



宇宙中所有的黄金都来自恒星吗?

■任天

人类对黄金的迷恋有悠久的历史,而当我们知道这种贵重金属来自恒星之后,对它的迷恋又加深了一层。

爱因斯坦曾预测,宇宙中应该充满由大质量物体引力所导致的微弱涟漪,其来源有一些便是中子星合并事件。然而,在激光干涉引力波天文台(LIGO)之前,从这类事件中寻找时空结构中的扰动是十分困难的。当探测到引力波的消息传出后,全世界媒体都想知道中子星相撞时还会发生什么。天文学家解释称,在恒星毁灭和引力波之外,这样的事件还会在瞬间产生我们已知的所有重元素。在有些人看来,这一解释的最关键信息是:黄金来自外太空。

镀金的历史

在大质量恒星剧烈毁灭过程中形成的众多元素中,“金”应该是最能激发人类想象力的元素。

从生物学的角度,生命所必需的元素如碳、氧、钾和硫等,应该是最受欢迎的几种元素,但我们与黄金有着古老的情感联系。这种金属看起来似乎很有趣,但由于质地太软,所以不是很有用。

古埃及人在其首都底比斯以南的地方拥有巨大的金矿,使他们能够将图坦卡蒙的木乃伊用黄金包裹起来。其他古代文明很少拥有这样的财富。当这具木乃伊被打开时,考古学家发现了两把匕首。一把由陨铁制成,另一把由纯金制成。

黄金被视为珍宝,其稀缺性使它令人向往,不变的本质使它分外诱人:

与银会变黑、铜会变绿、铁会生锈不同,黄金永不改变。黄金似乎是不朽的,堪称众神给予人类的礼物。

20世纪的科学才揭开了这个谜团。铁、银和铜会因氧化反应而生锈或变色,但黄金不是,它是所有金属中最不活泼的,因为它拒绝与氧共用电子。

与元素周期表上的所有重元素一样,地球上并没有多少黄金可供发现。如果把人类历史上开采的所有黄金收集起来,变成一个立方体,那么它的边长只有约21.3米。这大约是183000吨黄金。听起来很多,但熔化后只能填满三个半游泳池。

因为密度和重量较高,大部分黄金都下沉到了地球的核心。据澳大利亚地质学家伯纳德·伍德估计,世界上99%的黄金就埋藏在我们脚下数千公里深处。他还估计,地核中蕴藏着1600万吨的黄金。与地球的总体积相比,这些黄金并没有多少。实际上,地核中的黄金含量约为百万分之一,而铂的含量是金的6倍。可以说,黄金是非常稀有的。

金色的太阳

1859年的一个晚上,化学家罗伯特·本生和古斯塔夫·基尔霍夫在德国曼海姆工作时,看到一场大火在熊熊燃烧。他们将新改进的分光镜推到窗口,并在火焰发出的明亮光芒中迅速检测出了铯和锶元素。本生写道:“同样的分析模式肯定也适用于太阳和明亮恒星的大气层。”19世纪下半叶,科

家利用这种强大的工具取得了大量突破性发现。

在1868年8月18日的日全食期间,几位天文学家使用分光镜检测到一种新的元素——太阳中的氦,这一宇宙中第二丰富的元素。碳、氮、铁和周期表上所有较重的元素包括金,最终都被确认在太阳大气中以气态存在。

在18世纪末和19世纪初,对岩石和矿物的收集演变为地质学。英国地质学家查尔斯·莱尔等人清楚地证明,地球的年龄远比许多当时的神学家所认为的6000年要久远得多。地质学家认为,地球必定有几百万年甚至几十亿年的历史。如果这是真的,那么是什么让太阳和星星能维持如此长的时间呢?

德国物理学家尤利乌斯·冯·迈尔强烈支持陨星为太阳提供热能的理论。他计算出,在缺乏外部能源的情况下,太阳只能照耀约5000年。他在1848年提出,数十亿颗落在太阳上的陨石为太阳提供了燃料,从而使其发出巨大的热量。

最终,科学家计算出太阳含有将近2.5万亿吨黄金,足以填满地球上的海洋。尽管如此,这也只是每万亿个氢原子中有8个金原子——与太阳的质量相比微不足道。那么,黄金是如何出现在太阳和地球上的呢?

金色的科学

千百年来,炼金术士们一直在努力将一种元素转化为另一种元素。他们在寻找能把铅和汞等金属变成金子

的“贤者之石”。然而,创造这些元素的大自然伟力显然超出了这些早期实验者的掌握。

自爱因斯坦1905年发表狭义相对论以后,重元素的起源便开始引起人们的关注。正是在这项开创性的工作中,质能方程 $E=mc^2$ 首次出现。一开始,这个方程对我们理解宇宙的重要性并不明显,但如果将它应用于计算太阳巨大的能量输出时,就会产生深远的影响。它不仅解释了为什么太阳和其他恒星可以发光几十亿年,而且有助于揭示重于氢的元素究竟如何形成。

当 $E=mc^2$ 出现在脑海中时,大多数人会想到第一颗原子弹,以及原子分裂,即核裂变的过程。1920年,当时在英国剑桥卡文迪许实验室工作的亚瑟·爱丁顿认为,氢聚变成氦可能是太阳的动力来源。爱因斯坦著名的方程式表明,这个过程中会释放出难以置信的能量。

在爱丁顿等人着手探索核聚变将近20年后,德裔美国物理学家汉斯·贝特描述了如今广为人知的质子-质子链式反应。这是恒星内部将氢融合成氦的几种核聚变反应中的一种。太阳核心是一大团氢原子“汤”,每个氢原子由一个质子和一个电子组成,它们不停地快速运动。大多数时候,磁力会排斥任何碰撞。然而,当碰撞发生后,质子就会融合在一起。当4个质子最终融合时,氦就形成了,释放能量并使太阳发光。

太阳含有的氢还足够维持这个聚变过程约50亿年。最终,氦也会开始聚变,形成由碳、氮和氧组成的最终产物。在更大质量的恒星中,更强的引力会产生更多的压力和热量,氧以外的元素也会聚变。不过,这个过程只能持续到铁在巨星的核心形成,届时核聚变将停止。最后,恒星的核心会坍塌,然后在超新星爆发中反弹。

当恒星的外层被抛向太空时,会发生快(R-过程)、慢(S-过程)两种形式的中子俘获反应。由于中子不带电荷,因此它们能比带一个正电荷的质子更容易进入原子核。中子俘获便是原子核与一个或多个中子撞击并形成重核的核反应。在两种情况下,自由中子穿透附近的原子核,被爆炸中释放的元素“俘获”。慢中子俘获产生了大约一半比铁重的元素。但元素周期表上还有许多重元素。要产生这些元素,就需要巨大的恒星在碰撞时进行快中子捕获过程。

如此高密度的中子为现有元素快速捕获自由中子创造了条件。锶、钍、铀,甚至金都能在一瞬间形成。在宇宙近140亿年的生命周期中,这种情况发生了很多次,足以播下星云的种子,最终形成像太阳系这样含有金元素,以及所有其他重元素的恒星系统。

美国天文学家卡尔·萨根曾说过一句名言:我们是由恒星物质构成的。事实上,我们周围的世界也是如此。

天梯山石窟搬迁壁画已完成修复

新华社兰州电(记者白丽萍)记者11月20日从甘肃省武威市天梯山石窟保护研究所获悉,历时7年的“武威天梯山石窟搬迁壁画彩塑修复”工程目前已完工,搬迁壁画全部完成修复工作。

据介绍,该工程启动于2014年,修复文物包括壁画300余平方米、塑像

70余身,修复工程由敦煌研究院执行,通过壁画碎片拼接、重层壁画揭取修复、彩塑拼接修复等全面完成文物修复工作。

天梯山石窟开凿于1600多年前,是龙门、云冈等石窟的源头。天梯山石窟山体结构特殊,褐红色的砂砾岩

体容易发生裂缝、剥落,修复工作难度较大。20世纪50年代,为修筑水库,政府曾对天梯山石窟文物进行整体性搬迁,剥离后的文物被送至200余公里外的甘肃省博物馆。2006年1月,大部分搬迁的文物回归天梯山石窟。随着修复工作的完成,目前部分修复的文物

在武威市博物馆进行展出。

武威市天梯山石窟保护研究所负责人卢秀善表示,天梯山石窟常遭水库渗水,目前这一问题即将解决。经专家多次勘测,决定疏水以保护文物,目前完成了墙面挂网、埋镀锌槽钢、填补粗泥层、地面排水管理设等工程。