32)$$

代入总能量由自旋能量加上初始能量构成的公式 (1.29)，则构成的电子总能量为：

$$m_{e0}c^2 + m_{e0}c^2 \sqrt{\frac{3}{4}} \frac{1}{2\pi} = m_e c^2 \quad (1.33)$$

因此构成电子的无自旋的空间基本单元等效质量与电子质量关系为：

$$m_{e0} = \frac{m_e}{1 + \sqrt{\frac{3}{4}} \frac{1}{2\pi}} \quad (1.34)$$

将公式 (1.32) 代入式 (1.34)，则赋予空间基本单元集团 (638327600 个空间基本单元) 自旋去构成电子所需能量的等效质量为：

$$m_{es} = \frac{\sqrt{\frac{3}{4}} \frac{1}{2\pi}}{1 + \sqrt{\frac{3}{4}} \frac{1}{2\pi}} m_e = 0.11034725 \times 10^{-30} \text{kg} \quad (1.35)$$

内禀自旋能量同电子总能量比率为：

$$\text{电子自旋能量比率} = \frac{m_{es}}{m_e} = \frac{\sqrt{\frac{3}{4}} \frac{1}{2\pi}}{1 + \sqrt{\frac{3}{4}} \frac{1}{2\pi}} = 12.11358\%$$

这一自旋能量比对于空间基本单元理论中的质子的构成十分重要，故由于内禀自旋，每个空间基本单元所需要能量的等效质量为：

$$m_{0s} = m_{es} \frac{1}{638327600} = 0.172869 \times 10^{-39} \text{kg} \quad (1.36)$$

电子内部每个 2.725K 能量态下的空间基本单元增加内禀自旋能量后的总等效质量为：

$$m_{ss} = m_0 + m_{0s} = 1.255826 \times 10^{-39} \text{kg} + 0.172869 \times 10^{-39} \text{kg} = 1.428695 \times 10^{-39} \text{kg} \quad (1.37)$$

2.725K 的基态空间基本单元增加自旋后的总等效质量 m_{ss} 与由电子体积关系推导出的构成电子的空间基本单元的质量 m_{0e} 相对误差为：

$$K = \frac{m_{0e} - m_{ss}}{m_{0e}} = \frac{1.42707 - 1.428695}{1.42707} = -0.114\% \quad (1.38)$$

上式表明，常规能量态下测量的电子质量比 2.725K 能量态下增加自旋后的电子质量小 0.114% 左右。乍看起来，一个 0.114% 左右的误差依然显得还不完美，这个误差似乎为空间基本单元构成电子的理论留下了一个微小的遗憾，但是先别着急，通过更深入的研究我们发现，如果没有这个误差，反而说明空间基本单元理论和现实中的物理实践成果出现了差异。因为科学家们在对电子自旋的更进一步研究中发现，伴随着电子的自旋产生的自旋磁矩比理论上的推导值恰恰高出了 0.11592%^①，这就意味着在对电子质量测量中，有大约 0.11592% 的电子能量并没有体现在惯性质量中，却体现在电子自旋过程产生的磁矩中，这样沉浸在由空间基本单元构成的空间里的电子总质量就应该增加 0.11592%。这一误差的存在恰恰成为宇宙中物质的统一构成属性的一个佐证。这样公式 (1.38) 修正为：

$$K = \frac{m_{0e} \frac{g_e}{2} - m_{ss}}{m_{0e} \frac{g_e}{2}} = \frac{1.42707 \times 1.00115965218 - 1.428695}{1.42707 \times 1.00115965218} = 2 \times 10^{-5} \quad (1.39)$$

式中的 $g_e = 2.002319304362$ ，就是著名的电子朗德因子 $g_{e-} = -2.002319304362$ 的绝对值部分，由于电子朗德因子是带有负数符号的，其负数符号代表电子带有的磁矩是负数，以区别正电荷所具有的正磁矩。本书中为方便起见，采用电子朗德因子的绝

① 王永昌·近代物理学 [M]. 北京：高等教育出版社，2006：155.

对值并用 g_e 表示。由于宇宙空间背景辐射（ $2.72548 \pm 0.00047\text{K}$ ）的精度也是在 10^{-4} 数量级上，所以上述精度是合理的并足以说明假设4的合理性，即电子是由赋予了自旋功能的空间基本单元组成的。

1.8 由温度为2.725K的638327600个空间基本单元构成电子

按照空间基本单元理论计算由638327600个空间基本单元构造的电子质量。根据空间基本单元理论，由2.725K的宇宙背景微波辐射推导出的空间基本单元的质量为 $m_0 = 1.255826 \times 10^{-39}\text{kg}$ ，则638327600个无自旋属性的空间基本单元初始质量为：

$$m_{e0} = 638327600 \times m_0 = 8.016284 \times 10^{-31}\text{kg} \quad (1.40)$$

根据公式（1.35），赋予638327600个空间基本单元内禀自旋所需能量等效质量为：

$$m_{es} = \frac{\sqrt{\frac{3}{4} \frac{1}{2\pi}}}{1 + \sqrt{\frac{3}{4} \frac{1}{2\pi}}} m_e = 0.11034725 \times 10^{-30}\text{kg} \quad (1.41)$$

具备电子内禀自旋属性的638327600个空间基本单元构成的电子总质量为：

$$m_{e0} + m_{es} = (0.8016284 + 0.11034725) \times 10^{-30}\text{kg} = 0.9119756 \times 10^{-30}\text{kg} \quad (1.42)$$

空间基本单元理论所推导出的电子质量同实验测量的电子（惯性）质量误差为：

$$K = \frac{m_e - (m_{e0} + m_{es})}{m_e} = \frac{0.91093837015 - 0.9119756}{0.91093837015} = -0.114\% \quad (1.43)$$

考虑到额外的空间物质所体现在电子自旋磁矩上的能量因素后，空间基本单元理论所推导的电子质量同实验测量的电子质量误差为：

$$K = \frac{m_e \times \frac{g_e}{2} - (m_{e0} + m_{es})}{m_e \times \frac{g_e}{2}} = \frac{0.91093837015 \times 1.00115965218 - 0.9119756}{0.91093837015 \times 1.00115965218} = 2 \times 10^{-5}$$

可见，根据空间基本单元理论推导出的电子质量比实际测量的电子质量（惯性质量）恰恰多出了0.114%，而多出的这一微小质量也在考虑到电子自旋异常引发的空间能量情况下彻底消除了。进而也证明了这一误差的根源在于：由于电子是由空间基本单元构成的，电子中的空间基本单元并不是都处于同电子自身自旋一样的状态，因此电子也是要同空间相互作用产生额外磁矩，处于基本能量态下的空间基本单元本身并没有自旋能量，因此也没有可以被稳定测量的惯性质量，这一点在第2章轴子的测量实验中很好地体现出来了。

另外，实际测量的宇宙空间背景辐射也只能精确到 10^{-4} （ $2.72548 \pm 0.00057\text{K}$ ），这是造成空间基本单元构成电子的质量的计算误差的主要因素。尽管如

此，我们依然可以证明空间基本单元等效能量质量 $m_0 = 1.255826 \times 10^{-39}$ kg，以及假设1、假设2、假设3、假设4、假设5的正确性。并且同时证明：大量的（638327600个）空间基本单元在激发赋予足够的内禀自旋能量后可以构成稳定的空间基本单元集合——电子。这一证明的理论误差为 10^{-5} ，小于实际观测误差。此外，我们还可以根据空间基本单元理论，由电子能量反演出宇宙空间微波背景辐射的温度值，如图1-10所示。

所谓的物质的质量更像是封闭在固有空间中的空间物质的能量

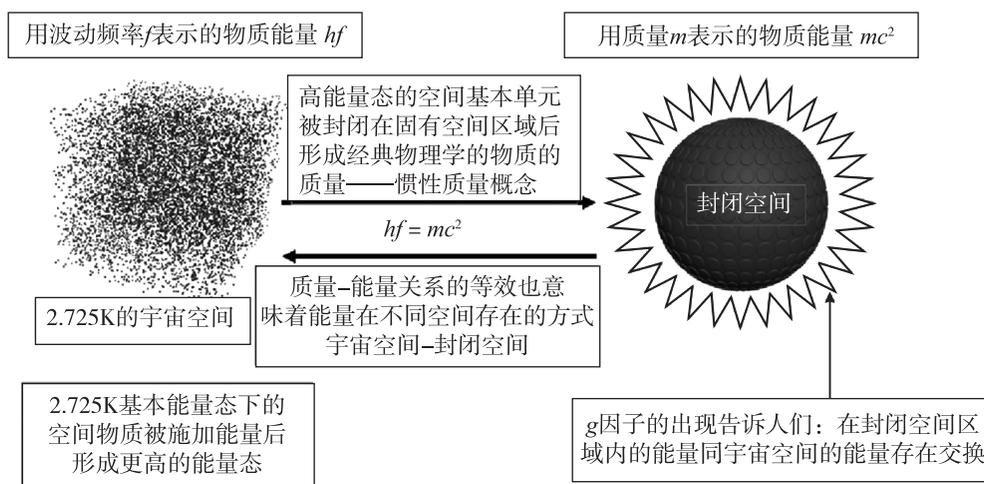


图1-10 能量、质量与空间

在本章中，我们从宇宙微波背景辐射推演出空间基本单元半径与等效质量；在电子构成的探索中，以 10^{-9} 的精度再次确认，并且按照探索的顺序依次获得了3个宇宙空间的数字形式的密码：

空间密码1：638327600。由638327600个空间基本单元构成一个电子，实验数据是638327600~638327591。638327600由400个1595819构成。

空间密码2：400。空间基本单元构成电子时有400这一因子。

空间密码3：1595819。空间基本单元构成电子时出现素数1595819这一因子。

下面我们将尝试着用这3个空间密码解开宇宙空间中更多的秘密。