

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

# 神秘的太阳

 **E-BOOK**  
科学资料 电子图书

## 写在前面的话

光辉的太阳主宰着地球以及太阳系所有的天体。在太阳的引力作用下，这些天体都按照一定的轨道围绕着太阳运行。太阳是宇宙中与地球人最为亲近的天体，是地球上能量的源泉。

我们从地球上看到太阳，它像一只明亮的光盘。它离地球大约有 1.5 亿千米之遥，就连速度最快的光，从太阳射到地球上也需要大约 8 分钟呢！假如从地球步行到太阳，每小时走 5000 米，日夜不停地走，也得花 3500 年的时间。

太阳光耀夺目，人们用肉眼难以认识它的本来面目。随着专门的天文望远镜和宇宙飞船问世，人们初步揭示了太阳的奥秘。太阳是天上无数颗恒星中的一颗，天文学家们把它当成一个典型的天体物理“实验室”，把对太阳的多方面研究，引伸到遥远的一个个光点状的恒星上去，以洞察宇宙中天体的秘密。

## 神秘的太阳

## 太阳神阿波罗

“阿波罗”是谁？

是古希腊神话中的太阳神、光明之神。

相传，阿波罗是天神宙斯与女神勒托所生之子。当初，神后赫拉发现宙斯与勒托要好，怒火冲天，她残酷地迫害勒托。可怜的勒托只好东躲西藏，到处流浪。后来勒托终于在爱琴海上找到了一个藏身的小岛——德罗斯岛。这是一个浮岛，常在大海上漂浮。在岛上的一个山洞里，勒托生下了一对双胞胎。男孩取名为阿波罗，女孩取名为阿尔忒弥斯。母子三人在浮岛上过着无忧无虑的生活。可是好景不长，赫拉发现了他们，派一条巨蟒前去杀害勒托母子。

这条巨蟒是非常恶毒和残忍的大害虫。它在渡海时被海神波赛冬发现了。波赛冬掀起大风大浪挡住了巨蟒的路，使勒托母子免遭伤害。后来，他们母子终于摆脱了困境，回到奥林匹斯山众神行列之中。青年阿波罗为民除害，杀死了那条巨蟒。人们为了表达对英雄阿波罗的敬仰，修建了一座阿波罗庙。

后来，阿波罗成为举世闻名的太阳神。他高居于天上，住的宫殿周围有高大、发光的柱子，上面镶着黄金和火红的宝石。其左右有日神、月神、年神、世纪神和四季神等。每当黑夜即将过去，住在东方的黎明女神就会醒来，打开阿波罗寝宫的大门。当清晨的星星越来越稀少，直至看不见时，阿波罗便驾着有四匹骏马拉着的太阳车，在天空上巡视大地，将光明和温暖带给地球上的人类和万物。

太阳对地球上的生物的确太重要了，因此古人才把许多美德和本领集于太阳神一身，把它当作神灵来崇拜。本世纪60年代，美国科学家还把登月宇宙飞船命名为“阿波罗”。

## 奔波于茫茫的太空

少年朋友们，你注意过太阳在星空中的移动吗？我们从地球上看到太阳，它总是周而复始地东升西落。其实，这种现象是由于地球的自转造成的。天文学家称这种现象为太阳“周日视运动”。由于地球在自转的同时还绕着太阳公转，所以，我们观察到太阳在恒星背景上，沿着黄道（地球上的人看太阳于一年内在恒星之间所走的视路径叫黄道）有规律地从西向东缓慢运动，这称为太阳“周年视运动”。以上由地球自转和公转所造成的太阳这两种运动方式，只不过是一种表面现象。

太阳本身是否在宇宙中做真实的运动呢？宇宙中的万物都在运动着，太阳当然也不会例外。太阳是银河系里一颗普通的恒星，银河系约有 2000 亿颗恒星。天文学家已经证明银河系内的恒星都在绕着银河系中心——“银核”旋转；太阳也不例外，它带着自己的家族——太阳系奔波于茫茫的太空。

为了更好地说清楚太阳在宇宙中的情况，让我们先熟悉几把“量天尺”：  
(1) 天文单位 地球围绕太阳公转的轨道是椭圆，由天体测量知道，太阳到地球的平均距离是 1.5 亿千米，称为 1 天文单位。由此推算，水星距离太阳 0.39 天文单位；土星距离太阳 9.54 天文单位。  
(2) 光年 真空中的光速约为每秒 30 万千米，用它乘以 1 年里的总秒数约等于 9 万亿千米，这就是光在 1 年里走过的距离，称为光年。距离太阳系最近的恒星是半人马座的比邻星，距离太阳 4.3 光年。  
(3) 秒差距 天文学上表示更遥远的距离常用秒差距。1 秒差距的距离约 30 多万亿千米。

太阳绕银核公转的轨道是一个接近圆形的椭圆，太阳离银核最近处 9000 秒差距，最远处 1.1 万秒差距，平均 1 万秒差距。运动速度每秒 220~250 千米，是地球公转速度的 8 倍。即使以这样快的速度运动，太阳绕银核公转一周大约需要 3 亿年时间。

太阳除了绕银核公转外，与周围的其它恒星也存在着相对运动。这是英国天文学家威廉·赫歇耳于 1783 年首先测定的。后来，不少天文学家进行了同样的工作，所得结果相差无几。太阳在宇宙中的运动指向武仙星座某一点（称为向点），太阳向点运动的速度约为每秒 200 千米。

## 解剖“天火”

太阳这团“天火”，是地球上的能量源泉。考古学家们在埃及一座庙宇里找到一幅 3500 年前的壁雕，上面画的是古埃及人膜拜太阳的情景。太阳被画作一个光芒四射的圆盘，在一道道太阳光线的尽头都有一只小小的人手。

为了认识太阳的结构，太阳物理学家将这团“天火”进行了解剖，把太阳分为几个层次。从太阳中心向外依次分为热核反应区（日核）、辐射区、对流区和太阳大气（包括光球、色球和日冕）。日核体积约占太阳半径的 15%，发生在这里的热核反应类似于氢弹爆炸，它以氢聚变为氦的形式，释放出巨大的能量。

太阳核心产生的能量最先通过辐射区向外传播，辐射区的范围从 0.15 个太阳半径到 0.86 个太阳半径。对流区由 0.86 个太阳半径处向外，厚度约 14 万千米，这里的物质呈对流的不稳定状态。

太阳表层大气一般分为光球、色球和日冕。平时人们看到的光辉夺目的太阳表面，就是光球，其厚度约 500 千米。太阳的直径（140 万千米）就是根据光球确定的。人们看到的可见光几乎全部是从光球发出的，那里的温度约 6000 摄氏度。

光球面上的黑暗斑点称为太阳黑子，它们是日面上温度较低的区域，酷似日面上的漩涡。我国古代有日中存在“金乌（乌鸦）”的说法，长沙马王堆汉墓出土的一幅帛画局部，左上方面画有月中蟾蜍，右上方面画了日中乌鸦。据有关学者考证，“金乌”是古人最早看到的太阳黑子。

天文学家透过专门的仪器，可以清晰地看到环绕太阳光球的一圈红色大气，称为色球层，其厚度约 2000 千米。观测表明，在日轮边缘时常升起巨大的太阳

火舌——称作“日珥”，它是一种重要的色球活动现象，也是太阳上最壮丽的景色！在太阳单色光照片上，常可见到一些暗黑的长条，这是日珥在日面上的投影，称为“暗条”。

日面局部区域有时会出现一种突然增亮的太阳爆发现象——称为“太阳耀斑”。它常常出现在黑子群上空的色球层中，所以也有人称其为色球爆发。迄今为止，耀斑是太阳上最为剧烈的爆发现象，对于日—地空间环境影响也最大。

日全食时，月球遮掩日轮周围的青白色光区就是日冕，它是太阳大气的最外层。日冕具有高达一二百万度的高温，因此日冕气体不断地向外膨胀，许多沿着太阳磁力线的粒子流连续地吹向太阳系，这种来自太阳的连续微粒辐射称为“太阳风”。

太阳风每秒钟大约可带走 400 多万吨的太阳物质。几年前，飞往太阳系外的旅行者 1 号和 2 号宇宙飞船，曾在远离太阳约 160 个天文单位处观测到太阳风。科学家们已经把太阳风边界以内的空间范围称为“日球层”或太阳风层，在其外面，就是另一颗恒星的“领地”了。

## 光辉夺目的“光球”

平时我们看到的光辉夺目的太阳表面，天文学家称为“光球”。人们看到的可见光几乎全部是从光球发出的。实际上我们看到的只是非常薄的一层太阳大气。光球层厚度大约只有 500 千米。

光球的气体平均密度只有水的几亿分之一。光球气体这么稀薄，应该是非常透明的了，实际上却不然。虽然几厘米的一薄层气体，宛如一片轻纱那样透明，但几百千米厚的气体就像成千上万层轻纱重叠在一起，其效果就像一道墙壁，变成不透明的了。因此，人们难以看到光球层几百千米深度以内的太阳辐射。

如果我们把天文望远镜对准太阳（千万注意，绝对不能直接用眼睛看！那会灼伤眼睛，导致失明！），将太阳在望远镜中的像用滤光片减弱光亮后，就可以看到光球表面了。这时，太阳圆面的中间部分要比边上亮一些。这就是所谓太阳“临边昏暗”现象。这是因为我们看到的太阳圆面中间部分发出来的光，是从太阳较深处发射出来的，而太阳圆面边缘发射来的光则是从太阳较浅、温度较低的大气层中发出的。从这一现象的观测，还可以推导出光球的温度分布。光球上层的温度只有 4500 多摄氏度，越往下，温度就越高，到光球底层，约达到 6000 多摄氏度。

光球上密密麻麻地布满着颗粒状的“米粒组织”。如果用高速摄影机为这些米粒拍摄一部影片，在银幕上可以看到它们的种种“舞姿”。它们变化很快，几分钟以后，就被新的“米粒”取代了，就像上下翻滚的大米粥，非常壮观！你能想像出这些“米粒”有多大吗？大的“米粒”长约 1400 多千米，小的也有 300 多千米。天文学家估计日面上的米粒总数约有几百万个。

米粒组织比周围要亮些，其温度比周围大约要高 200 ~ 300 ，并且以每秒 0.5 千米的速度向上运动。有人认为米粒在日面上有不规则移动，速度约每秒 4 千米左右。米粒的迅速移动说明米粒组织是从光球层下面升起来的气流，表明了光球实际上是其下面的、沸腾的太阳对流层的顶部。

## 迷人的太阳黑子

太阳光球上最引人注意的现象是太阳黑子。世界上公认中国最早发现和记录了太阳黑子。早在殷商甲骨文中就有与太阳黑子有关的记载，有学者认为，甲骨文“日”字中的一点（ ）就是表示太阳黑子。目前公认的世界最早的太阳黑子记录，是《汉书·五行志》中“汉成帝河平元年三月乙未，日出黄，有黑气，大如钱，居日中央”的记述。据太阳物理专家考证，这是公元前 28 年 5 月 10 日的一次太阳黑子记录。本世纪 70 年代末，中国科学院组织天文工作者，从公元前 781 到公元 1918 年约 2700 年的历史典籍中，查出数百条有关黑子的记载。

太阳光那么耀眼，古人是怎么发现黑子的呢？据专家分析，黑子是太阳上经常出现的现象，所以能看到它的机会很多。在日落或日出时，阳光穿过较厚的地球大气层，光度大大减弱，是适于肉眼观察的最好时机；另外在漫天风沙或浓烟滚滚时看太阳不太刺眼，也可直接观察，较大的黑子用肉眼完全可以分辨出来。如果你有一架望远镜，千万不能用它直接观测太阳！正确的方法应在望远镜的物镜前加一专门的滤光片（就像炼钢或焊接工人使用墨镜片的道理一样），或者采用“投影观测”方法，即把经过望远镜得到的太阳像投影在一张白色的屏上（一张白纸即可），这样就安全了。

欧洲最早用仪器观测太阳黑子的是意大利物理学家、天文学家伽利略。那是在 1610 年 12 月，伽利略用他的望远镜多次在雾霭中观看了太阳（这样做是很冒险的！因为他的望远镜未加任何保护眼睛的滤光措施，这可能是导致伽利略晚年失明的原因之一）。他几乎每次观测时都在日面上看到了黑子，并根据黑子在日面上的逐日移动，推测出太阳存在自转运动。从此以后，其他天文学家也很快地使用望远镜观测黑子，并且试图描绘黑子在日面出现的位置及形状的草图。有趣的是，当时有些人以为太阳也像行星一样，表面结构是岩石的，黑子可能是白炽的海面浮出的火山。

1774 年英国天文学家威尔逊注意到，由于太阳的自转，有一个圆形的大黑子正向着太阳边缘缓缓地移动。经过仔细观察，他发现这个黑子看上去仿佛是凹进去的。随着太阳自转，这颗黑子的“身影”就逐渐消失了。威尔逊断定黑子在日面上是凹陷的。威尔逊的这个推断是正确的，现在知道这种凹陷的深度大约在 100 千米左右。

太阳黑子并不是黑色的，它只是比光球面上无黑子区的温度低 1000 多摄氏度，所以相比之下就显得黯然失色了。黑子的大小和形状很不一样，大的黑子直径可达 10 万千米以上，小的黑子直径只有 1000 多千米。黑子中心处的黑暗区（暗核）称为本影，围绕着中心暗核区有纤维状结构的区域称为半影，它比本影亮些，但比光球暗淡。

早在 19 世纪初期，天文学家赫歇尔就曾断言说：既然太阳黑子是黑的，它们就必定是冷的。为了解释这一点，他认为，太阳并不是里里外外都很热；虽说它有一个炽热的大气层，但在大气层的下面，则是太阳较冷的固体部分，这些缝隙就是黑子。那时，赫歇尔甚至认为太阳内部的固体表面上冷到可以允许生物在那里生存。现在看来，这种看法无疑是错误的。

太阳通体都是炽热的。科学家通过测量太阳峰值辐射的波长，计算出太阳表面的温度，这个温度大约是 6000 。太阳黑子的中心部分，温度约 4500 。话又说回来，即使是 4500 ，太阳黑子也应该很明亮，为什么看上去它

是黑的呢？那是因为人的眼睛是不能看出光的绝对强度的。人们在判断亮度时，靠的是与四周环境的比较。太阳表面上温度较高的区域的亮度，是黑子中心低温区域亮度的四五倍。与前者相比，后者在人眼中就显得是“黑”的了。这种“黑”只是光学上的错觉。

少年朋友们，如果你们连续观察黑子几十天，就会看到黑子总是在太阳的东部边沿开始出现，接着就在太阳圆面上逐渐向西移动，最后在太阳西部边沿消失，然后在太阳东部边缘再度出现。这个观测事实证明了太阳在不停地自转。太阳自转的方向是从东向西，所以看上去它表面的黑子也就跟着自东向西移动。

## 一位药剂师的发现

施瓦贝生于德国东部易北河畔的小城——德绍城，从柏林大学毕业后当了一名药剂师，业余爱好是天文学。他常抽出时间进行天文观测。1826年，施瓦贝从慕尼黑买到两架小型折射望远镜，目的是想搜寻当时天文界盛传的“水内行星”——在水星轨道以内可能存在的一颗尚未发现的行星。

施瓦贝很自信地认为，如果这颗“水内行星”确实存在，那么当它正好运行到太阳—地球的连线上，它会较快或较慢地通过日面，这时候，日面上一定会出现一个移动不止的黑点。他坚信，只要持之以恒，有朝一日定可“捕捉”到这颗行星的踪迹。施瓦贝很快发现日面上的黑子妨碍了他的“捕捉”工作。为了早日发现那颗未知的行星，他决定把这些大小不同的黑子及其分布情形画下来。

这是一项比较麻烦的工作，因为黑子的大小不一，而且常常成群结队或者三三两两地出现。施瓦贝除了描绘出黑子群的结构外，还计算了黑子的个数。除非遇上阴天，他坚持每天观测记录，而且极为认真仔细，就这样坚持观测了约40年。虽然水内行星没有找到，但施瓦贝却得到了意外的收获！

那是在1843年，施瓦贝积累了大量的太阳黑子观测资料。他想从自己十几年的记录资料中找出那颗可能有规律出现的黑点——水内行星。施瓦贝面对厚厚的黑子记录，一张一张仔细核查。他在翻阅的过程中发现：太阳黑子的消长似乎有着某种周期性，有的年份黑子少，有的年份黑子多。这个周期约为10~11年。

施瓦贝把这一发现写成一篇文章，寄给了当时德国著名的科学刊物《天文通讯》。1844年，他的文章发表了，但是，并未引起人们的注意。到了1851年，施瓦贝累积的观测记录已超过了两个完整的太阳黑子周期（即22.2年以上）。这时候引起了著名德国科学家洪堡的注意。洪堡在《宇宙》第三卷里采用了施瓦贝对太阳黑子周期观测的结果。该书出版后，关于太阳黑子具有约10年左右变化周期的提法很快在科学界传开，原来持怀疑态度的人也终于改变了看法。为了表彰施瓦贝的伟大贡献，1857年德国皇家天文学会授予他一枚金质奖章。

施瓦贝发现太阳黑子周期的消息传开以后，立刻引起了世界上许多相邻学科的科学家们的注意。人们由地球磁场的观测，进一步证实了施瓦贝的发现。1851年，在慕尼黑工作的英国天文学家拉芝特惊奇地发现，地磁场的每日变化幅度，随着年度的不同而有一种周期性的变化，大约也以11年为周期。不久，英国地球物理学家萨宾发现，“地磁暴”——一种突发的地磁扰动现象也表现一种周期性的变化，其周期也是11年。后来，萨宾把这些变化画成曲线，并与黑子变化的曲线相比较。结果发现，两条曲线基本吻合。也就是说，地磁暴最大、最小的年份，正好与太阳黑子最多、最少的年份趋于一致。他因此指出，地球磁场的起伏变化是与太阳黑子周期相对应的。

这个意想不到的关系于1852年公布以后，很快得到许多天文工作者的证实。黑子对于地球的影响如此之大，于是，各国的天文工作者对太阳黑子进行深入研究。其中最突出的当推瑞士天文学家沃尔夫（1816~1893）。他仔细地考察天文文献中早期的一些观测，一直追溯到伽利略的观测，并且根据考察的资料，列出日面黑子活动的极大和极小的图表。在这之前的几年，他曾推导出一个公式，提出以统计方法研究黑子的原则，经后人稍加修改沿用

至今。

现代天文学家们对于施瓦贝以前的黑子观测也进行了研究，并且得出了那些年代的黑子数。目前人们已经掌握了三个世纪以来太阳黑子数变化的基本情况，并画出了相对于年份的山峰曲线。按照国际上统一规定，以 1755 年开始的那个 11 年周期当作第一周，往后顺序排出每个 11 年周期的序号。从 1997 年开始进入第 23 个太阳黑子周期，可能大约在 2002 年前后达到这一周期的极大年。通常人们把一个黑子周期中的极大年叫做“太阳活动峰年”。

## “蝴蝶图”

1853年，英国一位名叫卡林顿的天文爱好者，决心通过观察太阳黑子，确定出准确的太阳自转周期。卡林顿拥有一座私人天文台，可以昼夜进行天文观测。在1853~1862年间，他仔细观察记录黑子的数目，并注意记录黑子的日面位置。他那勤恳认真的程度不亚于20年前的施瓦贝。

功夫不负有心人。卡林顿终于发现，太阳黑子沿日面旋转移动一周的时间各不相同。在太阳赤道上，黑子大约只要25天便在日面上自转一周，而在日面纬度 $45^\circ$ 处的黑子则需27天半才完成一次自转。卡林顿的发现，彻底否定了有的天文学家提出的太阳是固体的理论。

另一位天文爱好者——德国的斯玻勒，在1860年发现，每当一个黑子周期开始时，最先出现的黑子总是在离赤道较远处（平均纬度为 $35^\circ$ ）；然后，黑子出现的位置渐渐靠近太阳赤道，在纬度 $10^\circ \sim 25^\circ$ 之间出现最频繁；最后，所有的黑子集中到南、北纬度约 $5^\circ$ 处。1894年，斯玻勒在总结分析了大量黑子观测资料的基础上，提出了黑子日面纬度分布规律，即后来著名的“斯玻勒定律”。这个定律告诉人们，绝大多数黑子都出现在日面纬度 $+8^\circ \sim +45^\circ$ 和 $-8^\circ \sim -45^\circ$ 的区域内，在此范围之外很少有黑子出现。在每个黑子周期（约11年）开始时，黑子大多出现在纬度 $\pm 30^\circ$ 的地方；极大时（称为太阳活动峰年）在 $\pm 15^\circ$ 出现；周期末了常在 $\pm 8^\circ$ 处消失。前一个周期的黑子还没有完全消失，下一个周期的黑子有时又开始在 $\pm 30^\circ$ 处出现了。

为了纪念卡林顿和斯玻勒对天文学的贡献，科学家们常把太阳自转会合周期称为“卡林顿周期”，其平均值为27.2725日；每当提到日面黑子分布规律，人们习惯地称为“斯玻勒定律”。

后来，英国天文学家蒙德根据斯玻勒定律，以太阳黑子群的平均日面纬度为纵坐标，以时间（年份）为横坐标，绘出黑子分布图，酷似一只只蝴蝶，太阳物理学家们称此为黑子“蝴蝶图”。太阳黑子数的多少以及在日面上的分布，均有一个平均大约11年的周期变化规律。

## 看不见的光线

1666年，在大学读书的牛顿放假回到家乡，用棱镜做了一个“游戏”。他在回忆录里这样写道：“我将窗户关上，只在壁上穿了一个小孔，让一束光投射在棱镜上。当光线通过棱镜后，便成了多束不同颜色的光，投射在对面的墙壁上。起初我只感到这些美丽的光线很好看。”后来，牛顿了解到，这是一个很重要的光学现象。这一现象说明，白光不是单一的，而是很多颜色不同的光混合而成的，这就是太阳的可见光光谱。

1800年，威廉·赫歇尔在研究光热效应的时候，也使用了一块类似于牛顿使用的那种玻璃棱镜，把一束太阳光展成光谱，然后用温度计在不同的光谱区记录温度。在实验中，赫歇尔发现，虽然把温度计放在太阳光谱红端以外很远的地方，却仍然有某种看不见的辐射使温度计的读数上升。当时，他把这种射线称为“看不见的光线”。这就是后来人们常说的红外线。红外线的波长范围大约从7000埃到1毫米，1埃等于1亿分之一厘米。实验表明，只要是温度高于绝对零度的物体，它总是要或多或少地辐射出红外线来。正是因为物质的这一客观存在的物理特性，红外天文观测成为人们窥探宇宙奥秘的又一个窗口。

赫歇尔发现了太阳红外线之后，自然引起人们不断提出新的问题：在太阳光谱紫色区外，是否也有“看不见的光线”呢？当时有人也曾用温度计试图测出太阳紫外辐射，奇怪的是，温度计的读数却一点儿没有发生变化。1801年，德国物理学家里特开始研究光引起某些化学反应的能力。当时，他把硝酸银暴露在太阳光下，分解出了黑色的金属银。后来，他把硝酸银放在紫光已经消失不见的太阳光谱的紫外区域，结果发现它分解得更快，从而证实了太阳紫外线的存在。现在知道，太阳紫外辐射的波长从3900埃到100埃。

赫歇尔和里特对于太阳红外线和紫外线辐射的发现，引起了很多科学家对天体光谱研究的兴趣，人们开始通过太阳光谱来研究太阳的化学成分。

## 奇怪的光谱线

夫琅和费是德国一个贫穷人家的孩子。11岁时，他做了一个光学师傅的学徒，住在慕尼黑城的一间破屋子里。几年后，他所住的房子突然倒塌了，里面的房客均被压死，只有可怜的夫琅和费幸免于难。当时，一位好心的先生送给夫琅和费 18 块金币。夫琅和费用这些钱买了书籍和光学仪器。经过刻苦学习和钻研，他成为一名能干的光学匠。夫琅和费 19 岁时，被一家制造玻璃和光学仪器的工厂雇用。几年后，为了改进天文望远镜上的物镜，夫琅和费开始从事棱镜和折光方面的研究工作。

1814 年，夫琅和费在重复做牛顿分解太阳光的实验时，在一间小黑屋子的窗板上开了一条狭缝，让太阳光通过这条缝射入屋子里，成为一条扁扁的光束。光束经过三棱镜后变成了宽大的扇形，落到对面的白墙上，成为从红到紫的光带。夫琅和费原本想找到一种只发一个颜色的光的光源，却意外地发现了太阳光谱中的一些重要现象。

实验中，他发现太阳光谱中有许多条暗黑的谱线。经过仔细的统计，黑线共有 567 条。为了研究方便，他采用 A、B、C、D……等字母来代替其中一些较粗的谱线（见彩图 5）。这些暗黑的谱线是怎么形成的呢？这个问题不仅夫琅和费完全不能解释，当时的许多物理学家也无法解释。

1859 年，德国著名化学家本生和物理学家克希霍夫揭开了这些暗黑谱线之谜。本生是一位任教多年的化学教授。他发明了一种至今还有人在使用的煤气喷灯。这种喷灯的火焰在白天几乎看不出来，可是火焰的温度却很高，可以达到一两千度以上。这种灯后来就叫本生灯。

1858 年，本生用这种灯，专心致志地研究各种物质在高温火焰中的变化。他发现有些物质能把无色的火焰染得异常明亮。当他把一小块食盐放入火焰中，无色的火焰显得更亮，并且立刻变成黄色。食盐是氯和钠这两种元素组成的。那么，到底是什么把火焰染黄的呢？是氯还是钠？

为了弄清这个问题，本生又作了一个实验。他使用了一种含钠而不含氯的物质，如苏打和芒硝，结果火焰变成了明亮的黄颜色的光。实验的成功，促使本生做了许多范围更广的类似的实验。他把不同物质的液体沾在一根像头发丝那样细的铂金丝上，然后放在本生灯上燃烧，记录下各种不同物质燃烧时的颜色，如钠的火焰是黄色的，钾的是紫色的，铜的是绿色的，锶的是红色的等等。

不久，本生又发现，钠盐的溶液是黄色的，混有一些锂盐杂质的钠盐溶液也是黄色的。怎样才能辨别区分这些物质信号呢？本生研究了很久，尤其是努力把锂和锶这两种物质的光焰相区别，但是怎么也未能如愿。

正在这时，他想起了好朋友基尔霍夫。基尔霍夫是一所大学的物理学助教。当他得知本生遇到的困难以后，决定制造一种物理仪器，区别出各种光焰颜色之间的差别。基尔霍夫找来一个直筒望远镜，把它锯成两截，再加上一块石英三棱镜。他把带有透镜的那半截望远镜放在一个盒子里，圆筒露在外面，然后用一块带有一条细缝的圆盘把圆筒遮起来，使光线进入盒子以后经过棱镜转向一边，变成一面宽阔的彩色扇形，再进入另半截望远镜。观察者的眼睛凑近目镜，可以看到由细缝射进来的光的光谱。这就是世界上第一台“分光镜”。基尔霍夫的这台简陋的分光镜，正是现代各种先进的光谱仪的“老祖宗”。

基尔霍夫带着他的分光镜来到本生的实验室，两个人合作研究。经过多次成功的实验，他们创立了一种新的化学分析方法——光谱分析法。这种方法非常灵敏，只要一毫克的三百万之一的钠，送到火焰里，在光谱中就能看到钠的黄色谱线（简称黄线）。用手指摸一下铂金丝，也可以烧出黄线，因为汗水中含有钠。实验表明，每一种物质，在它得到足够热量时就能发出光，每一种元素能发出其本身特有颜色的光。分光镜能将光分成一条条颜色，人们把这一条条颜色称为光谱。各种元素的光谱是不同的，因此人们就可以根据发出的光谱来鉴定这种元素。用光谱分析各种物质或用光谱寻找新的元素，很快成为当时最时髦的科学研究课题。

## “化验”太阳

看了这个题目，少年朋友一定会感到奇怪，太阳离我们那么遥远，怎么进行化验呢？我说的可不是“天方夜谭”，早在 1859 年，就有科学家对太阳“化验”过了。

1859 年的一天夜里，本生和基尔霍夫在实验室窗前向外眺望，发现 16 千米外的曼海姆城发生了大火灾。两位科学家好奇地用分光镜观察这片火光，竟在大火的光谱中找到了钡和锶的光谱线。由此，本生突然想到，既然可以用分光镜分析曼海姆城的火光，为什么不能用它“化验”太阳呢？

他们首先遇到的就是 30 多年前夫琅和费留下的太阳光谱中的暗线之谜。基尔霍夫对暗线中的 D 线最感兴趣，因为那是太阳光谱里最明显的暗线之一。1859 年 10 月，基尔霍夫用自己的试验证明了 D 线是在钠的光谱位置上。实验是怎样进行的呢？他首先用分光镜看太阳的光谱，记下了 D 线的位置，然后遮住阳光，点燃了本生灯，在灯上燃起钠盐。果然，钠的粗亮的黄线正好出现在 D 线的位置上。

在进一步的实验中，基尔霍夫注意到，一团较冷的物质蒸气所吸收的波长，恰恰等于这种物质炽热发光时所发射的波长，也就是“吸收光谱”。例如冷的钠蒸气吸收的暗线与炽热的钠蒸气发出的亮线位置丝毫不差。所以吸收光谱的暗线与发射光谱的亮线一样，都可以作为鉴别元素的标志。基尔霍夫由此证明了太阳上存在着钠。

夫琅和费“暗线之谜”终于被解开。原来是太阳表面发出的白光，能产生连续光谱。当白光通过太阳外围的大气时，太阳外围大气中的某些元素，会把连续光谱中相应的谱线吸收掉。正是由于这个原因，当初夫琅和费接收的太阳光谱中才出现了暗黑的谱线。

在解开夫琅和费“暗线之谜”以后，基尔霍夫和本生又用铁作了实验。铁的光谱有 60 多条亮线，而在太阳光谱中 60 多条亮线的位置上，正好有 60 多条夫琅和费暗线。由此说明太阳上有铁。不久，基尔霍夫用同样的方法，又证明了太阳光谱中 H 和 K 这两条暗线是由钙产生的，说明太阳大气里存在着钙。

两位科学家竟然在离太阳 1.5 亿千米之遥的地球上，测出了太阳的化学成分！真是了不起的成就。1862 年，瑞典的化学家昂格斯特罗姆又证明了太阳上存在着氢元素。从那以后，天文学家们开始以光谱分析作为一种强有力的天文研究手段，“化验”太阳的工作不断地取得新的成果。

## “太阳元素”的发现

1842年7月8日，欧洲南部发生了一次日全食。当时，来自英国、法国、德国和俄国的许多天文学家聚集在南欧，观测这次难得的日全食。

当月球慢慢地遮住太阳，耀眼的日面变黑后，呈现出明亮的日轮。这时，人们发现，日轮的边缘喷射着非常壮丽的玫瑰色的光晕。同时人们还惊奇地发现，在日轮边缘有几团巨大的深红色的火焰。对此，人们提出了不少疑问：这是月亮上的火山还是太阳的光斑？或是由于眼睛疲劳而引起的幻觉？

1860年初，欧洲又发生了日全食。在观测中人们确认，日轮边缘这种“突出物”是太阳喷出的火舌。有的天文学家为这一现象照了像。有的天文学家甚至还把日轮边缘的突出物画了下来。突出物常出现在日轮边缘，好像太阳长了耳朵一样。为此，天文学家把它称为“日珥”。“珥”在汉语里的意思是女子的珠玉耳饰。

1868年8月18日，印度发生日全食，赶去观测的很多天文学家已装备了基尔霍夫发明的那种分光镜。当时，一位名叫詹逊的法国天文学家，决定借这次日全食的机会，用分光镜研究一下太阳上的突出物——日珥的光谱。与此同时，英国也组织了观测日全食的远征队，其中一名叫洛基尔的天文爱好者，也带着分光镜参加了这次观测。

在这次日全食时，詹逊成功地拍摄了太阳色球的光谱。凑巧的是，他把一个日珥的光谱也拍到了。结果，他发现在日珥的D1、D2钠线旁边，还有一条黄色的发射线。“它会不会是钠的另一条谱线——D3线呢？如果不是，那又是什么呢？”詹逊这样想。为了证实这条新发现的谱线是否确实存在，他决定做进一步的观测研究。可是这次日全食已经结束了。怎么能够在没有日全食时再观测到这条谱线呢？第二天拂晓，詹逊登上了一座高高的塔顶，做好观测日出的准备。当太阳刚从地平线钻出来，詹逊就把分光镜的细缝对准了太阳的最边缘。他做得既小心，又很巧妙，进入分光细缝的只是太阳突出物的光线。结果，昨天他在日全食时所观测到的那条谱线又出现了。这时他才确信昨天的观测结果是真实的。詹逊高兴极了，他立即写了一封信，向法国科学院报告这一重要发现。由于当时交通不方便，信从印度到法国用了两个多月的时间。

有趣的是，设在巴黎的法国科学院在同一天收到了两封信，一封来自詹逊，另一封来自英国的天文爱好者洛基尔。两封信谈的是同一发现。洛基尔的信发自英国，他是在不知道詹逊的观测结果的情况下得出了同一发现的。1868年10月26日，在巴黎科学院会议上同时宣读了这两封信。科学家们对这一重要的发现很感兴趣。后来，为了纪念这一重要的历史发现，法国科学院铸造了金质奖章。奖章正面刻着詹逊和洛基尔的头像，下面写着：“1868年8月18日珥光谱分析”，背面是驾着四匹马战车的“阿波罗”太阳神像。

詹逊和洛基尔在日珥光谱中发现的那条橙黄色明线（D3）是从哪儿来的呢？或者说，这条黄线表示了什么呢？当时的化学家们所具有的物质表中，没有一种物质的光谱里有这样的黄线。1869年，洛基尔在实验中再次作了仔细的检查，发现这条明线确实与当时地球上已知的任何元素的谱线不相对应。因此他认为，这是属于地球上所没有的太阳物质产生的谱线。洛基尔把这种元素命名为“Helium”，原意为“太阳”。这就是后来人们常提到的“氦”。历史上有一段时间，把氦称为“太阳元素”。

地球上真的没有氦吗？在日珥 D3 线发现后的 27 年，一位名叫雷姆塞的英国化学家终于在地球上找到了氦。当时，他正在分析一种叫铀铀矿的矿石，发现它与硫酸作用时可放出一种气体。雷姆塞很想知道这是什么气体，就委托一位物理工作者用分光镜观察，结果发现，它在黄区发出的一条明亮的谱线，正是 1868 年日全食观测时发现的 D3 线。就这样，以往认为高不可攀的“太阳元素”，总算在地球上找到了。

科学家的研究表明，不仅仅是太阳，任何一个天体，只要它发出的光有足够的强度，能产生可以测量的光谱，人们就能够知道它的化学成分和含量。

1929 年，美国天文学家罗素（1877 ~ 1957），在仔细地研究了太阳光谱之后，证明太阳上氢的含量多得惊人。他断定氢占了太阳总体积的五分之三。美国天文学家门泽尔曾估计，太阳总体积的 81.76% 是氢，18.17% 是氦，其他元素只占 0.07%。

人们经过多年来对数以万计的夫琅和费线进行精细的“普查”，已经在太阳大气中发现了 60 多种化学元素。这些元素在地球上都能找到。

## “ 燃烧的草原 ”

当日全食来临的时候，人们可以看见日轮边缘出现的明亮的、粉红色的闪光。这闪光使得人们平时用肉眼看不见的太阳色球露出了尊容。

在没有发生日全食的情况下，怎样观察色球呢？可以使用太阳色球望远镜对色球作常规观测，还可以在色球望远镜上安装摄影机，连续拍照。在日轮的边缘，你可以看到无数明亮、细小的火舌，到处像是熊熊燃烧的漫天大火。有人形象地把太阳色球叫做“ 燃烧的草原 ”。在“ 燃烧的草原 ”上，随时升起一束束细高而亮的火柱，像是无数的针插在上面，天文学家称它们为针状物。针状物的长短、宽窄很不一致，高度约有几千千米，宽约 1000 多千米，它们在色球中不断产生，又不断消失，存在时间一般为 10 分钟。

除了针状物以外，在玫瑰色的太阳边缘，你还可以看到许多突出的“ 火焰喷泉 ”，即日珥。日珥有着种种奇特的形状，像炊烟、云朵、树林、喷泉、龙卷风……等等。最引人注目的要算环状日珥和拱状日珥的爆发，它们可以上升几十万千米，壮观极了。按照日珥的形状、运动情况、发生的位置，以及同黑子的关系，可以把它们分为宁静日珥、活动日珥和爆发日珥等。

宁静日珥是经常可以看到的，能够存在几个小时甚至几天。比起其他类型的日珥来，变化较缓慢，显得不那么活跃。活动日珥多数出现在黑子附近，它的变化虽多种多样，但也有一些规律。还有一种日珥是在黑子群上空突然形成明亮的光点，接着又出现新的光点，这些点会合成一朵漂浮着的云朵，最后向下注入太阳黑子之中。有时也会出现直立的螺旋状或缠绞着像粗绳子一样的日珥，它们很像地面或海面上刮起的龙卷风，直径在 5000 ~ 20000 千米之间，高度能够达到 10 多万千米。最为壮观的要数爆发日珥了。原本处于宁静状态的日珥，有时会突然从太阳喷向空间，有的像飘带，有的呈环状……高高地展示其千变万化的姿态。

太阳色球的结构是很不均匀的。色球的厚度约有数千千米至两万千米。它的温度变化范围也很大，从光球顶部的 6000 可上升到几万摄氏度，甚至更高。观测表明，宁静日珥的磁场强度约为 10 高斯（表示磁感应强度的单位），活动日珥的磁场强度可达 200 高斯。日珥究竟是怎样形成的呢？这个问题至今仍在探索。

## “ 太阳帽 ”

每当日全食出现，在月掩日轮的周围便会浮现出银白色的光区（光区外面是黑暗的天空背景），看上去，被月球遮挡的太阳像是一顶“太阳帽”，人们称它为日冕。日冕是太阳的最外层大气。它的形状随黑子周期而变化。在黑子数极大值期间，日冕形状比较整齐；在黑子数极小值期间，日冕的形状是扁圆形的。

日冕延伸的范围很大，分内冕和外冕。内冕只延伸到离太阳表面约 0.3 太阳半径，外冕则可达几个太阳半径。

由于太阳圆面的光太强，即使使用太阳望远镜，如果不是在日全食期间，仍然看不见日冕。1937 年，法国默东天文台的青年天文学家李约想出了一个办法，把一个小黑圆盘塞进太阳望远镜里，从而造成长时间的“人造日全食”，这种仪器便称为“日冕仪”。虽然使用日冕仪只能观测内冕，但毕竟为天文学家们提供了很大方便。这样，人们就不必再等到相隔多年才有一次的日全食时才去紧张地观察，而是可以常年从容地研究太阳大气了。

1942 年，瑞典光谱学家通过对日冕光谱的研究发现，日冕谱线属于极高度电离的离子。日冕的温度约有 200 万摄氏度，高于光球，也高于色球。高温是日冕的独特之处。日冕物质是极其稀薄的，每立方厘米约有 10<sup>8</sup> 个粒子。由此得出日冕实际上是一团炽热的极稀薄的等离子体。

20 世纪 70 年代以来，天文学家已将日冕仪放到航天器上进行大气外日冕观测。另外，地面上也使用射电望远镜对日冕作常规的观测。多方面的观测表明，由于高温，整个日冕处于膨胀状态，其中大量的快速粒子如脱缰之马，挣脱了太阳引力的束缚，不断向外流动，形成太阳风。

## 从太阳吹来的“风”

早在 1951 年，德国物理学家比尔曼提出一种彗尾形成的看法。他认为太阳沸腾蒸发出来的均匀高速电子流和质子流可吹动彗星物质，使彗星尾巴始终背向太阳。到了 1958 年，美国一位年轻的物理学家帕克进一步对比尔曼的说法作了理论上的论证。他证明，在温度为几百万摄氏度的日冕中，一些电子和质子热运动的速度很高，以致于它们能够脱离太阳的引力束缚，形成吹向宇宙空间的连续的粒子流，帕克把它叫做太阳风。帕克预言，在地球轨道附近，太阳风的速度应该达到每秒 400~500 千米，超过了子弹的速度。

人造卫星上天不久，1959~1961 年，原苏联发射的行星际空间站和美国发射的“探险者 10 号”的空间探测器都装备有粒子探测器，这些仪器果然在地球周围测量到有很大流量的带正电荷的快速离子流。1962 年“水手 2 号”空间探测器进行了连续三个月的观测，不仅肯定了太阳风的存在，而且测定出太阳风的速度为每秒 319~771 千米，太阳风的密度约为每立方厘米 1~50 个粒子，与帕克的预言十分相符。

观测表明，在地球轨道附近，有时会出现每秒达 1000 千米的高速太阳风。宇宙飞船用 X 光拍摄太阳，在太阳的 X 光照片上，发现日冕存在着没有闭合磁场的区域——冕洞，太阳风高速流就是从冕洞中发出来的。随着太阳自转，冕洞就像花园中浇花的旋转水龙头一样，不断地将日冕中的微粒流洒向宇宙空间。当这些太阳风高速粒子流刮到地球附近，就会使地球磁场发生扰动，产生磁暴，导致地面上的短波无线电通讯受到严重干扰。太阳风高速粒子还会使地球的两极地区高空大气发出美丽的极光。太阳风的强弱变化，会使地球磁层出现膨胀或收缩，触发磁层的爆发活动，可能把在太空运行的人造卫星击毁，对航天飞行造成危害。

我们地球上刮的大风，风速一般在每秒钟十几米至几十米，而太阳风的速度比地面最大的风速要高出 1 万倍以上。难怪彗星上面的气体和尘埃，被太阳风吹出一条长长的尾巴。当一颗彗星离太阳很远的时候，人们从望远镜里看到的是一个发光的云雾状斑点。当彗星逐渐地靠近太阳时，由于太阳风以及太阳辐射压力的作用，彗星的气体、尘埃等物质被吹向背离太阳的一面，而且离太阳越近，这种作用也就越大，彗尾拖得就越长。

## 海耳与黑子磁场

美国天文学家海耳（1868~1938）1890年毕业于美国麻省理工学院，后任芝加哥大学天体物理学副教授。为了研究日面结构，海耳设计了太阳单色光照相机，这种仪器的特点是只允许太阳光谱中某种波段的光通过。1892年他成功地拍摄了太阳单色像。

为了深入开展研究太阳的工作，海耳迫切需要一架大型望远镜，但他实在缺乏这方面的费用。当时一位名叫叶凯士的金融家在海耳劝说下，赞助了这项开支。这位金融家为制造新望远镜和建筑天文台支付的款项总额，竟达到了34.9万美元。天文台即用他的名字命名——叶凯士天文台。当时一位望远镜技师为海耳磨制了口径达1米的透镜，重达230千克。整个望远镜于1896年安装在叶凯士天文台。迄今为止，它依然是世界上最大的折射望远镜。

1908年，海耳用氢红色光（波长为6563埃）拍得一张单色光太阳照片，发现照片上的黑子周围有漩涡状结构。后来，他又几次发现这种现象。当时海耳把它叫做“日面漩涡”。观测发现，在一个黑子群中一般有两个主要黑子，按太阳自转方向，在黑子群西部首先出现的称为前导黑子，随后出现的黑子称为后随黑子。这种漩涡现象在这样一对黑子附近出现的时候，很像马蹄形磁铁附近的铁屑分布情况。由此海耳推断太阳黑子可能具有很强的磁场。

后来，海耳测得太阳黑子磁场强度约三四千高斯（地球磁场不足1高斯）。这是人类第一次测量到地球以外天体的磁场。

从那以后，天文台开始对于黑子的磁场作经常性的观测。大量的观测结果说明，每个黑子都具有磁场。像地球有磁北极和磁南极那样，太阳黑子也有两个极（N和S）。如果前导黑子是S极，后随黑子就是N极。观测表明，太阳南北半球的黑子群的前导黑子所带的极性恰好相反。在一个太阳黑子周中，如果原来北半球的前导黑子是N极，过了约11年后，会改变为S极。海耳于1919年指出，太阳活动的真正周期不是11年而是22年。现在人们称22年这个周期为太阳黑子的磁周期。

关于太阳磁场的起源，至今仍是一个未解之谜。

太阳磁场是非常复杂而又活跃的。通常在太阳上观测到的是双极磁场，但是也意外地发现单极区。在太阳上谈不上有很大数值的统一固定的磁场，这是因为太阳内部和表层的物质都在不断地发生强烈的运动，其中包括复杂的太阳磁场活动。“漩涡”状的黑子磁场只是其中一种表面现象而已。

## 太阳在向人们“表演”！

1859年9月1日上午10时，英国天文学家卡林顿把天文望远镜对准太阳，装好投影“银幕”——一张白纸，然后聚精会神地观看太阳的影像。11时18分，突然在一大群黑子的近旁，爆发出两个耀眼夺目的新月型闪光！

起初，卡林顿以为望远镜上遮挡阳光的护板有了破洞，阳光先漏射到银幕上来了。检查的结果是护板完好无损。卡林顿由此推断，那突然耀眼的闪光是发生在日面上的现象。当时，卡林顿还请近旁一位观测者一同观测了闪光的变化，发现那明亮耀眼的光斑很快暗淡下去，大约过了5分钟，就连一点影子也没有了。卡林顿猜想，这突然的闪光，会不会是一块巨大陨石撞入太阳引起的呢？

就在同一时刻，别处另外一位天文学家也观测到了太阳突然闪光这一现象。他说，当时见到这种现象时，自己竟不由自主地从望远镜前倒退了一步。凑巧的是，在此令人惊异的现象过后的几天内，世界上许多地磁台记录到强烈的地磁暴；居住在地球高纬度地方的人们，看到天空出现了彩色的、像帷幕一样闪闪发光的北极光。这一连串的富有戏剧性的突发事件，使很多科学家大为吃惊。有的天文学家兴奋地说，这是太阳在向人们“表演”！后来天文学家把这种太阳活动称为耀斑。

1892年，美国天文学家海耳用自己研制的“太阳分光照相机”，首次拍摄到太阳耀斑照片。1932年，世界上成立了一个使用太阳分光镜观测太阳耀斑的国际组织。4年以后，全世界的天文台站开始联合起来对太阳耀斑进行观测研究。随着观测到的太阳耀斑记录不断增多，人们终于认识到，小型的太阳耀斑是一种常见的太阳活动现象，在太阳黑子密集的部位，一天就能观察到100多次，但像卡林顿第一次所看到的那么大的耀斑则是罕见的。耀斑是太阳上层大气中最为剧烈的爆发现象，除了日面局部突然增亮外，更主要的表现是从射电波段直到X射线的辐射通量突然增强，同时有大量高能粒子和等离子体猛烈喷发出来。天文学家称太阳大耀斑为“惊天动地的爆炸”。

大耀斑最突出的特征是来势凶猛，能量巨大，在短短的一二十分钟内就可以释放出 $10^{26}$ 焦耳的巨额能量，相当于地球上十万至百万次强火山爆发的能量总和，太阳上的这种爆炸的确是“惊天动地”的。太阳大耀斑还有一个显著特征是辐射品种繁多，而且往往带有突然增强的特点。在耀斑辐射中，除了可见光外，还有紫外线、红外线、X射线、 $\gamma$ 射线、射电辐射和高能粒子流等。这么多令人眼花缭乱的辐射，在一刹那间从耀斑区域浩浩荡荡，倾泻而出，对日—地空间环境产生巨大影响。

长期的观测使人们认识到，太阳耀斑和黑子有着十分密切的关系。已经发现，很多耀斑在开始的时候，是靠近黑子的亮点，以后变成亮带。这些亮带有时横跨黑子群。鉴于太阳耀斑具有一系列神奇难解的特征以及对地球的巨大影响，它已成为现代日地物理学研究的主要课题之一。

## 收音机为什么哑巴了？

1956年2月23日那天，人们正在收听广播，收音机突然“哑巴”了，无线电报机成了“聋子”。当时正在格陵兰附近海面上的一艘英国潜艇失去了与陆地的联络。

罪魁祸首是谁？原来是太阳上的大耀斑。23日那一天，太阳上出现了一个特大耀斑。为什么归罪于太阳上的大耀斑呢？原来是它破坏了我们地球大气中的电离层。电离层是什么？太阳大耀斑又是怎样破坏地球电离层的呢？

由于太阳紫外辐射、X射线及高能微粒辐射的作用，使我们地球大气从高空五六十千米处开始发生电离现象，形成电离层。我们地面上的无线电短波通讯就是靠电离层的反射才能传播得很远。无线电波通过电离层与地面之间的多次往复的反射，使地面之间的通讯距离可达几千千米至几万千米。现代虽有通讯用的人造卫星，但许多地方的通讯（电波传播）仍要电离层反射无线电波来实现。

科学家根据电离层内电子密度随高度的不同，又把电离层从下往上分为D层、E层和F层。从地面以上的50千米到90千米称为D层；从90千米到140千米称为E层；从140千米到250千米叫作F1层，它主要在夏季白天出现，从250千米到400千米叫作F2层，它是无线电短波通讯的主要反射层。

在白天，F2层中电子最多时每立方厘米可达到50万个；晚间，在250千米附近，每立方厘米仍然含有10万个电子。F2层是电离层中经常存在的层次。D、E和F1层到夜间就基本上消失了。

当大耀斑发生时，从太阳发射的紫外线、X射线和高能粒子的发射强度突然增大。特别是这些辐射中的强X射线和紫外线可穿透到电离层的下部，致使D层和E层底部的电离过程增强，电子密度在几分钟之内也突然剧增，从而引起地球电离层突然扰动，这时电离层非但不能反射反而吸引了用于通讯的无线电信号，因此出现短波中断的现象。

1971年一次太阳大耀斑爆发时，一架飞机由于通讯故障坠毁在阿拉斯加，造成100多人死亡。1972年8月4日，我国云南天文台观测到一个明亮的大耀斑，它的开始时间是14点25分，极大时间是15点43分，结束时间是15点53分。在此期间，北京国际通讯台所有对国内、国外的短波电路都中断了。还有1981年、1989年发生的几次太阳耀斑爆发，均引起电离层突然扰动，造成了地球向阳半球的短波通讯中断，并在数天之内，短波信号一直处于不稳定状态。由于这种事件屡有发生。科学家正在以各种实验方法研究太阳活动对地球电离层的影响，积极开展太空环境的预报工作。

## 太阳活动与地球气候

早在 18 世纪初,英国天文学家、天王星的发现者威廉·赫歇尔就注意到,当太阳黑子少时,地球上的雨量也减少。

19 世纪末,俄国施维多夫教授在研究旱灾的周期性时,从一些老树墩上的年轮发现,年轮之间的距离并不是相等的,而是有疏有密,疏密的程度大致 11 年变化一次,即与太阳黑子周期对应。树木的年轮表示了树木每年新增加的木质。假使某一年天气潮湿、和暖,树生长得快,它就生长出较厚的一层木质;假使春夏的天气较冷,或是夏天干旱,树的营养不足,其年轮就窄一些。遗憾的是,俄国的树木寿命都很短,施维多夫找到的树木太年轻,似乎还不能说明更多的问题。以后,人们搜集了树龄在几百年甚至上千年的大量的树木年轮资料,作了系统的研究。统计结果表明,树木逐年的生长率与同时期的黑子相对数相关,在太阳活动峰年,树木生长得快一些。

我国著名科学家竺可桢也对气候与太阳活动的关系进行了大量的研究。他发现,我国长江流域的雨量与黑子多少成正比;黄河流域则相反,雨量与黑子多少成反比。他根据我国历史上的太阳黑子记录指出,黑子最多的第 4、6、9、12 和 14 世纪,也是我国严寒日子多的世纪。我国还有许多科学工作者,充分利用我国物候学、地方志及各种史料记载,对我国 5000 年来的气候变迁进行研究。对古老树木年轮的研究和放射性碳 14 的测量,以及近年人们对南极、北极的深层冰核中氧 18 的含量、年度冰溶化百分率和冰中二氧化碳的研究,进一步表明太阳活动不仅有 11 年、22 年的周期变化,而且还有 80~90 年、200 年、500 年和 8000 年等周期变化。太阳活动与气候的长期变化有明显的相关性。

## 太阳上也有“地震”吗？

早在 1962 年，美国天文学家莱顿等人在研究太阳表面的气体运动时，观测到一个惊人的事实：太阳上的气体从太阳表面快速地垂直上升，随后又落下。太阳表面上有 2/3 左右的地方，每隔 2~5 分钟，即有一次这样的振动，而且振动的规模很大，振动的步调基本一致（同时起落）。即一些气流同时冉冉上升，另一些气流同时徐徐下降。太阳就像是一颗巨大的心脏不停地一胀一缩地脉动，大约每隔 5 分钟上下振动一次。

科学家们在作了进一步的观测和研究之后，发现太阳振动周期还不只一个。除了 5 分钟的振动周期外，还存在着 160 分钟振动一次的周期。此外，太阳上还有从每 7 分钟一次到每几小时一次的许多种振动周期。为什么会发生太阳振动呢？

一些太阳科学家认为，太阳 5 分钟振动是太阳对流层发出的声波所致，属于压力型的；160 分钟振动可能是太阳对流层下面的重力波引起的，属于引力型的。“对流层”是指从光球向下延伸至太阳中心 1/4 个太阳半径处的一层太阳大气。遗憾的是，由于观测上的重重困难，科学家们迄今对其详情还知道得很少。

近年来，国际上一些天文台对“日震”进行联合观测，其观测网分布于美国、西班牙、印度、中国、澳大利亚和智利等国。通过对太阳振动的长期连续观测和研究，可以获取太阳内部及日核的许多信息，这对于研究太阳自转、太阳磁场起源、太阳活动规律都有着非常重要的意义，由此还能揭示出更多的宇宙奥秘呢！

## 探测太阳的两极

1990年10月，美国“发现者”号航天飞机将考察太阳的宇宙飞船“尤利西斯”号送上太空。“尤利西斯”的飞行轨道与以前的任何人造天体都大不相同，它的主要使命是巡视任何飞行器均不曾到达过的太阳极区。这个太阳探测器的名字，采用了古希腊神话中的一位探险英雄的名字“尤利西斯”。

随着太阳自转，我们地球上的人们才得以观察到日面情况。遗憾的是，我们地球上的观测者永远也不可能仰望太阳的南北两极的全貌。近30多年来，发射了数十个探测太阳的空间飞行装置（无人的和载人的），由于它们的飞行轨道大多沿着黄道面附近空间，所以，从飞行器同样观察不到太阳的两极。

1994年6月26日，“尤利西斯”到达了太阳南纬 $70^{\circ}$ 上空，开始对太阳南极区进行观测，持续了132天。9月13日，“尤利西斯”到达了太阳南纬 $80.2^{\circ}$ 的上空（距离太阳2.3个天文单位）。1995年3月中旬，“尤利西斯”在距离太阳1.34个天文单位的太阳上空穿过黄道面，于7月31日到达太阳北纬 $80.2^{\circ}$ 上空。

“尤利西斯”不负众望，测出了太阳极区的太阳风速度达每秒750千米，比日面低纬区域的每秒400千米几乎大1倍。而且从极区冕洞发出的太阳风等速不变。还测出了高纬区域的磁场强度也几乎不随纬度而变化。“尤利西斯”在太阳高纬度还观测到反复出现的冲浪，这一现象已经引起太阳物理学家的兴趣。“尤利西斯”在完成主要使命后，将飞离太阳，成为轨道周期6.3年的绕日运转的人造天体。预计它将于2000~2001年，再度飞越太阳南北两极。

## “天火”还能燃烧多久？

对于我们地球人来说，宇宙中没有哪个天体能像太阳那样与我们如此亲近。尽管太阳发出的光和热中只有 22 亿分之一到达地球，但也足以使地球成为现在这样一个生气勃勃的世界了。

在 19 世纪末期，地质学家在南非的特蓝斯瓦尔的地层中，发现其中的硅化岩中存在与今天的蓝藻有相同复杂结构的单细胞组织，这证明了地球上早在 35 亿年前就有生命存在了。这就是说，太阳照耀地球已有几十亿年了。

太阳连续发光几十亿年，它这种神奇而又似乎永不枯竭的能源是什么呢？

对于太阳能量来源之谜，直到 1938 年，美国科学家贝特才初步解开。贝特认为，太阳能源来自太阳内部的热核聚变。太阳中心的温度高达 1500 万摄氏度，压力也十分巨大。在这种高温、高压条件下，物质的原子结构自然会被破坏，结果发生每 4 个氢原子核聚合成 1 个氦原子核的物理过程，与此同时释放出巨大的能量。这个过程在物理学上称为热核聚变。热核聚变反应比化学燃烧释放的能量要大 100 万倍以上！热核反应放出的能量究竟有多大呢？简单点说，1 克重的氢变成氦时，放出来的能量等于燃烧 15 吨汽油的能量！1 千克重的氢的能量，抵得上数百列火车的煤！作为核武器之一的氢弹比原子弹的威力还要大得多，氢弹爆炸时发生的就是这种热核聚变反应。

太阳辐射就是在氢聚变成氦的过程中产生的。在每一秒钟里，就有 630000000 吨氢聚变成 625400000 吨氦。从太阳每秒钟消耗的氢的数量来看，它似乎不会维持很久。但事实并非如此。这是由于太阳有着巨大质量的缘故。太阳的质量为 2200 亿亿吨。这巨大的质量中，大约有 53% 是氢。这就是说，太阳目前约含有 1160 亿亿吨氢。

除了氢之外，太阳质量的其余部分几乎全都是氦。氦比氢更致密些。在相同的条件下，氦原子的质量是同量氢原子质量的 4 倍。有人计算过，如果换算成体积，太阳大约有 80% 是氢。

天文学家推算，大约在五六十亿年前，太阳在银河系诞生，一团主要由原始氢构成的星云不断旋转，形成了一个漩涡，由于引力的影响，所有的气体都向云的中心聚集，于是产生了高压和高温，将太阳原子核“炉火”点燃。从此，这个巨大的核子炉便开始沸腾至今。太阳现在正处于壮年时期，预计现在太阳上的氢，继续这样“燃烧”下去，大约至少还能“燃烧”四五十亿年的时间。

到那时候，太阳上几乎全部的氢都燃烧掉了，变成了氦。那时的太阳将变得“虚胖”，即它的物质密度变低，体积开始膨胀，一直膨胀到地球公转的轨道外面。我们知道，离太阳最近的行星是水星，第二个是金星，接着就是地球、火星，到那时的太阳会把水星、金星、地球，还有火星，都一个个地吞没。那时的太阳颜色发红，虽然其表面的温度会比现在低，但是它却可以把地球上的海水蒸发干净。天文学家给这种又大又红的恒星起了个名字，叫红巨星。据天文学家估计，太阳演化成红巨星之后，再过几亿年即将衰亡，成为一颗体积很小、密度很大、发光微弱的天体，叫做“白矮星”。再往后，太阳可能会演变成一个体积比白矮星还要小许多，而且不发出任何光线的天体——“黑洞”。

当然，我们不必为 50 亿年后地球是否毁灭而惊慌。也许到那时，人类早

已到达别的星球上重建家园了。按照现代世界上科学技术发展的速度来看，人类将具备这种能力。

## 太阳在缩小吗？

自从 1610 年伽利略把望远镜指向天体之后，便结束了人类肉眼观天的时代。380 多年来，天文学家们获得了有关太阳的许多资料。根据德国天文学家威特曼的测量，太阳的直径为 1392530 千米，这是目前最精确的太阳直径测量值了。据说，他为了测量太阳直径，来到瑞士塔克尔诺天文台，利用针孔摄影机对准太阳望远镜焦点上的太阳像，进行了 246 次光电测量。你知道 1392530 千米这个数值有多大吗？相当于 109 个地球直径之和，是太阳系九大行星直径和的 3.4 倍！

近 20 年来，随着对太阳研究的不断深入，人们对太阳的大小提出了种种议论。1979 年，美国天文学家艾迪发表了一个耸人听闻的结论：太阳正在收缩。他认为，过不了 10 万年，太阳将缩为一个小点！到那时候，我们地球上的白天将没有太阳。想想看，若是没有太阳，将是一幅多么可怕景象！

艾迪关于太阳在缩小的论点，主要是根据英国格林威治天文台自 1836 年以来近 150 年的太阳观测记录。艾迪发现太阳的角直径在不断缩小，并且算出了每百年缩小 2.25 角秒。如果折合成米来计算，也就是每天太阳直径缩小约 4.5 米。虽说太阳体积很大，但也经不起如此收缩。若果真如此，10 万年后，太阳将会在银河系内消失了！

1982 年，美国科罗拉多高空观测所和萨里空间实验站的科学家们，精心研究了最近 265 年中水星绕太阳运动的资料，以及有关日食的资料，得出的结论是，太阳的直径并不固定，它一直在“颤抖”，其周期约为 76 年。太阳直径最大与最小时可相差 300 千米。1986 年，法国一些天文学家又宣布了一项惊人的消息：根据太阳黑子资料的历史记录分析，在 17 世纪时，太阳的大小与今天不一样，300 年以前的太阳直径比现在大了 2000 千米左右，而且，那时候太阳的自转速度也比现在慢 4% 左右。

由于地球大气的抖动，在地面上开展对太阳半径的观测研究是极其困难的，加上历史资料的准确与否，因此很难轻易得出太阳正在缩小的结论。目前，多数人觉得太阳在缩小的理论并不成立。天文学家们说，如果按照艾迪的论点，10 万年前太阳直径应比现在大一倍。这样的话，当时的大阳辐射肯定要比现在强烈得多。可是，人们在地质、古生物和古气候资料中均找不到证据。看来，要想揭开这个太阳之谜，尚需相当长的探索历程。

少年朋友们，关于太阳是否在缩小，以及其他一些尚未揭开的太阳之谜，正等待着你们去进一步探索呢！

