

空间天气预测

空间天气课程

由谢伯特空间及科学馆提供

(Chabot Space & Science Center)

用于斯坦福太阳中心

(Stanford Solar Center)

目录

引言.....	7
总论.....	7
历史和科学.....	7
当太阳旋转时.....	11
引言.....	11
奇妙的定位：太阳地理.....	11
自东向西，还是自西向东？	13
建立太阳黑子运动模型.....	14
做什么.....	14
如何做.....	14
材料和技能要求.....	14
实验步骤.....	14
画一张太阳黑子图.....	16
做什么.....	16
如何做.....	16
材料和技能要求.....	16
实验步骤.....	16
使用图像标度法测量太阳转动.....	19
做什么.....	19
如何做.....	19
材料和技能要求.....	19
需要考虑的事项.....	19
数据收集.....	19
分析.....	20
对数据来源的讨论.....	25
测量太阳的旋转——太阳的纬度/经度	27
做什么.....	27
如何做.....	27
材料和技能要求.....	27

空间天气预测	3
引言	
背景.....	27
实验步骤.....	30
看看背地面.....	34
简介.....	34
背地面的定义.....	34
日震学.....	35
熟悉数据.....	36
做什么.....	36
如何做.....	36
材料和技能要求.....	36
背景.....	36
描点.....	37
做什么.....	37
如何做.....	37
材料和技能要求.....	38
背景.....	38
熟悉正交图.....	38
跟踪正交图上的运动.....	40
遥远的视野.....	42
做什么.....	42
如何做.....	42
材料和技能要求.....	42
背景.....	42
熟悉背地面数据.....	42
搜索.....	45
做什么.....	45
如何做.....	45
材料和技能要求.....	45
实验步骤.....	45
搜索日志.....	47

空间天气预测	4
引言	
色球爆发！	48
简介.....	48
耀斑等级.....	49
预言耀斑.....	49
黑子相对数（RSN）	51
做什么.....	51
如何做.....	51
材料和技能要求.....	51
背景.....	51
黑子相对数计算举例.....	51
实验步骤.....	54
黑子相对数目工作表.....	55
制作预报表格.....	56
做什么.....	56
如何做.....	56
材料和技能要求.....	56
实验步骤.....	56
改进你的预报.....	58
预报表格.....	59
后续实验.....	60
实验内容.....	60
实验方法和原理.....	60
材料和技能要求.....	60
背景.....	60
处理数据.....	63
冒烟的枪.....	66
简介.....	66
要考虑的问题.....	66
数据的来源.....	66
简单的研究.....	67

做什么.....	67
如何做.....	67
找到太空天气事件.....	68
做什么.....	68
如何做.....	68
材料和技能要求.....	68
数据来源.....	68
实验步骤.....	68
表 A: 太阳风事件属性.....	69
从源头跟踪太阳风事件.....	69
做什么.....	69
如何做.....	69
材料和技能要求.....	69
找到事件离开太阳的时刻.....	70
指出可疑对象.....	70
表 B: 跟踪太阳风事件的源头.....	70
找到对地球的其它影响.....	72
做什么.....	72
如何做.....	72
资源下载网址.....	73
术语表.....	74
National Science Content Standards.....	81
Grades 5-8.....	81
Grades 9-12.....	83
Stonyhurst Disks	85
June 7 and December 7 ($B_0 = 0$)	85
January ($B_0 = -5$)	86
February, March ($B_0 = -7$).....	87
April ($B_0 = -6$)	88
May ($B_0 = -3$)	89
June ($B_0 = +1$)	90

空间天气预测	6
引言	
July ($B0 = +4$)	91
August, September ($B0 = +7$)	92
October ($B0 = +6$)	93
November ($B0 = +3$)	94
December ($B0 = -1$)	95
Sample SOHO MDI I-grams	96
Blank Rectangular Coordinate Grids	102

引言

总论

太阳不仅是地球的生命之源，还是我们学习科学，数学，获取和分析数据的有效资源。

太阳是一个巨大的物理实验室，为我们探究像磁力学，核物理学，电学，电磁辐射学，热力学，太空观测技术 等学科提供了环境。进一步，正是太阳对近地空间，地磁场，大气圈和生物圈的作用，为我们研究太阳风的性质，极光以及太阳活动是如何影响我们的生活开启了科学之门。



极光的粉彩画

用来自边缘卫星观测站当前的数据和图像，你将：1) 观测和分析太阳上的磁活动区，2)追踪太阳自转，3)估计高强耀斑活动的可能性，以及4)把影响地球的空间天气活动与它们在太阳上的根源联系起来。

课程单元主要研究：

- ❖ 太阳黑子追踪和太阳自转
- ❖ 背地面太阳的一瞥
- ❖ 预测太阳耀斑
- ❖ 寻找“冒烟的枪”

这些活动是与《国家学科内容标准》一致的（见 80 页）

历史和科学

在人类能够向太空发射望远镜和其他科学器仪器之前，地球的大气圈和磁层以外的物理条件很大程度上是未知的。自从科学仪器发射到太空间后，人们观测到极光活动，频射噪声的波动，地磁场中的未知变差；尽管不知其中的原理，但它们明显预示着日地空间中的活动。

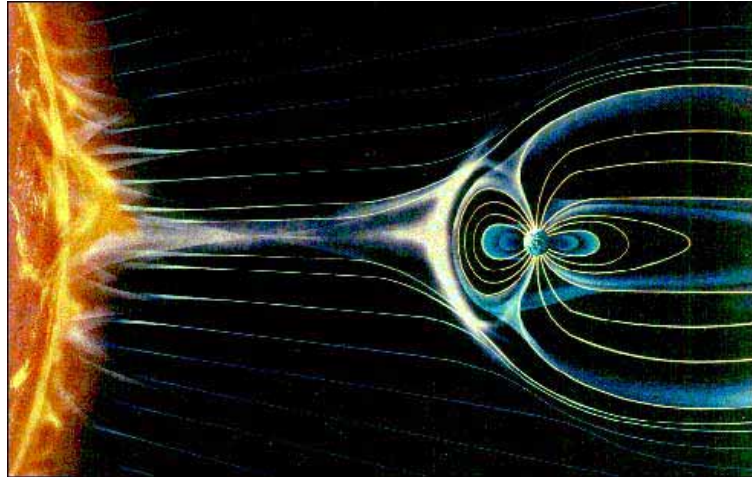
数年的太空观测使我们更好地了解，太阳和地球之间错综复杂，变化多端的关系，以及太阳的活动怎样支配太阳系空间。

我们现在知道，太阳是我们称作空间天气的来源。这些来源包括：冲击地球的辐射，磁力和等离子体的动态流，无论它是将地球磁层塑成“风向袋”形

状的普通的稳定太阳风流，还是太阳风中造成地磁暴和极光的阵阵强风，抑或是冲击和影响地球电离层的 x-射线和紫外线辐射的射电爆发。太阳风是太阳发射的磁场和带电气体（等离子体）形成的恒定流，它是当太阳大气圈内的气体足够热时，获得逃逸速度后飞入太阳系形成的。

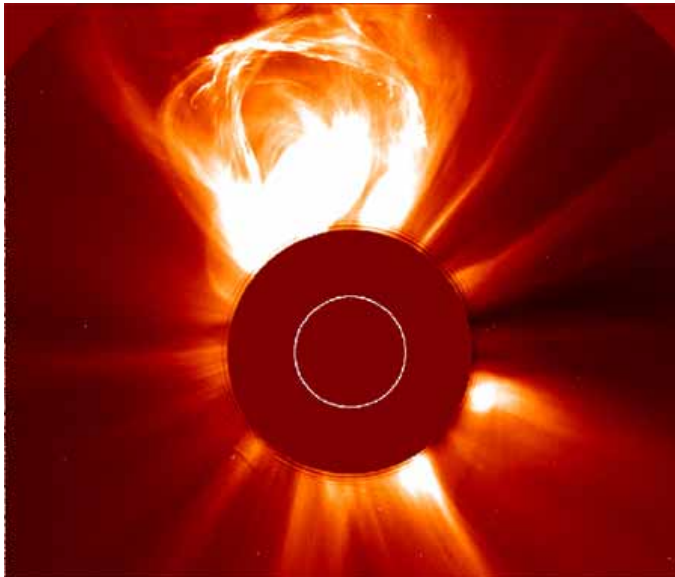
太阳风及其对地球磁层形状的影响的示意图

图片来源：
NASA



太阳风中的扰动可以通过某种前兆预测。强于平常的太阳风从冕洞中喷射

出。所谓冕洞是指日面上的一些区域，在那些地方磁场线“展开”并伸向太空，允许太阳大气等离子体更自由的逃逸（就像从气球上的一个洞中溢出一——如果你把气体当作太阳气体而把气球橡胶当作受限的封闭太阳磁场）。在太阳的紫外线和 x-射线的图像上，黑暗区域就是冕洞（磁活动少，为太阳气体产生的热量少，所以黑暗）。



用 SOHO/LASCO 仪器拍摄的日冕物质抛射图片

太阳明亮的光球层被盖住了，以凸现更为暗淡的日冕

图片来源：NASA/ESA

活动区——位于太阳的光球层和大气层上，下面进行着剧烈的磁活动和热反应——经常是日冕物质抛射（CMEs）和太阳耀斑的源头。CMEs 正像它的名字所蕴含的：大堆的物质从日冕抛射出来——通常地，几十亿吨等离子体以每小时一百万英里或者更高的速度冲向太空！在太阳图片上 CMEs 是

发光气流流和大斑点向外的射电爆发。SOHO 的 LASCO 仪器是特地为抓拍 CMEs 的图像而设计的。

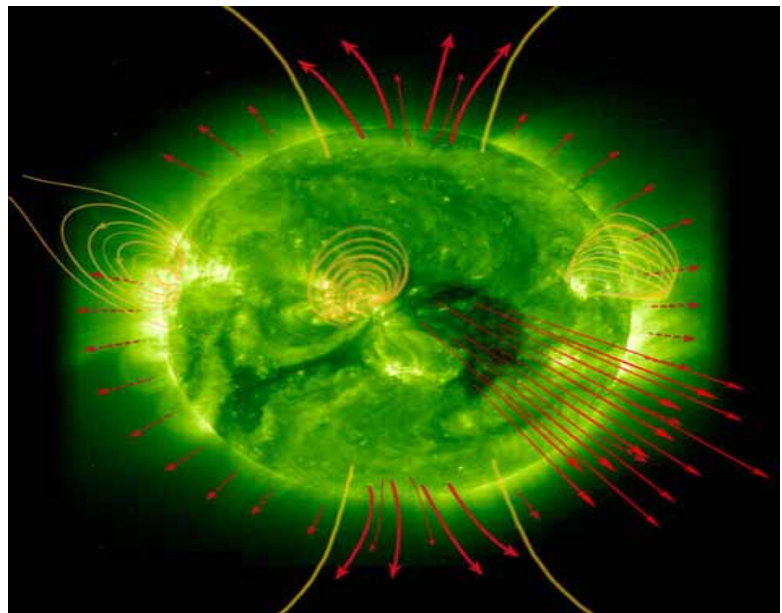
朝向地球的 CME 的爆发可以使地球磁层变形。它在向着太阳的一边压缩地球磁层，并且把地球磁层的有效边界（弧形激波）移向地球。从而使得原来在地球磁层保护之下免受太阳风影响的近地空间暴露在太阳风中，正是由于失去了“地磁盾”的防护，敏感的地​​球轨道卫星会被损害或者失去工作能力，而这样的空间天气状况是危险的，威胁着工作在太空中的宇航员的生命。

在地面上，CME 冲击引起的地球磁场波动叫做地磁暴——可以在导电构件中引起电流。众所周知，地磁暴使电网超载而且损坏输油管线。

太阳风中加强的活动，不论是自冕洞射出的高速太阳风还是 CMEs 造成的冲击波，都可以增加地球磁极周围的极光活动。太阳活动增强时，比如磁活动达到极大的太阳极大年，极光活动也增强。

右图：SOHO 卫星的 EIT（极紫外成像望远镜）拍摄的带有磁力线（黄色；环状）和太阳风流（红色；箭头）的太阳图片

图片来源：
NASA/ESA。

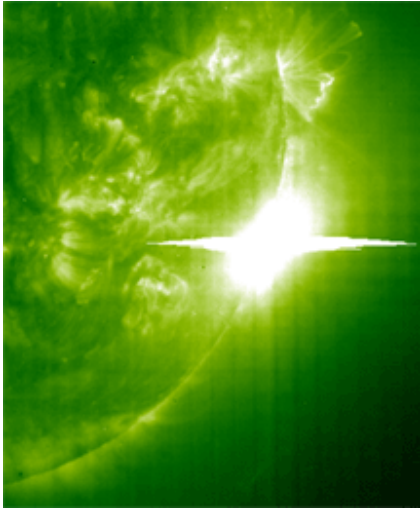


尽管空间天气中由 CMEs 和冕洞产生的活动和状况可能是重要的，而事实上即使是每小时一百万英里的等离子体冲击波离开太阳后也要经过四天才能到达地球。但是只要这些活动一发生，我们就可以观测到，这样，观测者有充裕的时间判断它的速度和大致的扰动方向，并且预测地球上和空间天气有关的活动。

耀斑产生的机理不同于日冕物质抛射。耀斑是由剧烈扭曲的磁场的断裂和重联引起的超高温的日冕气体的相对较小，集中的巨能爆炸（就像一捆橡皮筋缠绕的越来越紧，直至达到断裂点，然后，在皮筋绷紧时积累的能量在一个锐利的甚至骇人的突然断裂中释放）。

一个耀斑周围一定范围区域内的气体可以被加热到 2 千万度以上，它以最具能量的形式放出电磁辐射：x-射线和伽玛射线以光速，约 300,000 千米每秒，传播。所以，当太阳向地面上有耀斑喷发，这些爆发的辐射在 8 分钟过一点的时间内就穿越太空到达地球。

耀斑活动通常伴有太阳上的活动区，所以用 x-射线或其它探测方式观测到耀斑的可能性是和当时太阳向地面上的活动区的数量和强度有关的。准确的预测个别的耀斑活动是困难的；但是太阳上的磁活动水平或许很好地指示了耀斑活动比较可能发生的时间，所以可以作为预测空间天气的重要工具。



SOHO EIT 太阳的远紫外线图像和一个 X-45 级耀斑。图片来源：NASA/ESA。

当太阳旋转时

引言

太阳每天的东升西落，自从地球上有了能够看见它的生物以来，就被注意到了。但直到最近几个世纪，这种运动才被证实是由地球的自转而非太阳本身引起的。

这种我们今天理解为太阳自转的固有运动，至少在望远镜发明以后就被观测到了。尽管早期太阳观测者也偶尔观测到太阳黑子，并且注意到它们每天位置的变化，但是伽利略是第一个用自己的望远镜观测和追踪到太阳黑子，同时对它们每天的大小，形状以及位置上的变化做了详尽的记录的人。这些记录被认为是太阳自转的可能证据。

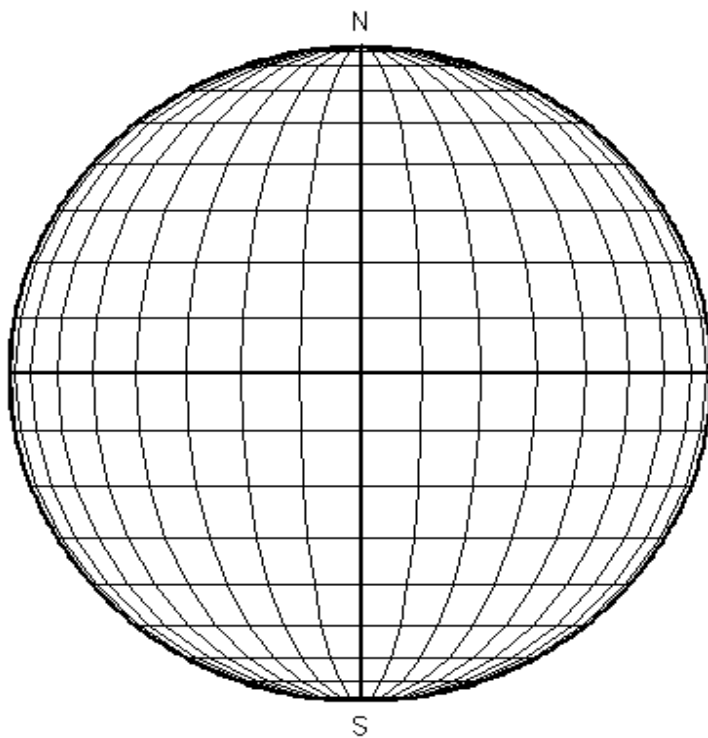
奇妙的定位：太阳地理

在像地球这样的物体上定义位置是一件简单的事情，依照譬如地理特征这样的参照物确立一个坐标系即可。纬度经度标准坐标系是在地表上通过相对于参照物的两个角度位置来标示的。

纬度的参照基准是地球赤道，从赤道向南或向北，纬度都从0度递增至90度。经度的参照基准是由地球北极到南极穿越英国格林尼治（随机确定的地点）的本初子午线。经度由离本初子午线向东或向西的度数度量。

在太阳上定义“日面”位置，某种程度上是一件困难的事。因为太阳是一个气态，流动的物体，它没有固定不变的表面特征。在太阳上定义纬度近乎草率，因为确定纬度所基于的太阳赤道和极点，实际上是由太阳自转决定的特征。

定义太阳经度更需要技巧。尽管地球经度的参照基准——英国的格林尼治子午线——是任意的，至少它是一个可以通过地球固定的表面特征确定的独特

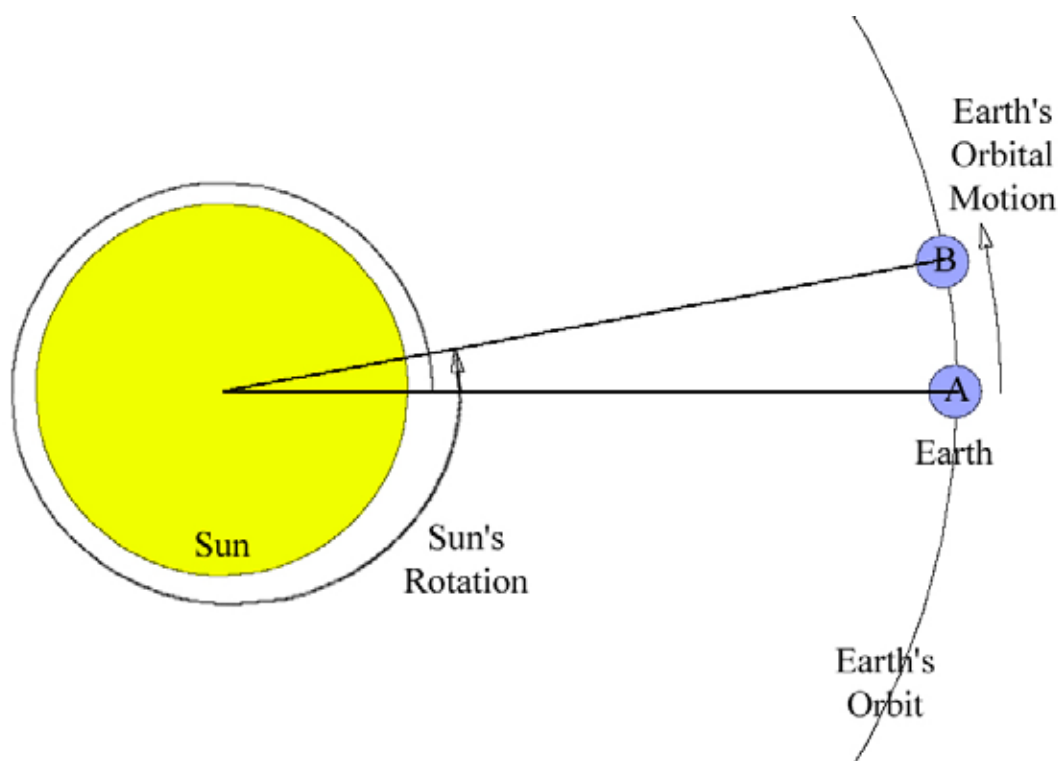


位置。而在太阳上根本没有固定的，固体的特征，所以都没法确定一条参考的子午线。

因此，太阳上的参考子午线——太阳的本初子午线，或 0 度经线——一条任选的以太阳赤道上的自转角速度旋转的子午线：大约 25.38 天一圈。太阳自转是对于恒星而言的——换句话说，相对整个宇宙中的“固定”的参考系。

既然我们以运动的地球作参考系观测太阳，那么我们定义在太阳光球层上观测到的一个点（比如太阳黑子）绕着太阳整整一周又回到原来观测到的它在日轮上的位置的这段时间为太阳的会合自转周期，在太阳赤道上大约 27.2753 天。

之所以太阳会合自转周期比它的自转周期长，是因为地球绕太阳旋转的方向和太阳自转方向相同——所以太阳表面上的点要过稍长时间才能和随地球转动的视野相遇。下图说明了这种关系，并显示了地球在 A 点时看到的太阳正中的一一点怎样必须经过稍长于一个完整的太阳自转周期才能回到地球在新位置 B 时看到的太阳中心。



所以，如果地球像一个“固定”的恒星一样，在 A 点保持固定不动，25.38 天的太阳自转周期就是我们看到的太阳完成一个完整自转所用的时间。但是地球沿着轨道运动，这就造成了 27.2753 天的会合自转周期。

自东向西，还是自西向东？

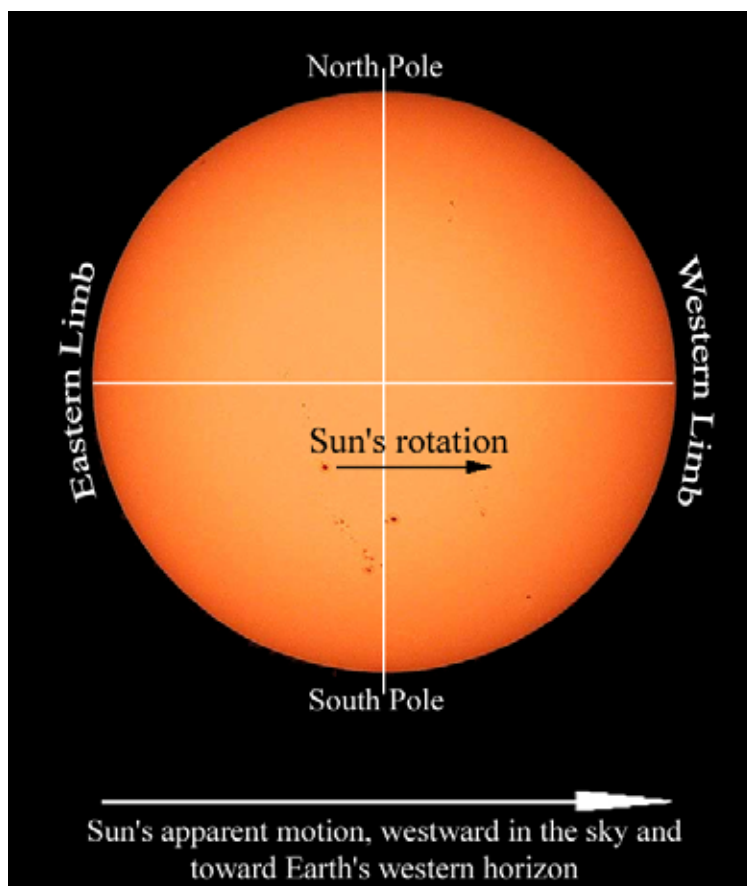
如何在太阳图上标定东和西还是值得一提。在标定了太阳图——北极在上，南极在下（给太阳和地球在地图上标定方向的习惯）之后，你将把图片上的日轮的左边缘和右边缘称做什么呢？这样做后，你将看到图上的太阳黑子从左边缘向右边缘移动。

你应该会想到我们是怎样在地球上定义东和西的。地球表面向东（换句话说，自西向东）旋转，这就是为什么太阳在天空中的视运动自东向西——和地球表面的实际运动方向相反。

技术上讲，我们应该在太阳上用同样的定义：我们应该把太阳表面旋转朝向的一边标定为东边，相反的一边为西边。然而，事实证明这不是从地球上观测的太阳自转情况下的东西。

曾经一度天文学家形成了一种习惯，就是对于太阳的东边和西边，不以这些地理定义为准，而以太阳某一面对应的地球方向来确定那一面的东西。

换句话说，东和西是基于在天空中我们看到的太阳运动，而非太阳本身的自转。因为我们认为太阳在天空中由东向西运动，所以太阳朝向地球西边水平线的那边被认为是西边。



建立太阳黑子运动模型

做什么

通过对太阳黑子在平面投影上的相对移动的观测，初步理解太阳黑子由于自转引起的实际移动。

如何做

用一个球状模型来演示太阳自转，在球面上标记黑点，表示太阳黑子；比较观察到的太阳黑子的切向运动和法向运动。

右：米歇尔·拉森博士正在制作太阳黑子模型



材料和技能要求

- 一个可以在上面做标记的球体
- 标记笔（干、湿橡皮或者其他可以做标记的物品）

实验步骤

为了帮助你形象地了解太阳黑子在太阳表面的移动是怎么一回事，试试这个练习。

1. 准备某种球(高尔夫球、篮球、海滩球, 或其他球状物体)。
2. 在球的表面随意标记几个斑点(如果不希望保存标记的话, 可以使用可擦标志笔、蜡笔, 或其他)。
3. 拿球时, 保持球与视线齐平, 双手分别按住球的顶部和底部, 也可以夹在二个手指之间(如果你使用的球较小)。
4. 在手中转动球, 使球面上的斑点从左向右移动。要保证旋转轴与地面垂直, 转轴的两极始终保持在球的顶部和底部。
5. 转动球的同时, 观察你所画斑点的移动。

问题

用自己的话回答:

- 在球面边缘, 斑点看上去是如何移动的?

☐ 在接近球面中心穿过转轴的范围內，斑点看上去又是如何移动的，与在边缘处有何不同？

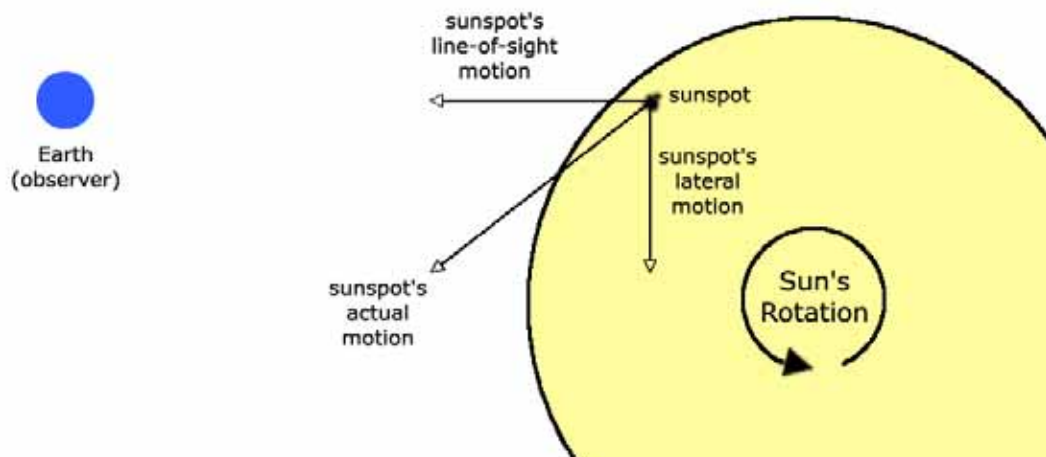
☐ 如果想测量在球面上斑点实际移动的速度，应该选择处于哪个位置的斑点？

定义：

法向运动: 物体的运动中直接指向或背向观测者方向的分量。法向运动难以由肉眼测出。一个正对或者背对你直冲过来的物体可能速度非常快，看起来却和静止没有什么区别。

切向运动: 物体垂直于观测对象和观察员之间的直线方向的运动分量叫做切向运动。

物体的运动可以分解为两个互相垂直的矢量：法向的和切向的。



物体的运动，如太阳黑子的运动，可以分解为两个互相垂直的向量：法向量和切向量。

画一张太阳黑子图

做什么

你将直接观察太阳，做出太阳黑子图。

如何做

你可以使用一台小型单筒望远镜，双筒，或专门的太阳望远镜(譬如 Sunspotter) 得到太阳的投射图像，并在纸上记录下每一个可分辨的太阳黑子的移动轨迹。

材料和技能要求

- ☐ 小望远镜、双筒望远镜，或特制太阳望远镜
- ☐ 一个白色的投影平板（在写字板上粘贴一张白纸就好）
- ☐ 纸张和标志笔
- ☐ 熟悉掌握双筒或单筒望远镜的使用方法

实验步骤

单筒或双筒望远镜的设置

警告！

如果使用一台普通望远镜或双筒望远镜，你应该牢牢记住永远不要直接通过这些设备观测太阳。**你的视力可能会被聚焦的阳光永久性地伤害。**应该用小型单筒望远镜或双筒望远镜将太阳的图像投射在一张白色纸上。

无论是用单筒望远镜还是双筒望远镜，得到投射影像的步骤都是相同的。在使用双筒望远镜的时候，你只需使用二个镜筒中的一个即可，因此请把另一个镜筒的镜头盖盖好。

右图：康拉德·朱在展示一台设置好的
在一张白色屏幕(不在视线内)
上投射太阳影像的小型单筒望远镜

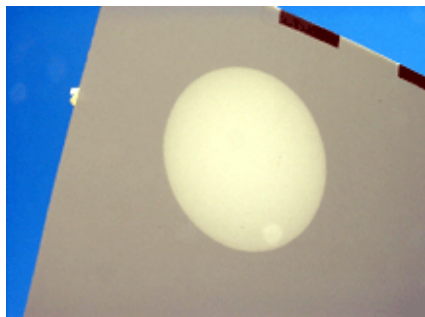


1. 把单筒/双筒望远镜在三脚架上固定好

2. 将镜筒指向太阳，上下前后转动，直到太阳明亮的光束穿过目镜——仔细不要烫着自己；聚焦的阳光可能是灼热的！并且记住：**不要企图通过望远镜观察！**

3. 如果难以确定光斑中太阳的具体位置，你可以通过望远镜投影的形状判断其方向接近的程度：当望远镜直接指向太阳，它的投影将是正圆形的，否则，投影将在一个方向比较长。

4. 当阳光穿过望远镜的时候, 在距离目镜几英寸的位置用一张白色纸让阳光投射于其上。你应该可以在纸上看到一轮明亮的圆形轮廓。如果轮廓是模糊的, 前后调整白纸与目镜的距离, 直到成像最清晰为止。



左边的图片:太阳通过望远镜在纸上投射出来的映像。

5. 保持白纸的位置不变, 调整望远镜的焦距直到光斑的边缘尽可能的清晰。这时, 图像应该比较清晰, 并且如果当天有太阳黑子活动的话, 你应该可以在投影上看到它们投射而成的黑点。

记录太阳黑子

一旦你得到了太阳调校好的投射映像, 无论是使用单筒望远镜、双筒望远镜, 或太阳望远镜, 你都可以用笔或铅笔在白纸上记录太阳黑子的位置, 从而做出一张太阳黑子活动图。由于黑点的位置是其在太阳投影上的相对位置, 你还需要记录太阳投影轮廓的位置。但是, 边观察边描像是非常繁琐的一件事, 因此建议你在为观察作准备的时候画一个和太阳的投影相同大小的圆圈, 并且在记录太阳黑子之前将太阳的映像与所画圆圈重叠。



1. 认真确认所有可见太阳黑子的位置。仔细地在白纸上准确标记。在过程中始终保证太阳映像边缘与以前所画的圆圈相重叠。

左边: 使用 **Sunspotter** 太阳望远镜记录黑子在太阳投影中的位置。

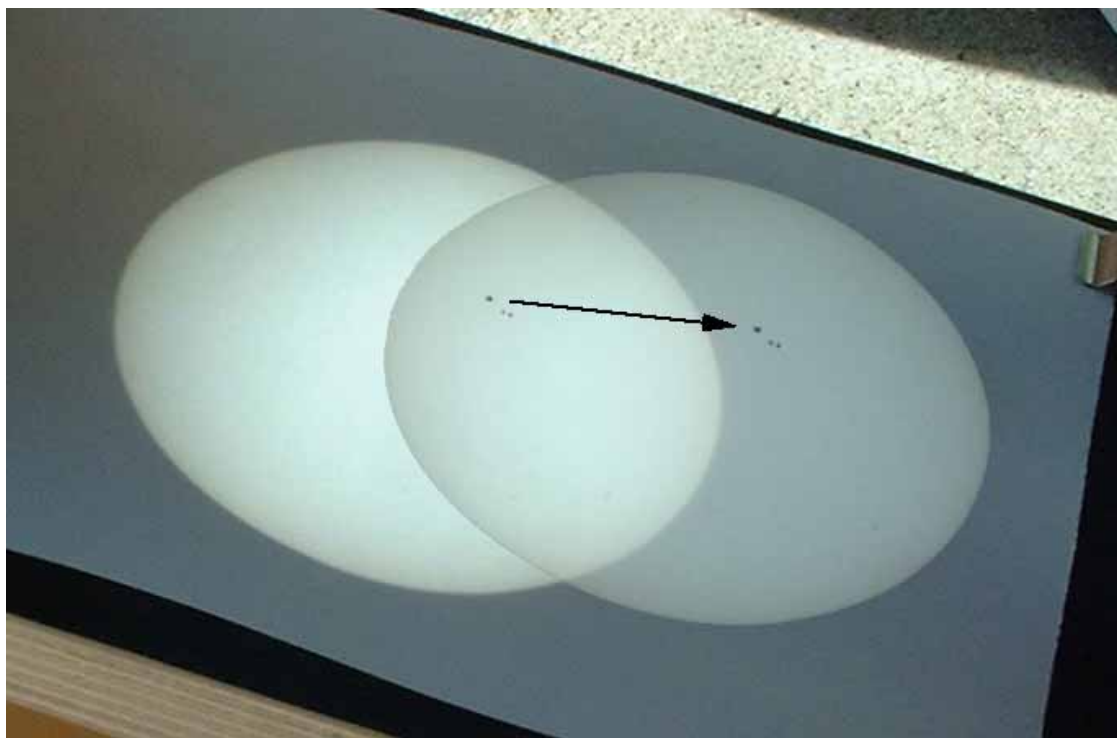
2. 记录完成之后, 应把完成的素描与投射映像对比, 检查是否完全吻合。如果不完全匹配的

话, 就当作练习好了, 重新做一次

3. 在你的页面上仔细地标记好正西方的位置。这一点非常重要, 因为这样做可以使每一天的记录保持方向一致。

怎样确定方向? 观测的时候可以注意到太阳的图像在缓慢但显著地移动, 横穿投影面。移动是由于地球的自转造成的。当地球自西向东转动的时候, 太阳看上去从东

向西移动 (东边升起, 西边落下)。所以, 观察到的太阳投影在表面的移动方向就是西向。



由地球自转造成的太阳西向移动(用参考太阳黑子位置变化标出的箭头指示)

在完成你的太阳黑子地图以后, 标记映像移动的方向(以及地图中的西方),
:

- a. 将太阳投影的位置摆在图纸中心, 记录其中一个黑子在图纸上的位置(任意一个均可)。
- b. 下一步, 等待太阳投影的位置发生偏离。在投影移动了一些距离之后, 再次标记刚才标记黑子的新位置, 两次标记需使用同之前观测时不一样的颜色, 以免与之前记录的黑子混淆。
- c. 画出从第一个标记点到第二个标记点的箭头。这个箭头指向天空中的西方。

最后, 你能使用这个向西的箭头近似地确定图中的太阳的北极和南极的方向, 在图纸上画一条平分太阳并且与刚才所给出的箭头垂直的线即可。

使用图像标度法测量太阳转动

做什么

你将使用在不同时刻得到的全幅太阳图像或者太阳黑子图来追踪太阳黑子的运动来确定太阳自转的周期。

如何做

计算你正在分析的太阳图像/标识图的比例尺，测量太阳黑子在图像上的移动距离，据此比例尺计算出太阳黑子的实际运动速度。并用得到的太阳黑子的移动速度进一步得出太阳黑子沿太阳表面转动一圈所用的时间。这一段时间即为太阳的自转周期。

材料和技能要求

太阳在不同日期的打印图像

毫米刻度尺

初步的数学运算技能：比率，物理量单位,速度-距离-时间的运算公式，关于圆的几何知识（圆周率，圆周长和直径的关系）

需要考虑的事项

- ☐ 应观察到太阳黑子的运动主要是由太阳的自转引起的
- ☐ 太阳是一个球体
- ☐ 同一个太阳黑子在不同时间一般会在太阳表面的同一个纬度
- ☐ 太阳的直径是已知的
- ☐ 从地球上，我们基本是以指向太阳正中央的角度来观察它的（在一年的不同时间里，观察角度可能会在黄道面上上下偏差几度）。
- ☐ 沿着视线的运动（朝向或离开我们）是无法用在这一节所用的方法测量出来的。
- ☐ 太阳表面的边缘是朝向或者远离你运动的。靠近太阳轴心的表面相对你是切向运动的（沿一条垂直你视线的直线从一边到另一边）。

数据收集

1. 去 SOHO 数据资料档案网站:

sohowww.nascom.nasa.gov/cgi-bin/realtime_query.

2. 使用数据需求表单，找到至少两个包括太阳黑子的图像并且至少是在间隔 12 个小时（但是最长不要超过几天）拍摄的。需求表单可以让你搜索在你置顶的日期内从所有 SOHO 的仪器上得到的图像。鉴于此次活动的目的，应选用 MDI Continuum（正常的，可见光设置的图像）或者 MDI Magnetogram（太阳上磁场的图像）

小提示：回忆“想想看”那一章，当时你所需要找到的是横穿视线的太阳黑子，而不是沿着单筒方向运动（朝向或离去）的黑子，在太阳边缘的黑子不是好的观测对象，因为它们基本是沿着视线移动，即朝向或离去我们运动的，这是由于太阳自转所导致的。

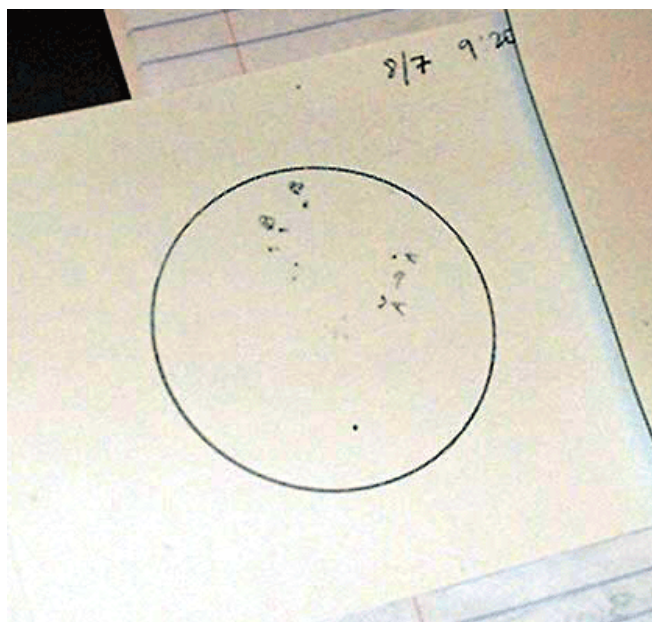
3. 打印你选好的图像，并确保你知道每一个图像的时间和日期并且把它们标记在每一份打印件上。（相当多的 SOHO 图像上直接标有格林威治标准时）

分析

看一下你的任意一张太阳图像，提醒自己时刻牢记这是一个三维球体太阳的平面二维图像。一个看起来从太阳的一边过来的太阳黑子实际上是沿着它的圆周轨道刚走了一半。根据黑子的太阳经纬度（从而确定它的圆周轨道），可以计算出不同的移动距离。

右：在两次不同的手绘观测中找到的太阳黑子被画

在一张图上，以比较和测量移动距离。

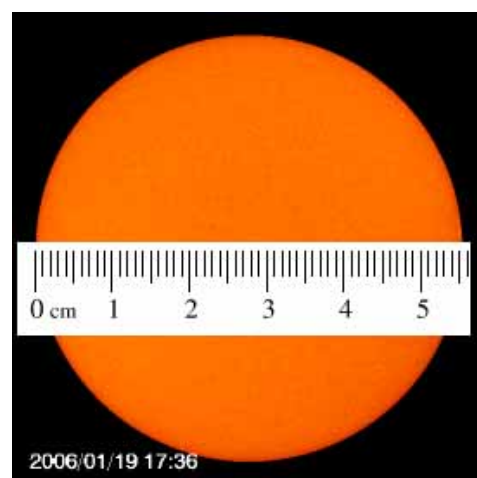


运气好的话，在比较两张间隔几小时或几天拍摄的太阳图像时，你会注意到在这段时间内所发生的一个太阳黑子移动

测量比例尺

比例尺是实际距离与缩略图上的距离之比。

1. 已知该事实：太阳的实际直径是 1390 000 千米
2. 用毫米刻度尺来测量太阳在图像中的直径。
3. 计算比例尺：



比例尺=（太阳的实际直径）/（太阳在图像中的直径）

把结果填在这里：_____

该比例尺表示图像上的一个单位等于实际中多少千米。

比例尺的单位是什么？

例如，如果你测出太阳在图中的直径是 55mm，则该图像的比例尺是

$$1,390,000\text{km}/55\text{mm}=27.273\text{ km/mm}$$

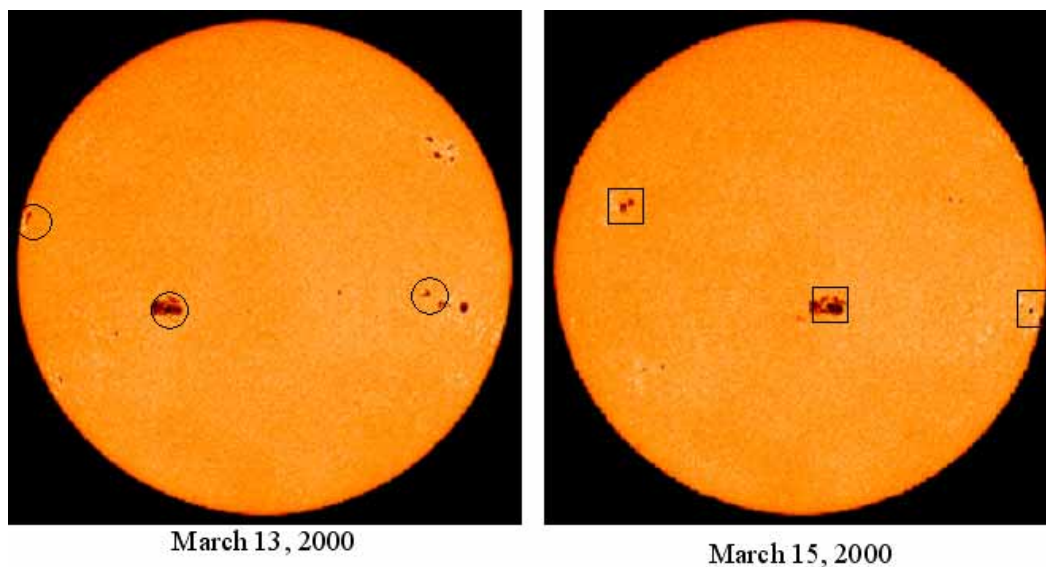
你可以根据该比例尺通过测量图像上的距离计算太阳上的实际距离；你可以简单地把测量到的距离乘以比例尺。例如，如果你测得图像上两点之间的距离是 10mm，那么两点之间的实际距离是

$$(10\text{mm}) \times (27,273\text{ km/mm})=272,730\text{km}$$

测量太阳黑子移动的距离

为了测量该距离，你将需要标记并比较一个太阳黑子在两张不同图片之间的位置。下面的方法假设你已经准备好两张打印图像。如果你能够利用图像处理软件在数码图像上直接操作，方法是一致的。见下面的示例图像

1. 把两张图像重叠在一起形成一份二层夹页。确保每一张图片上的太阳圆盘尽可能地相互对齐，并且太阳上的物理方向（南极，北极，赤道）在同一个方向(在 SOHO 网站上，太阳全幅图像上的北极全都指向上方)。
2. 把夹页前后翻动，你可以看到太阳黑子的位置在不同时间发生了移动。为了方便起见，最好将太阳黑子从一张图片上转画到另外一张图像上这样该黑子的两个不同位置就在同一张纸上标记出来。尽可能小心地用一只铅笔在下面一页把上面一页太阳黑子的位置标记出来。（活页的上下）。
3. 测量太阳黑子在图像中移动的距离——两个黑子之间的距离。
4. 使用测度尺计算该黑子移动的实际距离。

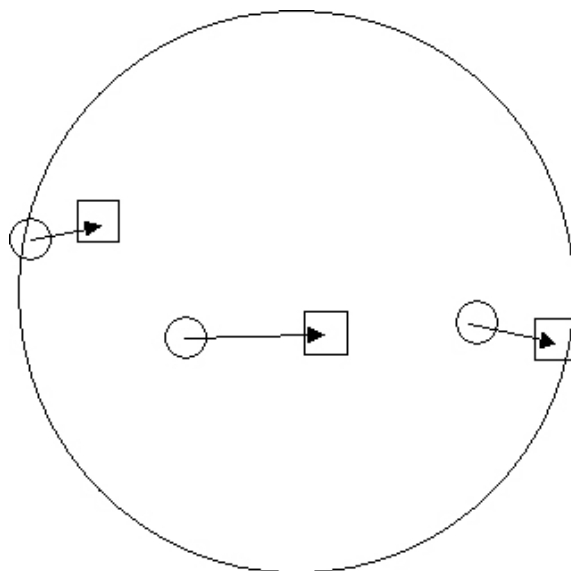


2000年3月13日

2000年3月15日

上面显示了两张 SOHO MDI I-gram 上的两张太阳图像，间隔两天拍摄。每一张图片上都标记了三组太阳黑子，3月13号的位置用圆圈标注，3月15号的位置则用方块。

通过把这两张图片重叠地放在一个两页活页夹里，你可以在一张图像上把两个黑子群之间位置的变化标记出来，或者向下图所示的那样标记在另外一张纸上。



接下去，你就可以用尺子来测量太阳黑子在图像上移动的距离，并进一步把你的测量结果乘以图片比例尺并得到太阳黑子切向运动的实际距离。

计算太阳黑子的移动速度

1. 使用 距离/时间/速度公式是来计算太阳黑子移动的实际距离

$$\text{速度} = \text{距离} / \text{时间}$$

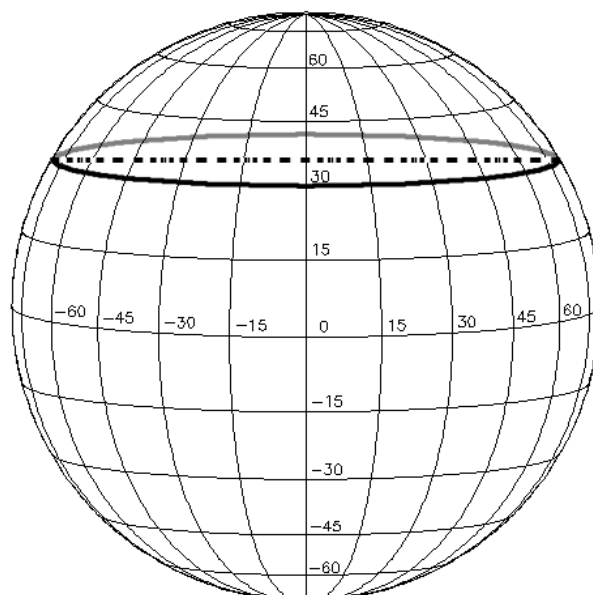
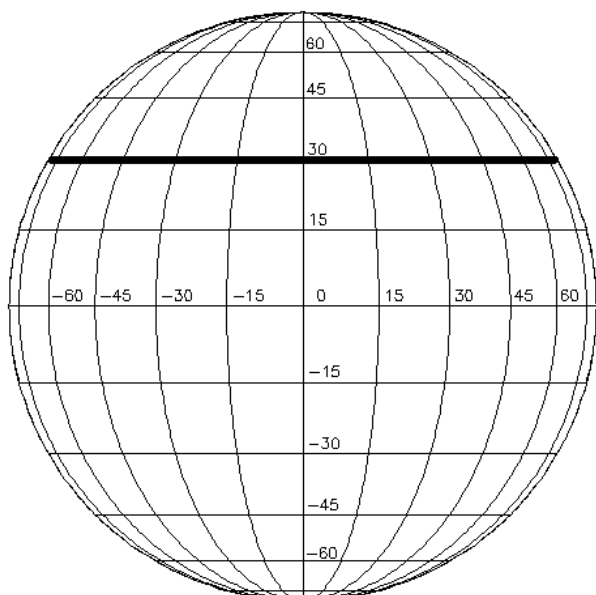
时间间隔（小时）可以用两次观察之间的日期间隔来进行计算。

2. 记录你的结果：_____

计算太阳黑子在一个完整的太阳自转周期内移动的距离

如果太阳黑子将在一个完整的太阳自转周期内移动，那么它必须移动的距离等于太阳黑子所在纬度圈的周长——也就是太阳黑子沿着移动的纬度的圆圈周长。

为了计算周长，利用圆周几何学，并考虑到我们基本是从太阳的赤道面正上方来观测的，我们观察到了所有纬圆的整个截面；它们看起来就像是横跨太阳圆盘的平行线。如下方左图所示。每一个平行线在二维平面上所测量得到的长度等于该纬圆的直径，若下面两张范围在+30°纬度的图像所示。右边图像中的截线显示的是纬圆的直径，同左边对应的纬线长度相同。



1. 假设太阳黑子在同样的纬圆上移动，画一条经过选定测量的太阳黑子在不同时期所在位置的直线，从太阳的一边到达另一边。
2. 测量从太阳圆盘的一边到达另一边的长度。这就是该纬圆的直径。

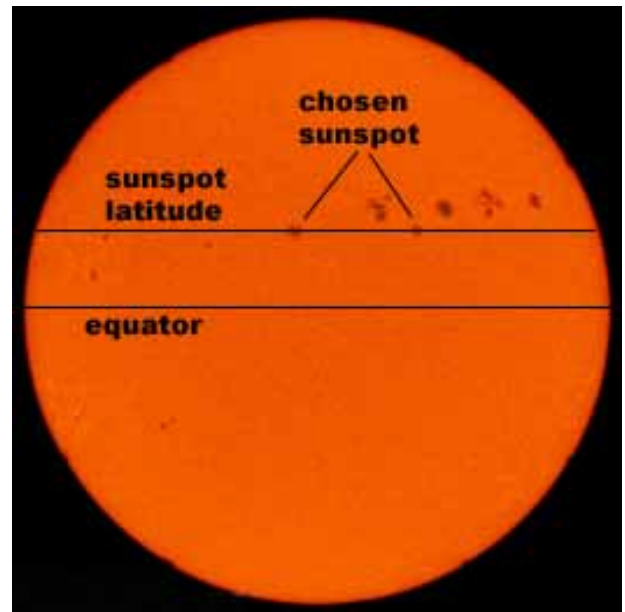
右方：两个 SOHO MDI I-grams 被置于同一图像中以显示太阳黑子的运动以及一给定太阳黑子移动所沿的纬圆。

3. 利用比例尺计算该纬圆在太阳上的实际距离。

4. 利用圆周长公式计算纬圆的周长：

$$\text{周长 (P)} = (\text{PI}) \times (\text{直径})$$

这里圆周率 $\text{PI} = 3.1415926$ ，即可算出太阳黑子在一个太阳自转周期内走过的实际距离。



计算太阳自转周期

1. 现在，你已经知道太阳黑子的移动速度和它为了完成一个完整的自转周期需要走多长的路程。你可以很容易地计算出太阳自转周期是多长时间。使用距离/速度/时间公式：

$$\text{时间} = \text{距离} / \text{速度}$$

2. 在这里写下你的结果_____

这是一个对太阳自转周期的大致估算。下一章：测量太阳自转——太阳经纬度法中将介绍为什么说这只是一个大致估算的理由。

对数据来源的讨论

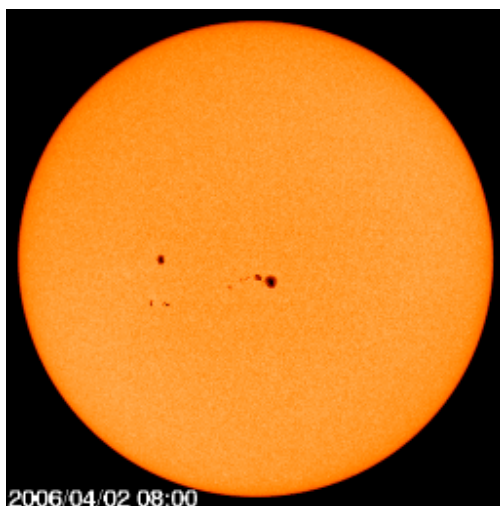
你需要用来追踪太阳黑子并确定太阳自转速度的数据应该是全幅的，可见光的，可观察到黑子的太阳图像。

满足这些要求的数据有许多来源，包括利用可安全观测太阳的单筒望远镜系统做直接的观察。如果你已经画出了太阳黑子素描图，你应该先试着用它来进行实验。然后。你可以利用互联网上得到的太阳观测中心的图像来做进一步的实验。

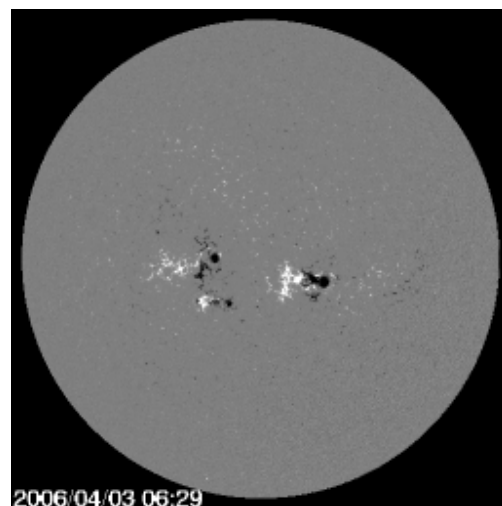
互联网上有好多个不同的太阳观测中心网站，包括地面观测站和太空观测站。从这些网站上可以获得太阳当天的照片以及过去的存档照片。

SOHO 实时数据搜索网站是一个很好的获取空间摄制太阳光球层图片的来源，网址是 sohowww.nascom.nasa.gov/cgi-bin/realtime_query。在这里你可以获取到当日和过去的在所有的仪器上得到的图片。就这项活动而言，你不仅可以使使用 MDI（米勒多普图像仪）得到的可见波长的图像，也可以利用被称为“磁场探测仪”的 MDI 观测站得到的太阳磁场的图像。在磁场探测仪中得到的磁极是根据磁极性由黑色或者白色显示的，同太阳黑子一样也反映了太阳表面的特征，而且常常恰是太阳黑子本身在磁场上的影响所造成的。

MDI 连续光谱仪
(显示太阳黑子)



MDI 磁场探测仪
(显示磁场活动区域)



SOHO 上的 MDI 仪器所揭示的太阳活动区域图

左面：一个显示太阳黑子的密度探测仪所摄制的图像。

右面：一个显示表面磁极性的磁场探测仪所摄制的图像。

上面分别是 SOHO 太空飞船上的 MDI 仪器摄制的 I-gram(连续光谱图)和 M-gram (磁场活动图, 右)。I-gram, 或者密度图, 是传统的太阳光球层及太阳黑子的可见光图像。M-gram, 或者说 磁场图, 显示的是光球层表面的磁场极性——白色和黑色分别代表 N 与 S 磁极。

两种数据分别代表的是同一事物的不同性质: 光球层的磁场活动区。I-gram 是一个直接的色球层的可见光图像, 而 M-gram 里显示的磁场极性是由磁场中的气体发出的光的极性中测出来的。

这两种数据中的任意一种都可以被用来确定太阳的自转活动。

测量太阳的旋转——太阳的纬度/经度

做什么

通过测量太阳的角速度，你将获得更精确的太阳旋转周期。

如何做

你将利用太阳的 SOHO MDI I-gram or M-gram 图像和斯托尼赫斯特圆盘，来记录太阳黑子运动中的经度变化。斯托尼赫斯特圆盘是绘制在透明材料上的一种特殊的经纬网格（参见下面的例子）。通过测得的角运动，你可以算出黑子的角速度，进而由此得出太阳的旋转周期。

材料和技能要求

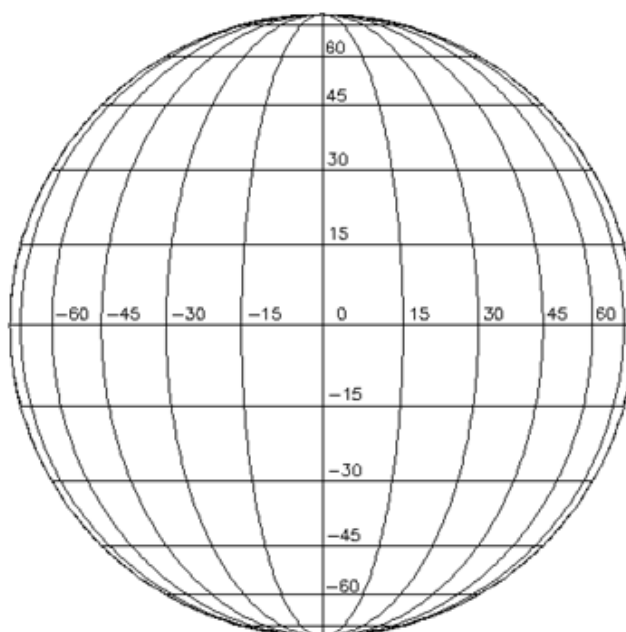
- ☐ 打印出不同日期的太阳盘面的完整图像——推荐使用 SOHO MDI I-grams or M-grams:

sohowww.nascom.nasa.gov/cgi-bin/realtime_query

- ☐ 按适当比例复制相应日期的透明斯托尼赫斯特圆盘（参见 85 页的附录）
- ☐ 太阳黑子群的经纬跟踪日志（**错误！未定义书签。**页）
- ☐ 角速度和太阳旋转周期工作表（**错误！未定义书签。**页）
- ☐ 熟悉经度、纬度和球面的几何
- ☐ 基本数学技能：比例、物理量的单位

背景

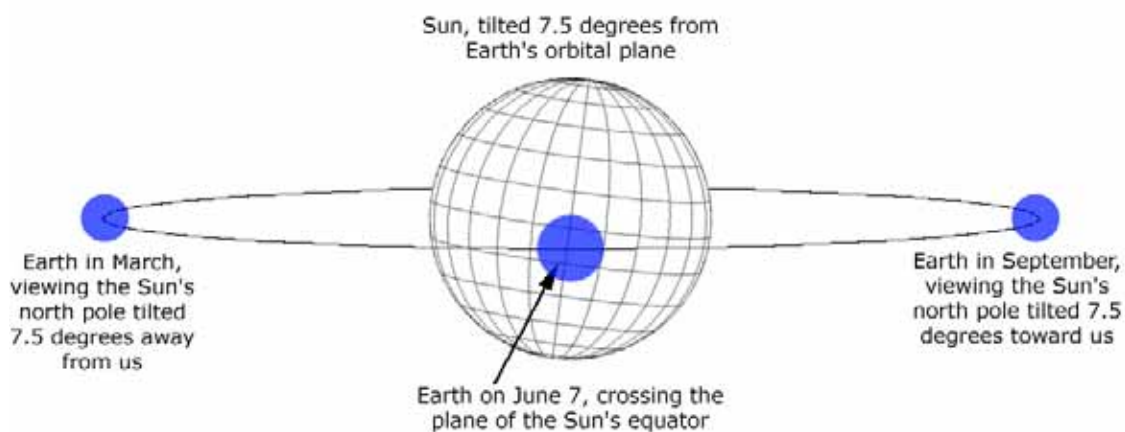
上述测量太阳旋转的方法基于这样的假定：我们从空间中位于太阳赤道正上方的一点来看太阳。这样一来，我们看到的太阳球面以及由太阳的经纬度构成的坐标系（如下图所示），都相近于我们从地球赤道上方看到的地球的坐标圈。



斯托尼赫斯特圆盘的一个例子,画出了从太阳赤道的正上方看到的经纬线。你需要一份和你的太阳图像的拍摄月份相对应的透明的斯托尼赫斯特圆盘 (参见附录 84 页起)

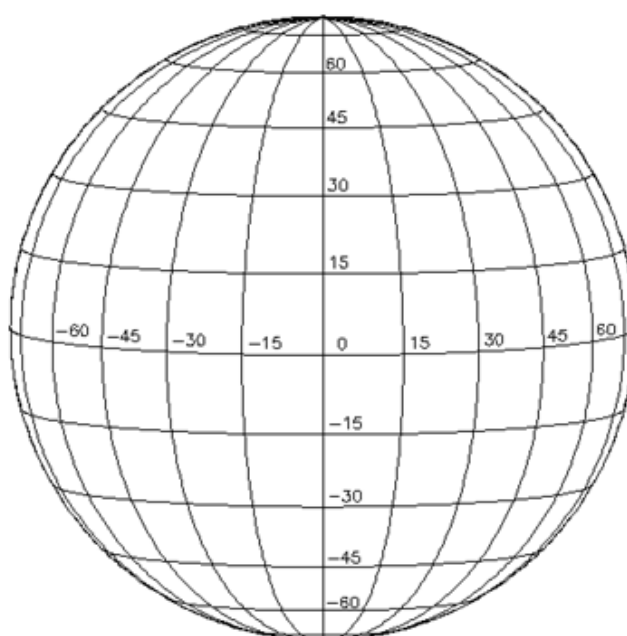
经线相对于基准子午线,以东或以西的度数,以及纬线相对于赤道,以南或以北的度数都已标注在图上。其中 0, 0 点在圆盘的中心。

事实上，太阳的旋转轴和**黄道面**(地球绕太阳运动的平面)有 7.5 度的倾角，因此我们看太阳坐标系统的实际视角是随地球绕太阳的运动而改变的。地球每年只在 12 月 7 日和 6 月 7 日穿过太阳的赤道面，因此一年中只有两次我们是真正在太阳赤道的正上方来观察它。



上图显示了当地球处于轨道的不同位置时,以不同的视角观察太阳的倾斜的经纬坐标系

在一年中的其他时候，我们是在太阳的赤道平面之上或之下来观察它。下图显示了我们以最大的仰角看太阳时的情形——位于太阳赤道以“上”，或者说以北 7.5 度时。



图中的斯托尼赫斯特圆盘表示在九月时看到的太阳经纬坐标系统的样子。此时是从太阳赤道平面之“上”7.5度看过去。

实验步骤

1. 选择并打印一连串带有黑子的太阳图像，相邻图之间间隔 6 至 48 小时。对于这项工作，推荐使用 SOHO MDI 图像 (连续体 或 磁图)，这可以从以下网址获得：sohowww.nascom.nasa.gov/cgi-bin/realtime_query，或者使用附录 96 页的 MDI 连续体图像样例。其他数据资源参见 73 页。
2. 选取适当的斯托尼赫斯特圆盘，其月份要和你的图像的拍摄时间相一致。并把它按适当比例复制到透明材料上。

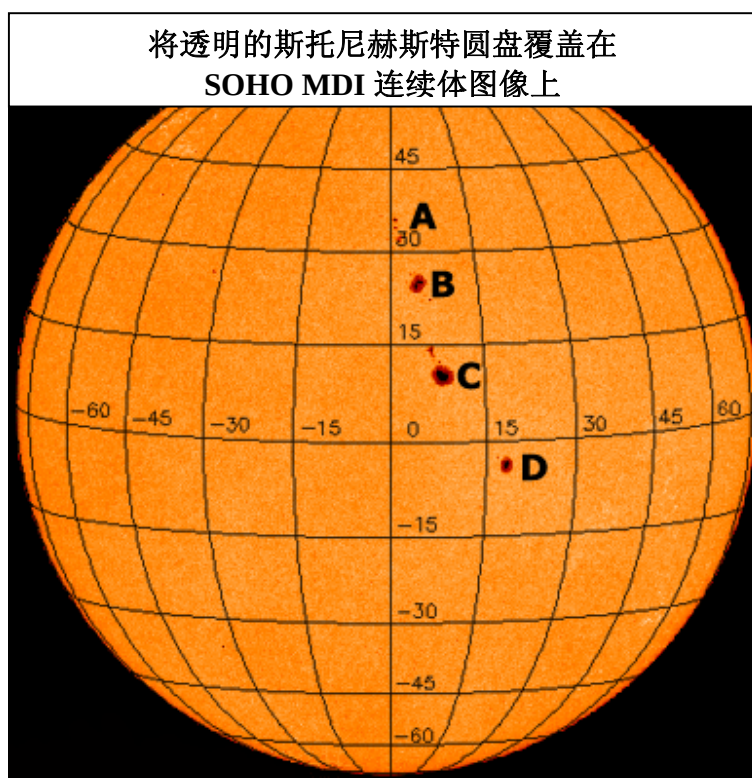
附录的 *斯托尼赫斯特圆盘* 一项中提供了一套斯托尼赫斯特圆盘坐标系的模板。选出月份对应于图像拍摄时间的盘面并复印。复印斯托尼赫斯特圆盘时，你可能需要进行放大或缩小，使得它恰能覆盖你所使用的太阳图像。当你的复印件大小合适时，将它复制到透明材料上。

3. 按日期顺序排列你的太阳图像。
4. 在第一张，或者说最早的一张图像上，用不同的字母标出太阳黑子和太阳黑子群。你也可以根据喜好，使用数字，人名或符号来标注。再在你的其他太阳图像上也都将这些太阳黑子和黑子群标出。注意确保对于同一个太阳黑子，在所用图像中都使用了相同的标记。
5. 仔细地将透明的斯托尼赫斯特圆盘覆盖在每张图像上，确保模板精确地与太阳盘面吻合。

在 SOHO 的图像中，太阳的北极点位于图的上端。基于这一点，像右图那样旋转斯托尼赫斯特圆盘至恰当方向。

6. 把每个太阳黑子和太阳黑子群的名称和经纬度记录在复制的 *太阳黑子群的经纬跟踪日志* 上（**错误！未定义书签。**页）。每张图像用一份日志表用来记录

例如，上图中有四组主要的太阳黑子（群）。从网格中读出它们的坐标为：



太阳黑子 (群) 名称	太阳纬度	太阳经度	备注
A	33	2	由小黑子组成的群
B	25	6	形状不规则
C	12	8	最大的，接近圆形
D	-4	18	椭圆形

7. 当测量并记录了所有图像中各个太阳黑子（群）的坐标，你就可以计算任何一个黑子的**角速度**。一个黑子的角速度，是它在一段给定时间内（小时、天——任何你使用的单位），以度数（经度或纬度）来衡量的移动距离。

角速度= (以度数衡量的距离) / (时间)

你可以选择任何一个太阳黑子来计算角速度——或者你想做得彻底一些，计算出它们每一个的角速度！不过，最好的计算结果将来自于你能跟踪的时间最长的黑子。使用**错误！未定义书签。页的角速度和太阳旋转周期工作表**。

8. 当你算出了一个角速度，就可以进行最后一步工作，进而求出太阳的旋转周期。一个太阳黑子的角速度表明了在规定时间内，这个黑子在太阳球面上所移动的度数。比如，太阳黑子每天移动了多少度。

一个给定黑子绕太阳转一整圈的所用的时间——换句话说，太阳的旋转周期——就是用全角 360 度除以黑子的角速度：

旋转周期=（360 度） /（角速度（度 /天））

（这一方程假定你以天作为时间单位，并且计算结果也是以天为单位；如果你使用其它时间单位，那么结果也将具有相同的单位。）

将你的结果填在**错误！未定义书签。页的角速度和太阳旋转周期工作表**上。

太阳黑子群的经纬跟踪日志

太阳图像的时间和日期: _____			
太阳图像的来源 (天文台/空间飞行器, 设备): _____			
太阳黑子群名称	太阳纬度	太阳经度	备注

角速度和太阳旋转周期工作表

相邻图像的时间间隔	纬度差 (度)	经度差 (度)	角速度 (经度差) / (时间间隔)	太阳旋转周期 (360) / (角速度)

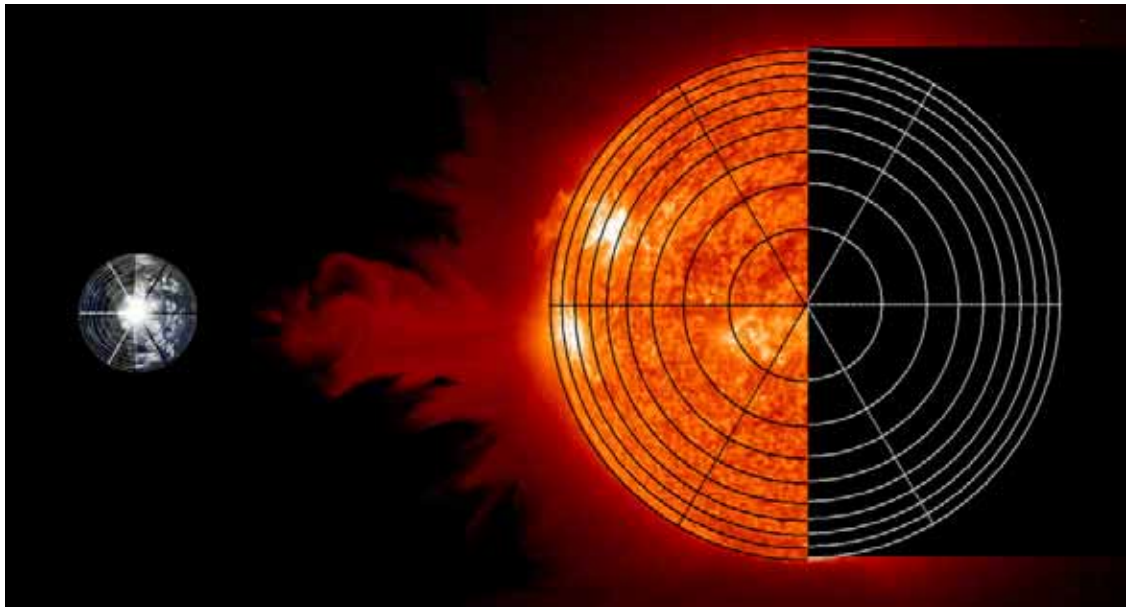
看看背地面

看看背地面

简介

通过对太阳及其活动区的监视，我们能够估计在某个给定时刻观察到耀斑事件的大体的可能性。就像在地面气象中，监测本地状态（温度、湿度）可以告诉我们某种天气状况，如雾、雨、雪、风、热浪等，形成的可能性。但通过研究当前不能看到的情况，我们就能做出预测，对较近的将来的天气事件进行预报。地面天气预报人员使用卫星图像来观察他们视线之外的气象条件，并以此来预报未来的天气状况。

位于对地面的太阳活动区代表了近期内发生能够对地球造成影响的耀斑事件的可能性，然而随着太阳的旋转，某些活动区会随之转到太阳的*背地面*，同时，一些可能在*背地面*形成的活动区会转到朝向地球的一面。如果我们今天看太阳时发现活动区很少甚至没有，我们或许可以认定几乎不会发生耀斑活动——但只是在今天。



从北极点上方看地球和太阳的美术画，说明地球与太阳对地面和太阳背地面的关系。（上图并非按比例画出！）

背地面的定义

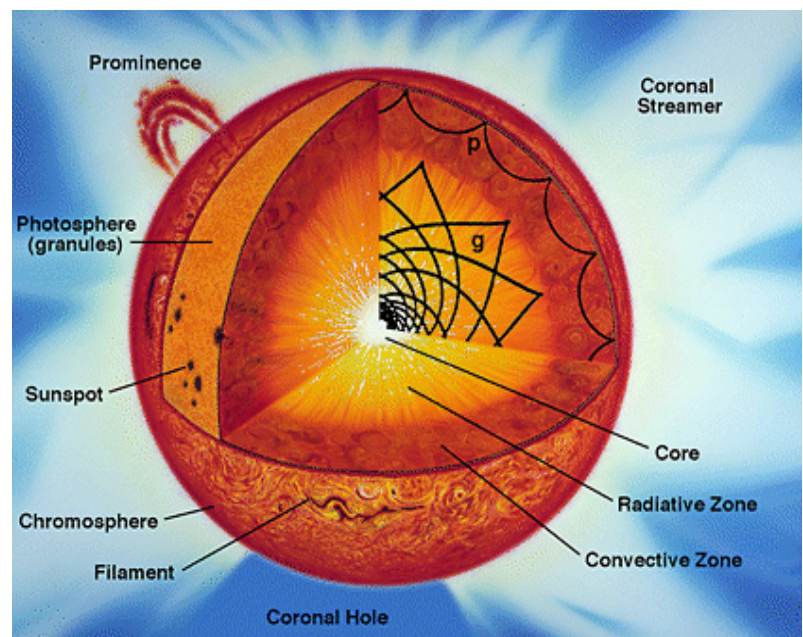
正如对于任何球体、珠、弹丸，在任何给定的时刻，你只能看到它一半的表面。我们看不到的一半太阳被称为“背地面”，我们能直接看到的一半被称为“对地面”。太阳表面的区域，会随着其旋转而交替地移入视野之中的对地面，然后移出视野进入背地面。在地球周围，我们有许许多多的卫星从不同角度观察我们的星球，因此我们能看到地球的整个表面；但是我们尚没有从各个角度观察太阳的卫星，在我们做到这些之前，总会有一面太阳我们无法直接看到。

那么在太阳的背地面都发生着什么呢？什么样的磁暴可能正在太阳边缘孕育并将随着太阳的旋转而进入视野？我们该如何预测半个太阳旋转周期之后耀斑发生的可能性？到那时支配太阳背地面的磁场状态将转到地球的视野之中。迄今为止的空间太阳观测站都是位于靠近或相对靠近地球的位置观测太阳；我们还没有一个处于一个可以直接观测太阳背地面位置的太阳观测站。

日震学

不久前，太阳天文学家发展了一套可以了解太阳背地面磁活动情况的技术。其中一项技术利用 SOHO 的迈克尔逊-多普勒绘图仪(MDI)获得的数据。这一技术被称为“日震学”，它利用了震（声）波的优势。震波不同于光，它能穿过太阳传播，就像地震波能穿越地球内部传播。无论是太阳或地球，这些波出现的位置和强度反应了天体的变化情况和内部结构。

右图：太阳内部的剖面图，说明震波（声波）在太阳内部如何折射和反弹。感谢 SOHO.



当震波最终到达太阳表面，他们以“颤动”的方式出现在太阳的光球层——上下起伏的“光圈”。MDI 设备通过测量来自光球层的光线的多普勒变换来测定那些气体的涨落，进而得出震波的频率和强度。

事实上，震波在由强磁场支配的太阳区域中传播得比在磁场相对不活跃的区域快。这一速度差异使得天文学家们能够在无法直接观察的光球层区域中，发现甚至定位活动区等磁场聚集现象。这给了空间天气预报人员一个独一无二的工具来对未来几天内可能发生的耀斑和 CME 活动进行预测。

熟悉数据

做什么

你将熟悉全太阳数据图，包括如何从因特网上获得他们并进行解读。

如何做

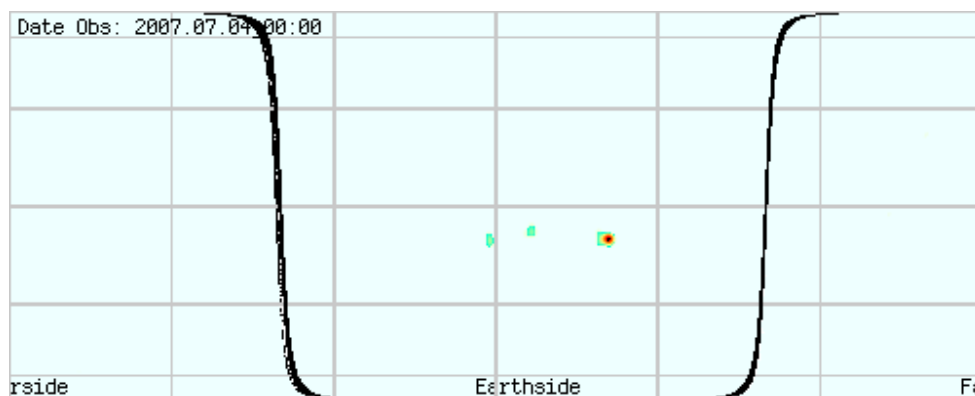
你将访问斯坦福太阳中心网站(soi.stanford.edu/data/full_farside/)来使用全太阳图库，并仔细察看它们。你将阅读相关介绍来熟悉这些图在说明什么以及他们是如何制作这些图的。你将会学到太阳对地面和背地面的区别和如何在图上找到它们。你将了解图中的方向代表太阳旋转的方向。

材料和技能要求

- ☐ 全太阳数据图
- ☐ 熟悉经纬度
- ☐ 熟悉球面的平面投影

背景

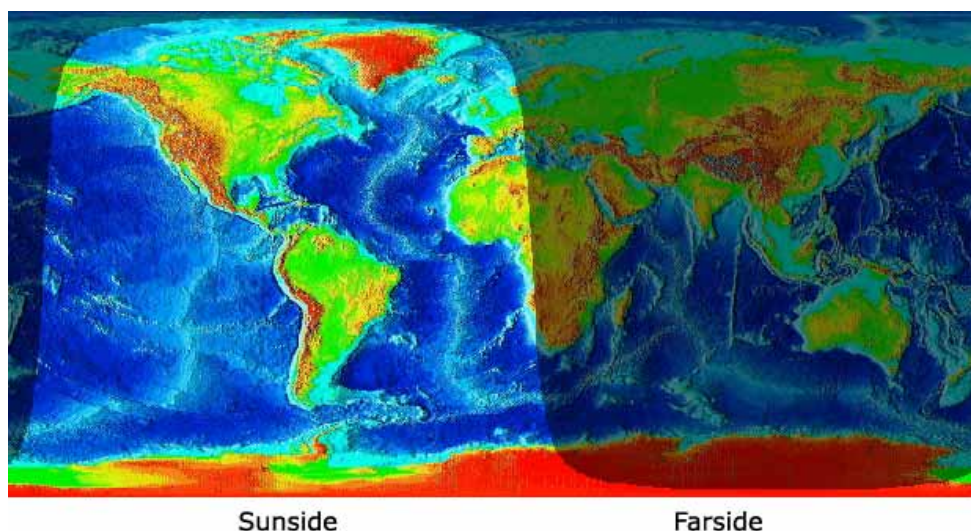
以下网址获得太阳磁活动的全日矩形图：http://soi.stanford.edu/data/full_farside/。这个网站提供当前的数据图和已往图库。



标明太阳对地面和背地面的全日矩形图

每张图像按全日图的正交“等积”投影来绘制的，其中画出了实际的和推测的磁活动区域。它覆盖了整个光球层：180度的纬度（从北极到南极）和360度的经度。太阳赤道以及每隔30度的纬线、每隔60度的经线都在图中标出（图的上下端分别是北极和南极）。

这种表示整个太阳表面的方法和下图所示的整个地球表示完全相同。对于地球的情形，“对日面”是被阳光照射处于白天的一面，背日面则是处于夜晚的阴影部分。例图中的地球的对日面和背日面是从太阳方向而非其他位置看起来。



标明白天（对日面）和夜晚（背日面）的全地矩形图，图片经
Fourmilab 授权

在太阳背地面图中标出了对地面和背地面的边界（粗线）。这表示从地球看到的太阳圆盘的边缘。如果观察连续的几张图，你将会发现表面特征保持在不变的位置上，而表示太阳边缘的线却在移动——这和你可能已经熟悉的从地球看太阳的图像的情形恰好相反，在那里太阳黑子和其他特征随着太阳的旋转而连续移动，太阳边缘（圆盘的边界）则是固定的。这不过是由于背地面图是按太阳的绝对经纬绘制的，而且经度子午线在光球层上随太阳旋转，因此任何给定太阳黑子的绝对坐标几乎保持不变。（在地球上也是一样：地理经线在地球表面旋转，因此任何给定的表面特征，如山地、湖泊或城市，具有固定的经度坐标。）

对地面上的特征是来自基于磁通量测量的 MDI 磁图。数据通过色彩编码来显示活动区域的强度。蓝色和绿色代表低强度，黄色表示中等强度，橙色和红色表示最高强度。

背地面上的数据是由 MDI 多普勒/日震测量结果进行计算机合成得到的。这种测量结果揭示了声波速度的变化，而较高速的声波意味着波源处的磁聚集。

描点

做什么

你将获得使用正交等积图的经验，而全日图正是采用这种制图方式。

如何做

你将标出一张正交等积图的关键点和特征。你将测量图中标出的点之间的距离并计算这些点所代表的太阳上的点的真实物理距离。

材料和技能要求

- ▣ 带毫米刻度的尺子
- ▣ 圆的相关几何知识
- ▣ 基本三角函数：余弦函数
- ▣ 描点图的网格(已提供)
- ▣ 太阳的赤道周长（已提供）

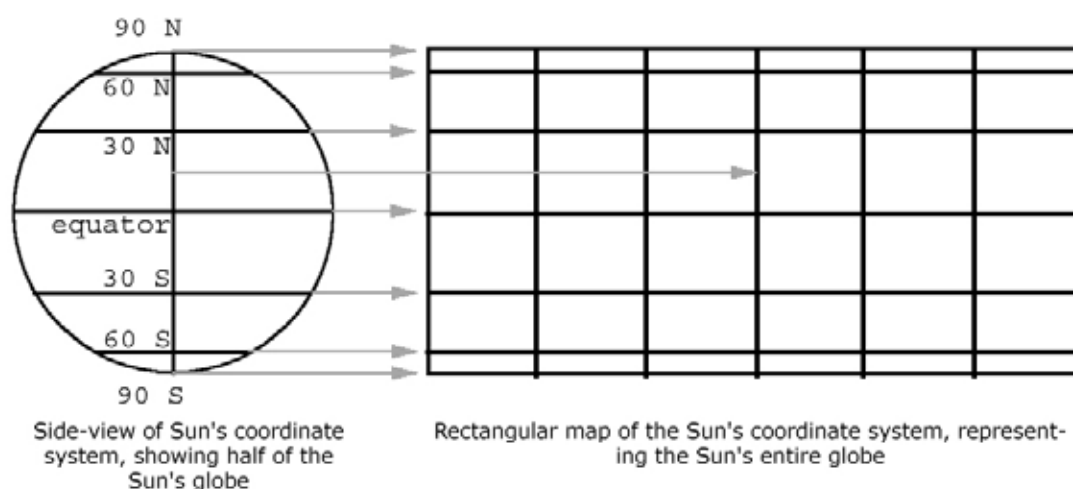
背景

这些图是按照“卡林顿”经度坐标系统绘制的，这种坐标系统被天文学家用来定位和跟踪太阳光球层上的特征。卡林顿坐标系统以太阳光球层的平均旋转速率转动，而它的基准经线（零度经线）以近似相同的速率旋转。在这种坐标系统下，表面特征基本停留在各张图中相同的经度上，就像地球的表面特征当地球旋转时仍停留在相同的经度上。

在这些图中，零度经线位于左端，180度经线画在正中央，360度经线位于右端。对于纬度也类似，北纬90度线位于上端，南纬90度线位于底端，赤道（0纬度纬线）居正中。

熟悉正交图

这个图表显示了以半球图来表示的太阳的球坐标系统和它的全球正交表示方式间的关系。你可能已经熟悉了地球的球形视图和它的正交表示是如何关联的；太阳的情形是完全相同的。



作为熟悉全球正交制图方式的练习，以上图为参考，在下面的空白的正交图上画出/标出以下特征：

1. 赤道

- 2. 南北极
- 3. 各条平行纬线(包括赤道)的纬度——位于赤道以北（正）或以南（负）
- 4. 各条子午线的经度——以位于中央的子午线为 0 度，位于其左边的标负值，右边的标正值
- 5. 一个表示太阳旋转方向的箭头（从左向右）

空白的太阳正交等积图

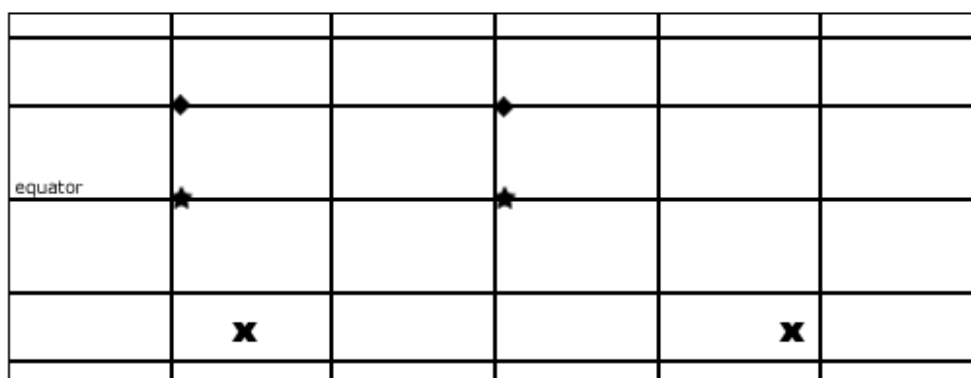
跟踪正交图上的运动

作为球面正交投影的这些图，因为是平面的，就会产生固有的距离失真，就像地球的圆柱或墨卡托类型的投影那样。离赤道的距离越远（向南或向北的纬度越大），相同经度差下的东西向实际距离越小——但测得的以纬度表示的南北方向的距离越大。

沿一条给定纬线穿过整张图的宽度所对应的实际距离等于那条纬线所代表的纬圆的周长，并可通过下面的三角函数等式算出：

$$\text{距离} = (\text{太阳的赤道周长}^1) \times \cos(\text{纬度})$$

假定下图是一张太阳光球层的卡林顿图，回答以下问题。 答案在本节的末尾给出。



1. 两个菱形所示位置沿太阳光球层的物理距离是多少？（两个菱形可以表示太阳光球层上两个不同的点，或某个特征，例如一个太阳黑子，在一段时间内移动的距离）
2. 两个星号所示位置沿太阳光球层的物理距离是多少？
3. 两个“x”所示位置沿太阳光球层的物理距离是多少？

两个菱形间隔的距离看起来和两个星号相同。你认为这一点对于它们所代表的太阳表面的距离是对的吗？

¹ 太阳的赤道周长 = 4,369,955 公里

两个“x”看起来是这三组符号中间隔最远的。你认为这一点对于他们所代表的太阳表面的距离是对的吗？

错误！未定义书签。页问题的解答：

1. 两个菱形的间距占全图的宽度的 33.1%。它们的纬度是北纬 30 度。利用**错误！未定义书签**。页关于图形失真的等式，此处的纬圆的全周长是：

$$\text{长度} = (4,369,955 \text{ 公里}) * \cos(30) = 3,784,492 \text{ 公里}$$

因此两个菱形的距离为：

$$3,784,492 \text{ 的 } 33.1\% = 1,252,667 \text{ 公里}$$

2. 和两个菱形一样，两个星号的间距占全图的宽度的 33.1%。但是星号位于 0 纬度赤道上。仍利用关于图形失真的等式，赤道处的全周长为：

$$\text{长度} = (4,369,955 \text{ 公里}) * \cos(0) = 4,369,955 \text{ 公里}$$

因此两个星号的距离为：

$$4,369,955 \text{ 的 } 33.1\% = 1,446,455 \text{ 公里}$$

3. 两个 X 的间距占图的宽度的 56.1%。它们位于南纬 48 度。再次应用 关于图形的失真的等式，此处的纬圆的全周长是：

$$\text{长度} = (4,369,955 \text{ 公里}) * \cos(48) = 2,924,071 \text{ 公里}$$

因此两个 X 的距离为：

$$2,924,071 \text{ 的 } 56.1\% = 1,640,404 \text{ 公里}$$

遥远的视野

做什么

你将在整个日图上搜寻那些有可能显示真正电磁活动区域的背地面的数据特征。

如何做

你需要仔细研究一个旋转周期中的多幅整体太阳图（在一个完整的太阳自转周期中每隔一定时间得到的太阳图），同时寻找这样的背地面特征数据点：当它们随着太阳旋转到面向地面时仍然在相同的位置（纬度/经度）保持不变。

材料和技能要求

 整体太阳图下载: soi.stanford.edu/data/full_farside/

背景

从表面上看，整体太阳磁场图似乎能够告诉我们整个太阳星体表面所发生的情况——多么让人惊讶的直觉！然而我们必须记住的是，这些太阳图只是代表了一个人们渴望“看穿太阳地平线”的前沿性努力，而事实上人们并没有真正地看到那一面。

这些太阳图所包含的信息来自于两种非常不同的技术，一种是通过直接测量手段探测向地面的磁场活动，另一种则是试图通过间接的二级感应测量方法探测太阳背地面的磁场活动。由于太阳向地面就摆在我们面前，因此它的特征是明显可以获知的，而我们对于背地面的认识，则好比是倾听来自遥远地方的模糊的回声，或是瞥见一个满是缥缈幻影的黑暗世界一般。

当我们分析研究背地面数据图时，一项任务是尝试着“消除”错误信息：一些探测到的磁场中心实际上是由其它原因干扰引起的，或者根本就没有任何原因——只是科学家们所谓的“噪声”。

熟悉背地面数据

获取数据：

1. 登录整体太阳磁场图网页 soi.stanford.edu/data/full_farside/
2. 找到背地面图像列表部分（farside Image List）(点击链接)
3. 从列表选择一个太阳旋转范围，然后进入相应档案。记下旋转圈数，开始时间和结束时间。
你将面对一长串整体太阳图。每两张图间隔 12 小时，并且按时间顺序排成一行。
4. 观察分析这些图。你可以在你的浏览器中上下滚动屏幕，当然也可以打印它

们并观察打印出的图（不过请注意：这会花掉你许许多多的纸张）。

若干注意：

- 每张图上都有时间和日期。格式是 年.月.日_时（时间仅显示整点—没有分钟和秒）。
- 粗线条代表从地球看到的太阳边缘，它将该太阳图分成向地面和背地面。
- 图与图之间的太阳边缘位置不一样，但经线和纬线是一致的。太阳的旋转通过边缘线边界位置的移动显示。
- 向地面的磁场特征不随图变化。请记住，卡林顿坐标轴随太阳的旋转而旋转，如同地表坐标轴与地球一起旋转一样—两者都提供了一个确定其表面物体位置的固定的参照系。
- 当你比较这一系列太阳图时，观察标定在向地面和背地面的太阳黑子。两个位置的黑子的外观或运动有什么不同吗？

我们假设真正的磁场活动区域-无论它们位于哪个太阳半球面-有相同的行为表征（除非当我们没有观察时它们发生了变化），因而图中向地面太阳黑子的外观和运动可作为搜索背地面真实磁场特征的参考基准。因为向地面的数据是可以通过直接测量手段得到的，我们有理由确信我们观察到的大多数区域是真实的磁场活动。

简要描述从一系列连续的整体太阳磁场图中观察到的向地面太阳黑子的外观和运动，特别注意以下几个要点：

1. 大小及形状（尤其注意它们是否随不同的图变化，如果是，如何变？）
2. 位置（比如，是否在某些经度和纬度范围内太阳黑子经常能被观察到？）
3. 持续性和连续性（一太阳黑子在一系列图中的某个固定位置存在多长时间）

比较向地面太阳黑子和背地面太阳黑子的这些特征。

问题：

- ☐ 总体而言，考虑以上三个特征，向地面的太阳黑子数据与背地面的数据比较起来如何？
- ☐ 你能否找到特征上与向地面黑子相似的背地面黑子点？
- ☐ 如果你识别到一个可能代表着真实磁场活动区域的背地面黑子点，你如何用这些数据来证实这一点？

写下“真实黑子点寻找标准”，你可以完全按照自己的理解写，或者也可以将下面的句子补充完整：

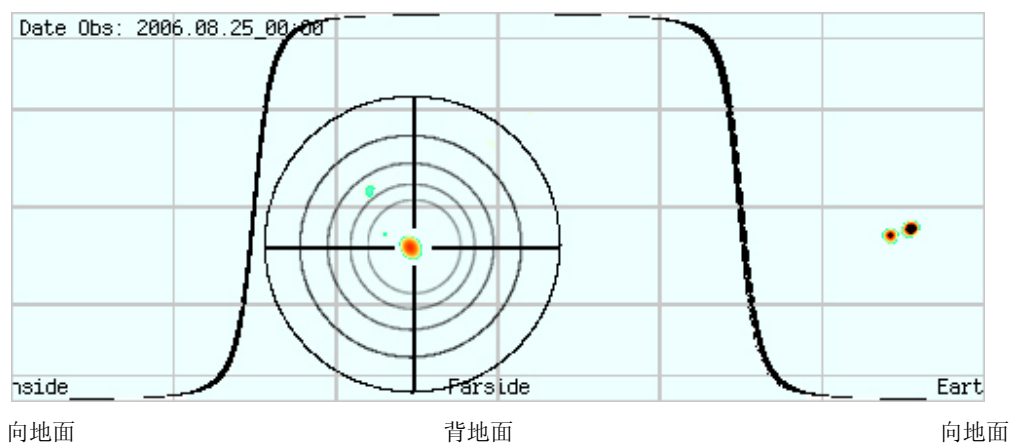
1. 一个背地面数据点很有可能是一个真实的磁场活动区域如果……
2. 一个背地面数据点不太可能是一个真实的磁场活动区域如果……

写下“真实黑子点确认标准”。

1. 一个背地面数据点能够被**确认**是一个真实的磁场活动区域如果……

搜索

把你所学的充分应用到实践中去。去搜寻一些背地面磁场活动区域吧！



做什么

你需要在整体太阳磁场图上发现并确认那些代表真实磁场活动区域的背地面数据点。

如何做

应用你的搜寻标准，分析整体太阳磁场图中的数据，并且当你发现了可疑的背地面真实数据点特征时，将它们记录在一个日志表格中（类似于 47 页的搜寻日志）

材料和技能要求

📖 日全图自转集

📖 搜寻日志表（47 页）

实验步骤

1. 随你的兴趣搜索旋转数据组，并且尽可能多的寻找真实的背地面磁场活动区域。记下你搜索的那个旋转数据组及总数，不管你是否找到了任何可疑的磁场活动区域。

2. 在这里总结你的发现：

你一共搜索了多少组旋转数据？

你记下了多少个可疑的磁场活动区域？

记录的可疑区域中有多少是你能够确认为真实磁场活动区域的？

3. 选择你搜索过的其中一组旋转数据——最好是你上面发现了至少一个可疑磁场活动区域的数据组。
4. 对于上述选择的旋转系列图，记录下你看到的所有图中的背地面数据所代表所有黑子点。（是啊，这的确很乏味！）注意：在各张图中保持在同一个位置的黑子点只需计入一次，但新出现或消失在某一张图的黑子点需要被单独记为一个。
5. 在下面总结你的发现：
你记下的旋转系列图上的所有数据点共有多少？ _____
在这个旋转系列中你发现了多少可疑的磁场活动区域？ _____
磁场活动区域在所有的数据点中占的比例是多少？ _____

问题：

-  你认为你能从这些数据中发现的可能的背地面磁场活动区域的可靠性有多大？
-  当你判断哪些背地面数据点可能是真实的磁场活动区域以及哪些仅仅是“噪音”时，你的把握有多大？
-  当预测那些磁场活动区域旋转到向地面的表现时，你觉得整体太阳磁场图是否有用？

[illegible]

- B. Burrell, 谢伯特空间及科学馆

色球爆发！

简介

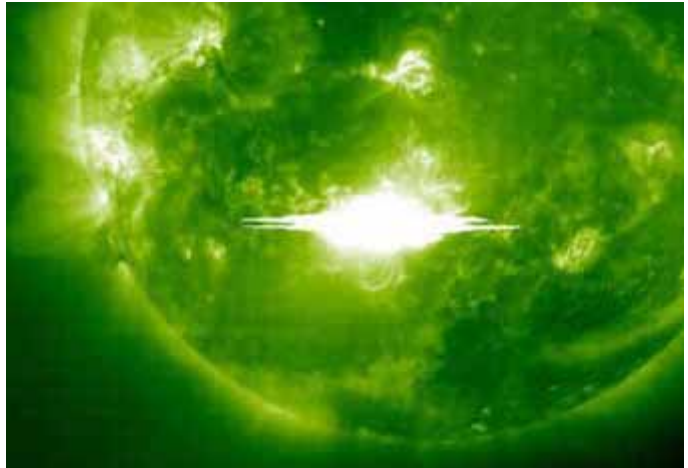
太阳耀斑（又称“色球爆发”）是太阳日冕的剧烈活动，能瞬间释放相当于 10^7 亿吨 TNT 的能量并将太阳表层大气加热到几百万度的高温。耀斑出现在磁场活动较强区域，通常位于两个极性相反的区域之间。

右图：X 级别的太阳耀斑

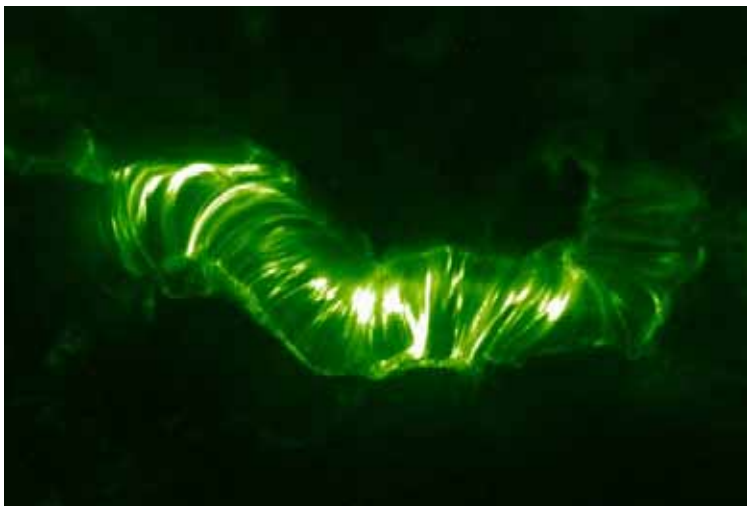
图片由 SOHO EIT 授权 NASA/ESA

色球爆发！

耀斑发生是由于内部磁场如此强大且不稳定以至于达到了一个足以爆发的临界点。这股磁场力突然“断裂”并且重组成为一种更稳定、低能的状态，同时释放的能量将太阳大气层的气体加至过热。相对较小的区域内的局部温度可以在几分钟内升至一千万开氏温度甚或更高，同时向太空放射光谱从无线电波到伽玛射线的电磁辐射。



问：为什么这些太阳图像是绿色的？答：这些图像是“错误着色的”。观察到的产生这些图像的光线事实上是紫外光，这段波长的电磁辐射是人眼所不能见的，因而也就没有人类可见的“色彩”



左图：产生强大的“巴士底日”耀斑的磁场构成图。

电磁辐射能量束以光速运动到太阳系，通过一个天文单位（太阳到地球的平均距离）只需略多于 8 分钟的时间

耀斑等级

耀斑所含的能量从较小到极大不等。人们引入一个类似于里氏地震等级标准的能量指标来对不同的耀斑进行分类。太阳的耀斑等级标准是基于耀斑发出的 X 射线亮度来衡量，这些射线的波长范围为 1 到 8 埃。

能量最小的耀斑级别为 A、B 和 C（A 代表最弱的），“中间”强度的耀斑被标为“M”级。最强的是“X”级。

进一步，每一个这样的级别又被细分为从 1 到 9 的九个子等级。据此，例如 M 级的耀斑就可以根据它们的强度被标定为 M1（M 级中最弱的）一直到 M9（最强）。

耀斑等级描述：

-  C 级耀斑（以及更小的 A 和 B 级）大多情况下很难在地球上观察到，除非在发生时直接对太阳进行观察并监视它的 X 射线抛射物。
-  M 级耀斑更为剧烈一些，它能够在地球两极区造成短暂的无线电中断，并有可能产生较小的太阳风暴。
-  X 级耀斑是最剧烈的。它们能造成整个行星范围的信号中断现象及长时间的太空粒子风暴。

由于我们在地球上受到大气层和电离层的保护，你可能会认为太阳耀斑并不是什么大事，因为甚至是最强烈的耀斑爆发对地球上大多数人而言，除了可能引起电台无线电和电视的干扰外，并没有什么影响。但是，随着我们整个社会越来越多的依赖于全球通讯网络和卫星，耀斑的潜在危害正在逐渐受到关注。同时，随着越来越多的人离开了地球大气层的保护进入太空探险，主要由太阳活动决定的太空大气环境也成为了一个现实的影响生命的问题。

基于上述以及其他一些原因，预测太空大气的科学领域逐渐在某些方面与追踪强风暴的大气影响处于同等重要的地位。

预言耀斑

预测耀斑的发生时间和强度有一点类似于预报地球上的天气。通过观察大气环境，预测家能够预报出风暴天气较之于晴朗天气发生的可能性大小，但他们不可能确切地知道将来会真的发生什么。

在某一个具体日子里耀斑发生的可能性是多大？这个可能性，或者说概率，在近期内又会如何变化？回答是这依赖于现在以及短期内太阳，尤其是发生耀斑的日冕中的环境情况。

在任何一天，约有一半的太阳色球层（以及略大于一半的太阳大气层）落在地球的直接观察范围内——也就是太阳的较近面，或者说向地面。在向地面发生的耀斑发射的电磁波直接在地球可见，因而立即增加了我们能观察到的对地球能造成影响的耀斑的可能。

计算某一天耀斑发生的可能性的一个标准可以是向地面的磁场活动情况——最简单的方法是“计数”表征磁强度的特征数目（活跃区域，太阳黑子，日珥）。你也可

以把磁场活动的强度及密度考虑在内，因为强磁场区域较弱磁场区域产生耀斑的可能性更大，因而能增加耀斑爆发的可能性及其强度。

科学家通过检验太阳上每一块单独活跃区域的磁场特征来预测太阳耀斑的爆发，他们尤其注意寻找那些相邻的磁性相反的区域中磁场的“扭结”和缠绕现象。扭结程度越大，这个磁场就越有可能折断并重组，也就是说它正在产生一个太阳耀斑。

通过这些活动，你可以不再细致地检验那些活跃区域的磁场结构，而是采用一种更为“概要”的磁场活动检验方法来预测耀斑发生的可能性。

基于磁场特征 *密度及强度* 来预测耀斑潜能（耀斑发生的可能性）的评判标准可以被比喻为“养鸡场”问题。想象太阳是一个养鸡场，其中的鸡就是那些磁场活跃区域，雄鸡打鸣代表耀斑的发生。尽管你确实不能预料一只确定的鸡打鸣的确切时间（除了平均意义上鸡打鸣的平均间隔时间），但农场的鸡越多，*在任意一个确定时间听到打鸣声的可能性就越大*。并且如果其中某些鸡大而强壮且很活跃，它们或更喜欢打鸣，或叫得更响，甚至两者兼备，那么在这些个体上，观测到耀斑的次数和耀斑的强度都增大了，从而有助于预测。鸡与太阳黑子有什么关系呢？什么也没有！记住，这只是一个类比而已……

黑子相对数 (RSN)

做什么

你将学着去计算可见光太阳图上的黑子相对数指数(RSN)，比如参考 SOHO MDII 图，并且把你的计算结果和官方数据相比较。

如何做

你需要挑选五幅从同一个天文台拍摄的可见光太阳图像。在每张图上，你要识别并标出每个单独的黑子群，并且计算总数。同样，你需要计算每张图上的所有黑子数目——那些单独存在的和以群体存在的一并且计算总的数目。你将获得每张图代表的那一天的官方黑子相对数并将它们与你所得的数据相比较。

材料和技能要求

-  挑选的全轮廓的可见光太阳图像（推荐 SOHO MDII 图）
-  相对黑子数工作表（55 页）
-  基本的算术和代数方程

背景

天文学家们采用比简单计算每天的太阳黑子数略微复杂的方法来测量每天的太阳磁场活动。他们采用一种称为 *黑子相对数目*，或 *RSN* 的方法。这种方法考虑了这样一个事实，不同的太阳观察者会使用大小相差很远的望远镜来计算太阳黑子数，而用大口径天文望远镜的观察会远比小望远镜观察发现更多的黑子。因此，来自不同设备和天文台的单纯的太阳黑子数的报告会产生差异甚远的结果，即便它们都是在同一时间对准太阳观察。

黑子相对数计算举例

计算黑子相对数目相当容易。这要求你不仅计算单个黑子的数目，还要计算黑子群的个数——所谓 *黑子群*，就是与同一个磁场干扰有关或者在同一个磁场活跃区域的一个或多个太阳黑子所对应的位置。有时候我们很容易就能看出一簇黑子与一个活跃区域有关，然而另一些情况则需要一些判断力。

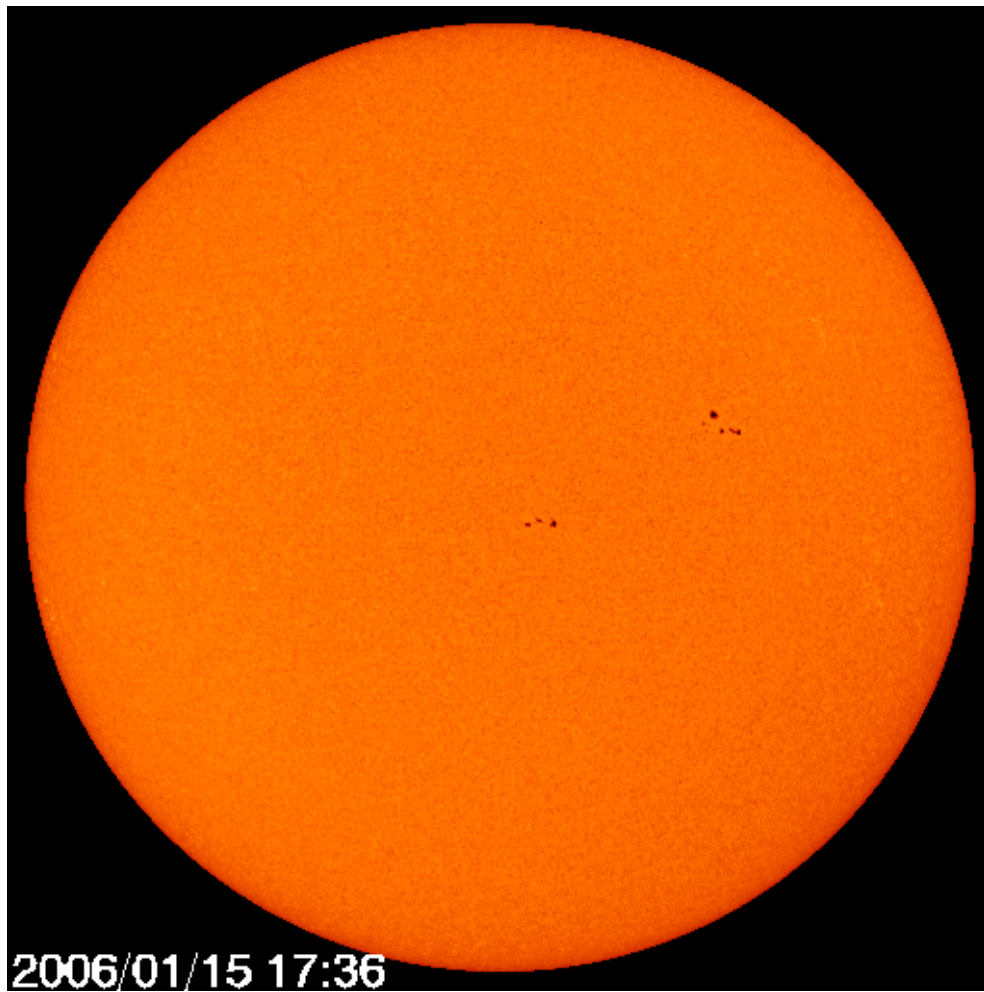
决定哪些黑子组成一个黑子群的标准方法如下：如果一组黑子所在的经度差异不超过 10 度，并且它们的纬度几乎相同，那么可以认为它们是同一个黑子群中的元素。你可以用适当标度的斯托尼赫斯特圆盘来测量黑子以及黑子群之间的距离。

一旦你得到了单个太阳黑子数目和黑子群数，把它们代入下面的方程，计算出黑子相对数。

$$R = 10g + s$$

这里 R =黑子相对数目， g =在向地面观察到的太阳黑子群数， s =所有的单个黑子数目（包括在黑子群中的和单独存在的）。（上述方程还应乘一个“特征”系数，用来表征类似于望远镜尺寸和观察环境，这个系数典型的值是 1 或更小。这里我们假定它是 1。）

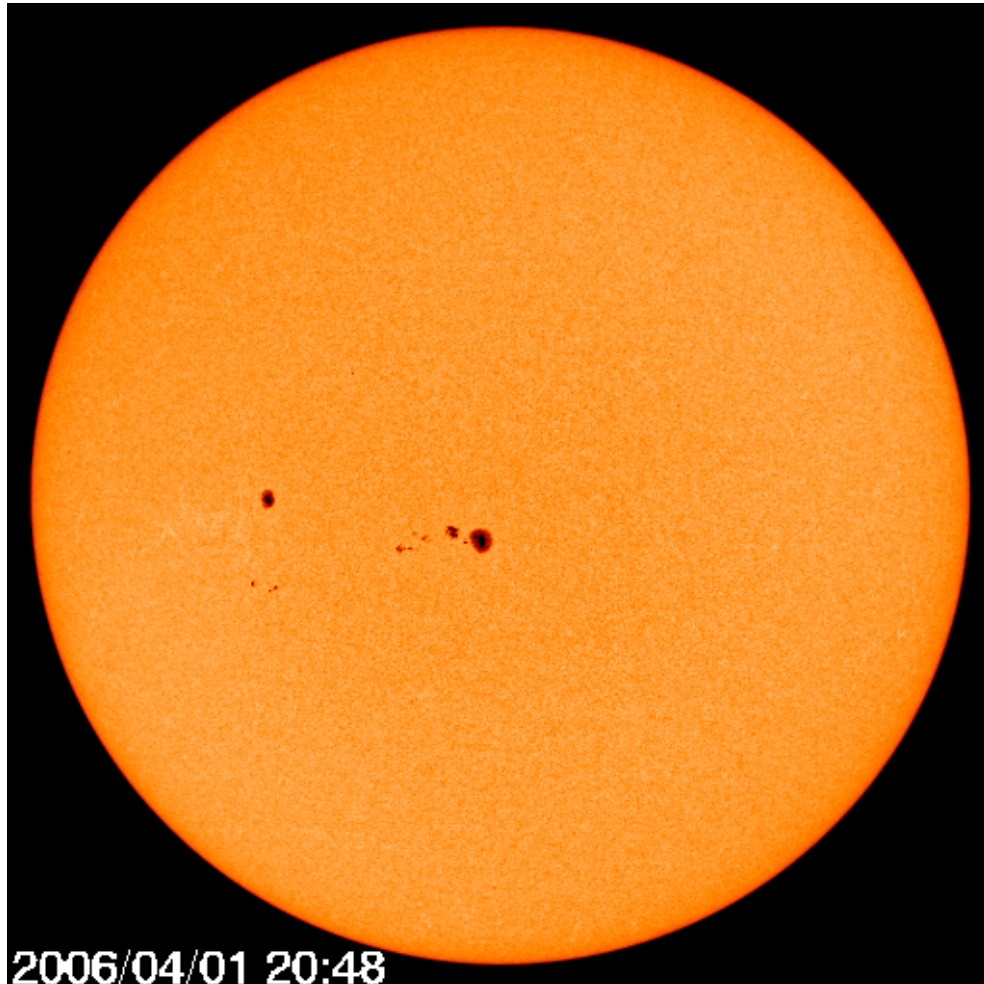
在这个例子中，观察下面的 SOHO MDI I 图：



你可能算出总共 2 个黑子群和 11 个单独的黑子。代入方程计算得 R ，我们有：

$$R = 10(2) + 11 = 31$$

这是另一个例子：



在这个图中，你可能识别出 3 个黑子群：中间那个大的（看上去像夏威夷岛），它左边那个单独的大黑子点，以及这个下面的一簇小黑子组。请注意那个单独的黑子也应被算作一个黑子群。你可以找到总共 14 个单独的黑子。于是有：

$$R = 10(3) + 14 = 44$$

很明显，不同黑子群的数目或是磁场活跃区的个数，对 R 值的估计有很大的影响。

实验步骤

1. 选取并打印五张全轮廓的可见光太阳图像，推荐使用 SOHO MDI I 图
2. 在每张图上，识别并用一个数字标出其上的太阳黑子群。
3. 数出每张图上的太阳黑子群数目并将数据记录在下面的表格中。

4. 数出每张图上的太阳黑子数—包括那些单独分开的个体和在黑子群众的。将数据记录在下面的表格中。
5. 计算每张图的 RSN, $R = 10g + s$ 。
6. 搜索你的每张图所对应日期的官方黑子数据并将其纪录在下面的表格中。数据可在这个网页找到 www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/ftp/sunspotnumber.html

你的表现如何？你的数据和官方版本符合得怎样？

发现意料之外的数字？ 你从这些档案中找到的数据并不是从一次单独的观测计算得来的，而是很多数据的综合。这些观测数据被取了平均后才得到最终结果，因而你可能会发现这些值甚至不能由你用的那个方程计算得到。比如，根据你用的方程，如果没有观察到太阳黑子，那么就只能有 0 个黑子群和 0 个黑子，于是你算得 RSN 应该是 0。如果太阳上有一个黑子，那么，根据定义，就有 1 个黑子和 1 个黑子群—因为任何的一个黑子也被算作黑子群的一部分，即便它只是群中唯一的一个。在这种情况下，计算得的 RSN 是 11。如果你看到这样一个官方档案中的数据，比如说是 5.5，请记住这是平均后的结果(例如，如果两个不同的观察者分别报告观察到了 0 个和 1 个黑子，那么他们计算得到的 RSN 是 0 和 11，平均后就是 5.5)。

黑子相对数目工作表

图像（日期）	太阳黑子群数	太阳黑子总数	计算得 RSN (R)	官方 RSN

制作预报表格

做什么

评估太阳耀斑发生的可能性并给出 4 天的预报。

如何做

下载太阳向地（球）面和背地（球）面的磁场活动图。用向地面的数据总体评估当天的太阳磁场活动，然后识别出背地面可能的磁场活动。考虑太阳自转因素，背地面的活动特征将会出现在向地面，向地面的活动特征也将离开视线转到背地面，据此做出向地面的太阳磁场活动的每日预报。

材料和技能要求

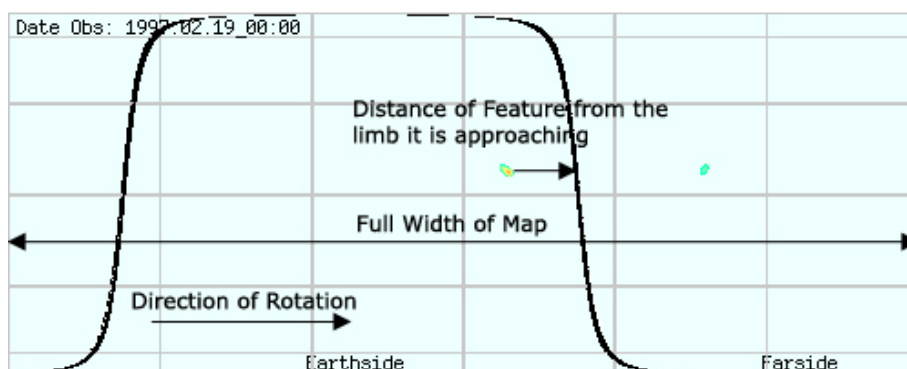
-  一张太阳地图（包括背地面的数据）
-  预报表格（见 59 页）
-  毫米刻度尺
-  基本测量技术和技巧
-  基本的比例计算能力

实验步骤：

你可以选用任何不同的太阳图像和数据图评估可能的耀斑活动，但这里你需要使用由 SOHO MDI 提供的太阳磁场活动图。它不仅能提供太阳向地面的数据，还能给出可能的背地面的数据，从而你可以尝试做出短期预测。

1. 从 soi.stanford.edu/data/full_farside/ 下载最新的完整的太阳磁场活动图。保存图像以备今后参考，并将他们打印出来。（建议：打印时可将图片放大到与打印纸大小相当）
2. 从字母 A 开始，顺次标记磁场活动特征区域。
3. 用箭头在图上标示出太阳自转的方向。
4. 在预测表格中，在“尺寸”项目里用 1 到 5 中的数字标记特征区域的大小，其中 1 表示最小，5 表示最大。你需要用肉眼观察或者测量的方法将特征区域按大小分成 5 类。
5. 确定每个特征区域的 DFL（Days From Limb）值，四舍五入取整并填入表中相应位置。

怎样计算 DFL： 参考下面的例图，DFL 是指特征区域移动到太阳边缘的天数，无论该特征区域是从背地面移动到向地面还是由向地面移动到背地面。确定 DFL 时，首先沿纬度线测量特征区域到它转向的那条太阳边缘（黑线部分）的距离。然后用这个距离除以图的全长（图的全长代表太阳的 360 经度），得到这个距离占整个太阳周长的比例。最后用这个比值乘以太阳自转周期 27.2753 天得到 DFL 值。



6. 表中剩下的部分用来记录你所进行的 4 天预测。第 0 天表示你通过数据图得到测量数据的当天。在每一个特征区域的每一天中填入一个数表示产生可见的太阳耀斑的可能性。对于任意一天，在背地面的特征区域对太阳耀斑发生的可能性贡献为 0，在向地面的特征区域对太阳耀斑发生的可能性贡献就是它的尺寸值。

最简单的填表方法如下。对于每一个特征区域：

- a. 在第 0 天一栏中，如果特征区域在背地面，填入 0；如果在向地面，填入其尺寸值。
 - b. 在其后 N 天填入相同的数值，其中 N 是该特征区域的 DFL 值。显然，如果 $DFL > 3$ ，在其后的预测中，该区域将停留在它开始时的向地面或背地面。
 - c. 在余下的单元格里，如果特征区域由向地面移到背地面，填入 0；反之，填入尺寸值。
7. 将每一天中的所有数据求和，写在表格底部的“耀斑可能出现率”中。这就是你对任意给定的一天的耀斑发生的可能性估计。

问题：

- ☐ 实验中给出的方法是经过简化的，它基于一些事先做出的假设。你能不能指出在这个方法中，哪些假设在实验中起到了关键作用，哪些不是？
- ☐ 你能不能对这个方法提出优化建议使得它更加精确？

 你的优化建议中用到了哪些你现在没有的信息或数据？

改进你的预报

太阳磁场活动图内的信息由以下两种方式得到：一是直接观测向地面的磁场活动特征，二是间接测量第二手的数据来源。由向地面的数据计算耀斑发生的可能性是相当可靠的，但是用背地面的数据来做短期预测却并不一定准确。当然，不同于用水晶球来预测未来，这些数据是基于科学测量和物理定律的。然而对于背地面的数据，我们在并不确定其对应的特征区域是否真实存在的情况下，就将它计入耀斑可能出现率。背地面的错误数据使得耀斑出现率有所夸大。

对预测方法进行怎样的修正才能使其更加精确呢？下面是一些可以尝试的建议：

1. 设定一个尺寸下限，将尺寸小于这一下限的背地面的特征区域从预测计算中去掉。

为什么要这么做？为什么这样做就能提高预报准确率？

假设尺寸小的特征区域更有可能是错误的的数据，或者是仪器受到干扰造成的，而不是真实的特征区域。所以把它们删除，也就是去掉在你的计算中可能出现的错误数据，从而能够改善你的预报准确度。

不论这种假设是否正确，从预测计算中忽略小尺寸特征区域可能在避免错误数据的同时，牺牲的只是一些小的真实的特征区域，这对预测计算的影响相对较小。

如果这样做管用，太好了；否则，试试其它的方法……

2. 检查一两张稍早时候的太阳磁场活动图（比如 12 小时以前，或者 24 小时前的图），把在较早时候图中没有出现，而仅在即时图中出现的特征区域去掉。

这里的假设是，真正的磁活动特征区域至少存在 12 小时，而没有连续出现的数据点极有可能是干扰造成的。

预报表格

预报实验表格						
			天数			
特征区域	尺寸	DFL	0	1	2	3
A						
B						
C						
D						
E						
F						
G						
H						
I						
J						
K						
L						
M						
N						
O						
后续实验表格						
耀斑可能出现率						
每日相对黑子数						
X 射线耀斑记录	A					
	B					
	C					
	M					
	X					

后续实验

实验内容

通过比较你对电磁活动和耀斑活动的预测结果与其后实际观测数据检验你预报的准确性。

实验方法和原理

我们有多种太阳耀斑活动的数据和报告可以帮助你检验预报结果和真实数据之间的关联。你将会得到 x 射线流的数据，耀斑记录，太阳图像和其它的数据。为了比较方便，你需要在预测中计算出每天的相对太阳黑子数作为参考。

材料和技能要求

-  你所预报的那些天的完整的可见光的太阳图像
-  你所预报的那些天的 X 射线流量表
-  你所预报的那些天的太阳活动记录
-  基本制图能力

背景

你的预报准确么？你认为你的预报与实际耀斑事件和情形有相似和吻合之处么？怎样才能检验预报的准确性呢？

显然，回答上述问题需要比较你的预测和实际观察的结果。在网络上有许多地方你可以找到不同类型的太阳活动报告，包括太阳全景图（可见光图，紫外线图，x 射线图）和其他所需数据。我们鼓励你把你能找到的各种关于太阳和空间天气的活动的记录、列表、图像和报告尽可能都读完。

出于检验你预测准确性的目的，你可以集中在一种信息，一种数据类型上。你可以选择检查每日紫外线和 X 射线图像（比如 SOHO 太空的远紫外线图像，GOES 的 X 射线图像，或者 Hinode 的 X 射线图像）来寻找耀斑：在波段中出现的亮度极大点。然而，大多数地面观测站和空间观测站提供的太阳图像每一天或两天才更新一次——但耀斑事件可以只持续几个小时，甚至几分钟。并且，即使在某天的图像上可以看到耀斑，你能把它从酷似耀斑的高温活跃区域区分出来吗？

相对太阳黑子数 (RSN)

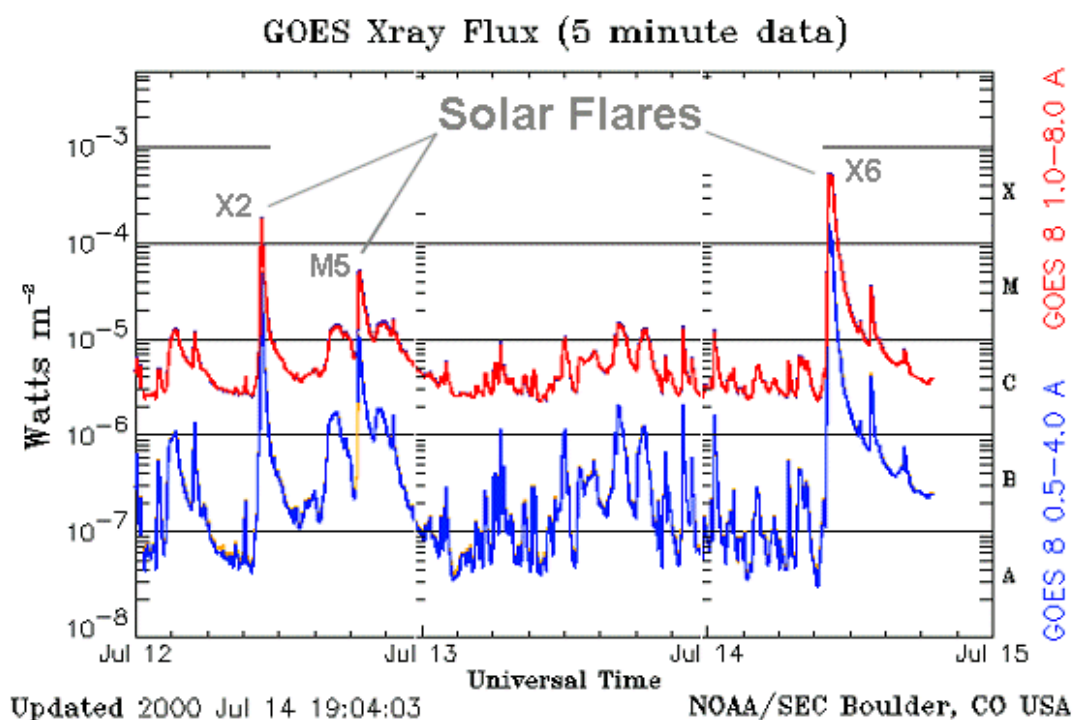
你可以把你的预测结果与每天的相对太阳黑子数进行比较。你既可以自己计算 RSN（具体操作见 51 页），也可以通过网络或其他途径得到官方的 RSN 值。无论

通过何种方式，当你得到了 RSN 的数值，就把它填入表格中“后续实验表格”部分中你的预测值的下面。

X 射线流量数据

幸运的是，我们有一种更新频率更快的数据。由国家海洋大气监管局（NOAA）控制的 GOES 卫星，不仅周期性的拍摄太阳图像，同时也不间断的监控太阳的 X 射线流量（以 X 射线为度量的太阳亮度）。这些数据可以在空间与环境中心的主页上下载：www.sec.noaa.gov/。

在这个网站上，由 GOES 卫星测量的太阳 X 射线流量以多种不同的形式呈现。首先，我们可以看到 GOES 的 X 射线图表（参见下边的例子）。图中显示了由不同 GOES 卫星测量的不同波段 X 射线强度，耀斑即是 X 射线强度的突然增加（波形图的尖刺），在其两侧由于气体冷却，x 射线强度会逐渐降低至正常水平。耀斑的等级可以从右边的纵轴 X 射线的强度直接读出：A，B，C，M 或 X。



另一项你可以使用的检查近期耀斑事件的记录是编辑过的太阳活动事件报告。它不是原始数据，而是由对原始 X 射线流数据分析得到的报告。其中耀斑的发生和它的分类级别已经为你标识出来。

在 SEC 网站上，点击：

Alerts/Warnings,
Solar Event Reports

你将会看到一系列的文件的目录，为首的文件包含了所有其它文件所含报告的信息。下面是一个示例的事件报告（观测于可记录的活动比较少的太阳活动低潮年的某一天）：

```
:Product: 20060910events.txt
:Created: 2006 Sep 12 0302 UT
:Date: 2006 09 10
# Prepared by the U.S. Dept. of Commerce, NOAA, Space Environment Center.
# Please send comments and suggestions to SEC.Webmaster@noaa.gov
#
# Missing data: ////
# Updated every 30 minutes.
#
#                               Edited Events for 2006 Sep 10
#
#Event      Begin      Max      End  Obs  Q  Type  Loc/Frq  Particulars      Reg#
#-----
5610 +      0248      0251      0304  G12  5   XRA  1-8A      B1.0    9.2E-05
5620 +      0649      0723      0815  G12  5   XRA  1-8A      B6.0    2.3E-03    0909
5620      0655      0759      0814  G12  5   XFL  S08W25    1.2E+03  2.5E+03    0909
5630 +      1925      1930      1943  G12  5   XRA  1-8A      B1.4    1.3E-04    0909
```

关于事件报告的描述：

此表格第一列是事件的编号，其右侧三列表示事件开始，峰值，结束的格林尼治时间，第五列是观测台的代号（在上例中，“G12”即是 GOES-12 卫星）。Q 值表示该报告或观测条件的质量。

“Type”中“XRA”是唯一表明 GOES 一级或二级卫星观测到了太阳 x 射线耀斑的标志。为了确认你的预测，你只需要找到并合计含有“XRA”的事件。

当你找到含有“XRA”的事件后，注意“Particulars”一栏，找到并记录耀斑的等级。

“Loc/Frq”一栏给出了耀斑事件在太阳向地面的位置和观测采用的波长或频率。为了验证你的预测，你无需关心耀斑事件的具体位置，但是如果好奇的话，你可以利用任何定位信息试着确定到底是哪个磁场活跃区引起了耀斑。

处理数据

耀斑预测活动的目的是设计一种从地球视角出发，对预期的太阳磁场作用区计算某天耀斑发生的概率的方法，来预测太阳耀斑活动。

在你作出预测图之后的几天，新的全太阳磁场活动图将会产生，每日的 X 射线图和事件报告都会刷新～你肯定处于焦急的等待中吧！

记录耀斑事件

对于你预报的每一天，找到并标记出所有的 XRA 类型的事件（由 GOES 的 X 射线流数据所观测到的 X 射线耀斑）。在预测表格中有一行可用来记录所有的耀斑事件。将该天中所有耀斑事件的总计按等级填入相应的单元格中即可。如果你希望信息更完整，比如记录精确的耀斑等级（例如填写“B6”而不是“B”），这当然可以；如果你需要更多的空间来记录，不必被狭小的单元格所局限！

以图表形式呈现结果

在收集了四天的数据之后，可以开始对你的预测开始检验了。当然，如果你有任何创造性的方法来检验你的预测，那就大胆去做吧！如果没有，就请按下列步骤制出两周的预测和实际耀斑活动的对比表：

图表（散点图）绘制方法：

1. 横轴为日期，从 0 到 3，这是你预测的周期。
2. 左侧纵轴为耀斑可能出现比率。在标记单位长度之前，注意适当地安排轴上的数据范围 围和单位长度所代表的值，使其与你的数据（计算得到的耀斑出现的最大可能和最小可能）相适应。
3. 描点画出每日的耀斑可能出现比率。如果不是计算机制表而是手工操作，请自己选择数据点的形状和颜色。
4. 右侧纵轴定义为实际耀斑活动轴。（如果你的图表没有右侧纵轴，请自己画一条！）同样地，适当安排轴上的数据范围使其与你的数据相适应（也就是说，要和出现最多的耀斑等级的耀斑最大数目和最小数目相适应）。
5. 作图表示实际的耀斑活动。在图表中的每一天，画出每一等级的耀斑的数目（你记录数据时是按等级分开记录的，现在也按等级画图）。注意画完之后不要忘记用等级代号 A, B, C, M, X 清楚的标记出来，以免混淆。或者你也可以直接用 A, B, C, M, X 作为数据点标记在图上。

Flare Potential Rating						Actual Flare Activity
Day						
0						
1						
2						
3						

表格示例：预测耀斑事件和实际耀斑事件对比

问题：

- ▣ 真实数据与你的预计的符合程度如何？是否你的预测和真实情况非常相符？或者根本驴唇不对马嘴？还是介于两者之间？
- ▣ 你能提出一个为你的预测准确度评分的方案么？用分数来衡量该预测的能力，比如 10 分制。你将如何给预测评分？为了今后的活动，一定要诚实……
- ▣ 如果让你重新做一遍实验，有哪些地方你会有不同的处理方法？有什么建议你能提供给刚接触这个实验的人？有什么建议你希望在你实验开始的时候已经有人告诉你了？
- ▣ 如果你现在开始另一个预测实验，你觉得你能做的更好么？为什么？

检验背地面数据的准确性

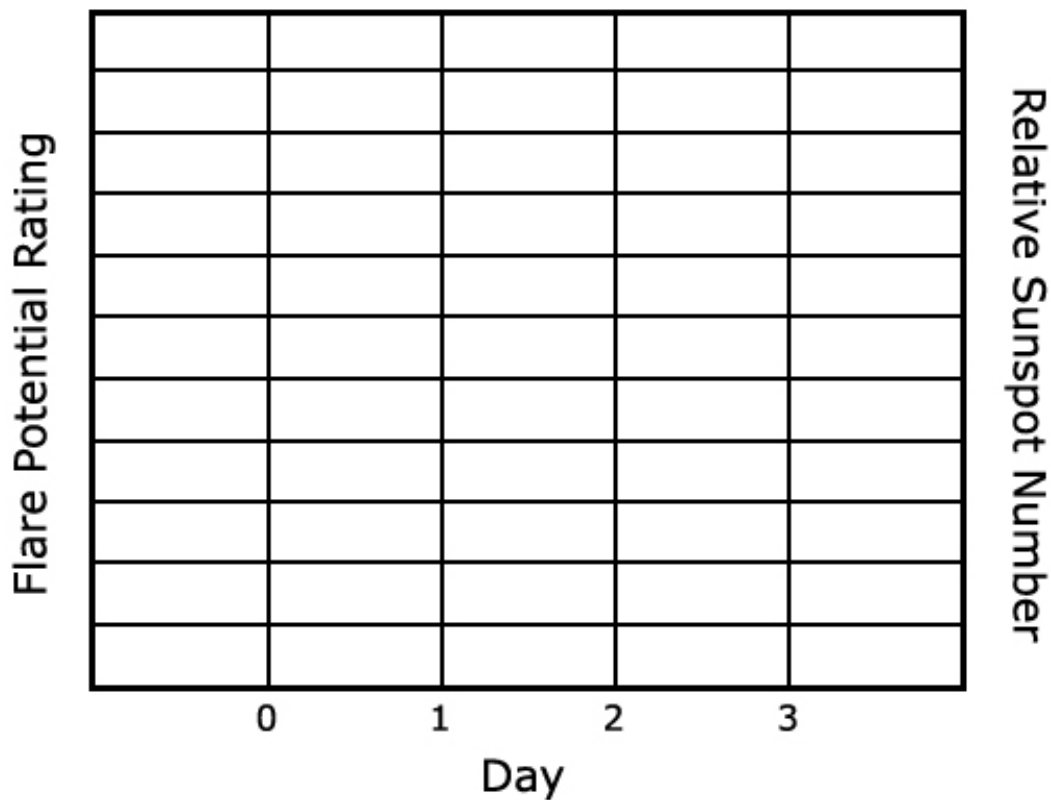
在第 0 天，耀斑可能出现率是建立在向地面的真实可见磁场活跃区域的基础上的，但从第 1 天到第 3 天，计算的结果越来越多的受到背地面数据的影响。这个实验的

目的就是检验你的预测准确性如何，换句话说，就是在你的预测中，背地面的数据的可靠性如何。

- 1. 你已经计算或者得到了每天的 RSN 值并把它们填在表中。
- 2. 做一个表，横轴为天数（0-3），左侧纵轴为耀斑可能发生率，右侧纵轴为 RSN 值。参见下边的例表。适当的安排两个纵轴的单位长度来适合数据点的变化范围。
- 3. 将每天的耀斑可能发生率和 RSN 值描点画图。

你看到两组数据之间的关联了么？要注意的是由于两组数据由不同的方法得到，所以它们有可能并不相符，但这并不是我们要找的“关联”。每一组数据点都在试图评定每一天向地面的磁场活动的总体水平，所以如果两种方法都是正确的，你就可以看到它们变化趋势之间的关联——曲线的形状，或者图线的斜率等等。

如果你没有看到任何关联，那么你能想想这是为什么吗？



表格示例：耀斑可能值和相对黑子数的每日对比

冒烟的枪

简介

在太阳耀斑第一次被发现的时候，人们就怀疑它会以某种方式影响地球。1859年，英国天文学家理查德·堪灵顿和理查德·霍奇森在观察一组太阳黑子时分别发现了耀斑，这是人类第一次探索到耀斑的发生。而第二天，就观测到极光从北极区域扩展到很南部的地区，甚至在古巴都可以看到！堪灵顿就此怀疑二者的关联性——事实上，他是对的。

要考虑的问题

- ☐ 太阳风从太阳发出，掠过地球。
- ☐ 一般来说，太阳风的速度在每秒 200-400 公里左右。
- ☐ 太阳的活动，例如日冕物质抛射、耀斑、冕洞，可以引起太阳风的速度和质子密度的突然增加。
- ☐ 太阳风的增强可以被卫星检测到。它将引起极光现象的增强和地磁场的波动（极端的情况下称之为地磁暴）。
- ☐ 影响地球的太阳风通常来自太阳赤道区域。
- ☐ 太阳风从太阳传播到地球要多长时间？
- ☐ 在这段时间内，太阳自转了多少？
- ☐ 正对地球的日冕物质抛射最容易被日冕观测仪拍摄记录下来，例如 SOHO 卫星上的 LASCO（译者注：装载于 SOHO 卫星上的大角度光谱日冕像试验）设备。
- ☐ 冕洞可以在 x 射线或者紫外线照片中极容易的发现，例如 GOES SXI 和 SOHO EIT 设备。
- ☐ 存在时间很短的耀斑很难用更新频率为一到两天的图片捕捉到。

数据的来源

- ☐ SOHO/CELIAS/MTOF/PM。太阳风的速度和质子密度的数据来自 SOHO 卫星上的 CELIAS/MTOF 质子监控传感器。打开“Online Data Available from the PM”网页，点击“Solar wind data arranged by Carrington number”获得存档图表。umtof.umd.edu/pm/。
- ☐ SOHO。特别是 EIT 图片可以用来寻找影响太阳风的日冕事件（如耀斑，日冕物质抛射，冕洞）及其特征。sohowww.nascom.nasa.gov/

 GOES。X 射线图像。www.sec.noaa.gov/

简单的研究

做什么

做一点基础的研究以便于熟悉有关的太空天气主题。

如何做

用互联网，印刷品，视频，cd 或其他信息来源，研究并回答下列问题：

1. 什么是太阳风？
2. 太阳风是由什么物质组成的？
3. 太阳风来自哪里？
4. 太阳风是如何影响地球及其周边环境的？
5. 太阳风的速度？
6. 给出三处你能找到实时或者存档的太阳风数据的网址，同时指明这些数据的来源（哪个卫星或观测站）。

找到太空天气事件

做什么

搜寻高速太阳风的观测数据。

如何做

你将要通过太阳风的速度和质子密度的直接测量数据来找到至少三次加强的太阳风活动。用增速时间（太阳风速度从正常值增长到峰值的时间）和太阳风速度增长百分比来特征化每次太阳风增强事件。

材料和技能要求

-  Solar wind velocity and density data
太阳风速度数据和质子密度数据
-  表格 A：太阳风时间属性（见 72 页）
-  读图能力
-  基本数学计算能力：百分比的计算，时间的计算。

数据来源

不止一种太阳风数据可供选用，你可以不受限制的选择。下面的实验默认你在使用由 SOHO 卫星 CELIAS/MTOF 设备上的质子监控传感器所提供的太阳风速度和质子密度数据。注意：SOHO 到太阳的距离比地球到太阳的距离近一百万公里。

实验步骤

1. 在 CELIAS/MTOF 网站上找到最近几个月的图表数据或数据清单：“Solar wind data arranged by Carrington rotation.”
2. 从中选择三天的数据，要求在每一天内，太阳风速度都增长超过至少 50% 到 75%。把速度开始增长的时间尽力精确估计到小时。
3. 对于每个你发现的太阳风事件，在 70 页的表 A 里记录：

-  事件开始的日期时间。
-  事件开始时太阳风速度。
-  速度峰值的日期时间
-  太阳风速的峰值

4. 计算增速时间---从事件开始到峰值出现的时间，精确到小时和分钟：

$$\text{增速时间} = \text{峰值时刻 } T_{\max} - \text{初始时刻 } T_{\text{beg}}$$

将结果填入表中相应位置。

5. 计算风速增长率---初始状态到峰值时刻太阳风速度增长的百分比：

$$\text{风速增长率} = ((\text{速度峰值 } V_{\max} - \text{初始速度 } V_{\text{beg}}) / \text{初始速度 } V_{\text{beg}}) * 100\%$$

将结果填入表中相应位置。

表 A：太阳风事件属性

初始日期、时刻	初始速度	峰值日期、时刻	峰值速度	增速时间	风速增长率

从源头跟踪太阳风事件

做什么

你将会尝试辨认并记录可疑的太阳事件（活跃区域，冕洞，日冕物质抛射或者耀斑），作为 69 页“发现太空天气时间”活动中你辨认出的太阳风事件的起源。

如何做

对于每一个你发现的太阳风事件，计算太阳风从太阳传播到地球的大致时间，据此估计扰动离开太阳的时刻。

每一次得到扰动离开太阳的时刻数据，对比 x 射线数据。

检查在你预测的时间拍摄的太阳图片，由此试着找出是哪些可能的太阳事件导致了太阳风的产生。

材料和技能要求

-  筛选过的太阳图像和其它数据
-  你在表 A 中得到的结果：太阳风的属性
-  表 B（见 72 页）：追踪太阳事件

找到事件离开太阳的时刻

对于你在“寻找太空天气事件”的活动中找到的每一个事件，做如下操作：

- 1. 在 72 页的表 B 中，写下事件的日期时间和太阳风的峰值速度。
- 2. 用距离、事件和速度公式计算太阳风用峰值速度从太阳传播到地球的传播时间：

传播时间=距离/速度。

把结果记录在表 B 中。

- 3. 计算事件离开太阳的时刻：
事件离开太阳的时刻=太阳风事件时间—传播时间。

将结果记录在表 B 中。

指出可疑对象

在这部分，你将查找在你预测的事件离开太阳的时刻的当天或前后几天拍摄的太阳图像，对于你在 69 页活动中已经确定的三个天气事件，做如下处理：

- 1. 找到并下载和事件离开太阳时刻最近的太阳图片。推荐：SOHO EIT (特别是 EIT 284), GOES X-ray, and SOHO/LASCO。可见光图片，如 SOHO MDI I-gram，也可能派上用场。
- 2. 在所有的图像上搜索太阳特征：黑子、日冕物质抛射、耀斑、活跃区、冕洞等所有可能成为扰动地球的太阳风的来源。很可能你不能轻易确定一个引发太阳风的明显的候选特征，甚至根本毫无头绪，但是不要灰心。（像理查德·堪灵顿只是恰好有极好的运气！）如果运气不错的话，你能为至少一个事件找到候选特征。请看背景信息部分，特别是“风吹向哪里？”。
- 3. 如果你找到了一个你认为是引发太阳风的太阳特征，请识别出它是哪一种特征，记录在表 B 中。如果你什么都没发现，也写下来。

表 B：跟踪太阳风事件的源头

峰值时刻	峰值速度	传播时间*	离开太阳时刻	可能有关的太阳事件

*你可以在计算中使用日地距离 9 千 3 百万英里（或 1.48 亿公里）。如果你使用 SOHO 的数据，请注意 SOHO 距离太阳比地球要近一百万公里。

找到对地球的其它影响

做什么

你可以扩大对影响地球的太阳事件的搜索范围，从而包括更多的现象和表征。

如何做

网上有许多地方可供寻找数据、报告和其它关于太阳事件（极光、地磁扰动、放射风暴、太阳耀斑、物质抛射）的信息。

请浏览网络看你能否找到更多的关于地球或者太阳情景的报告——这些报告可能与你找到天气事件有关。

在活动报告中总结你的发现。

下面是一些建议：

📄 在 CELIAS/MOTF/PM 网页上(<http://umtof.umd.edu/pm/>)，在 *Interplanetary shocks and other interesting events* 子目录下，找找看是否有你用质子监控图像发现的太阳风事件对应的日期时间（这个列表并不完全，所以如果你没有找到请不必担心）。

📄 在 NOAA 太空天气中心网站上(<http://www.sec.noaa.gov/>)，读完 *Reports/Summaries* 子目录下的太阳和太空天气事件报告和数据的存档。顺便看看卫星环境图像的档案

资源下载网址

斯坦福太阳中心: solar-center.stanford.edu/

全景太阳数据图: soi.stanford.edu/data/full_farside/

空间天气相关: www.spaceweather.com/

耀斑相关, 美国宇航局/戈达德空间飞行中心: solarscience.msfc.nasa.gov/flares.htm

SOHO: sohowww.nascom.nasa.gov/

数据档案: sohowww.nascom.nasa.gov/cgi-bin/realtime_query

全太阳磁场图: soi.stanford.edu/data/full_farside/

太空环境中心: www.sec.noaa.gov/

国家地球物理数据中心太阳黑子档案:

www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/ftpsunspotnumber.html

F 由 CELIAS/MTOF 测量的太阳风速度和质子密度数据: umtof.umd.edu/pm/

术语表

埃, 长度单位(Angstrom, unit of length): 常用于表达电磁辐射的波长的一个小的长度单位。1 埃 = 10^{-10} 米。

背地面(Farside): 在太阳上距离地球较远的、在给定的时刻无法被地球上的观察者直接观测到的那半部分。参加向地面 (Earthside)。

赤道(Equator): 在球体表面位于两极正中间, 或者说是与地轴垂直、位于南北中间的一个圆圈。对于地球和太阳来讲, 赤道就定义为纬度为零度的区域。

赤道面(Equatorial plane): 一个想象中的, 与球体赤道相重合的无限平面, 该球体可能是地球、太阳、其他行星、月球或者恒星。

磁场(Magnetic field): 由于电荷的加速运动而产生的电磁力场, 例如在电磁石中、在地球的铁核区以及在太阳等离子区的磁场。

磁力图(Magnetogram, M-gram): 显示太阳光球层的强磁力区及其极性 (N 或 S 极) 的地图。磁力图来源于对太阳磁场内部 气体所发射出来的光的偏振的测量。

磁气圈(Magnetosphere): 由地球、太阳或其他具有磁场的行星或卫星所产生的总磁场。

等角纬度(Conformal latitude): 在一个球面的正交投影地图中, 距赤道越远, 水平距离 (东西向) 越伸展。等角纬度是指将南北向的距离和东西向的距离以同样比例度量所得到的纬度。

等离子(Plasma): 固态、液态、气态之外的“第四物态”。等离子是原子受高温或高能电磁辐射影响, 或因其与高能粒子相互作用而被电离的气体。等离子是带电荷的, 磁场对其有显著影响。

地磁暴(Geomagnetic storm): 由日冕物质抛射引起的地表磁场的扰动。地磁暴可使导体中产生感应电流。人们已经了解到, 地磁暴会使输电网络超负荷, 并且会损坏输油管道。

电磁辐射(Electromagnetic radiation): 由电磁波构成的各种辐射。根据电磁辐射的波长可划分为可见光, X 射线, 紫外线, 红外线, 微波和无线电波。

电离层(Ionosphere): 位于地球大气层上部, 由不同层的被太阳紫外线辐射所电离的气体组成。

多普勒效应(Doppler Effect): 由于波源和观察者相对速度的差异而引起的一种音调或频率发生变化的波现象, 如声波和光波等。

伽玛辐射(Gamma radiation): 能量最强、波长最短的电磁辐射。

格林威治时间 (Greenwich Mean Time, GMT): GMT 是全球标准时间, 它基于本初子午线上英国格林威治的时间 (事实上, 格林威治这个城市定义了作为地球经度参照的本初子午线)。UT 是天文学家所使用的世界时间, 为了实际应用的方便它和 GMT 相等。

光球层(Photosphere): 由可见光组成的太阳的可见“表面”。它的字面含义即是“由光组成的球”。

黑子相对数(Relative Sunspot Number): 通过观测太阳黑子和太阳黑子群来计算和报告太阳每天的总体磁活动的一种传统方法。计算黑子相对数的公式为 $R = k(10g + s)$, 其中 g 是太阳黑斑群的数量, s 是单独的太阳黑子的数量, k 是一个依赖于用于观测太阳黑子的望远镜的大小/性能和观测条件的变量。

横向运动(Lateral motion): 被观测物体的总运动中的侧向运动部分。如果物体是直接朝向或背离观测者运动, 那么该物体没有横向运动 (此时观测不到侧向运动); 该物体的全部运动都是沿着视线方向的纵向运动。

活动区(Active region): 位于太阳光球层和大气层, 具有持续增强的、剧烈的电磁活动的区域。位于太阳光球层的活动区常以太阳黑子为特征; 位于太阳光球层之上的大气层的活动区则在紫外线和 X 射线图象中显示有过热气体和电磁结构的存在。

极光(Aurora): 北极光和南极光；发源于两极地区的高层大气，由地球磁气圈活跃的等离子体和电离层被电离的气体之间的碰撞和相互作用而产生。

假彩色(False color): 为了人为的突出，或是使图象或数据集合中的数据在数量或质量上的可见度更显著而选定的颜色。在太阳成像中一定要人为的上色，比如 X 射线或是太阳的紫外线图象，这是因为这些形式的光是不可见光，因而自身是没有颜色的。

伽利略(Galileo Galilei): 文艺复兴时期的天文学家。他被公认为在 1610 年，在人类历史上首次利用望远镜观测天体。在其他观测中，伽利略记录并追踪了太阳黑子，并首次由观测到的证据提出，太阳黑子是太阳表面的特征。

角速度(Angular velocity): 物体旋转的速度，通常指每单位时间内转过的度数（例如，每分钟转过的度数，每天转过的度数等）。

近地面(Earthside): 在任何时刻都能被地球上的观察者直接观测到的那半部分太阳表面。参见背地面（Farside）。

经度(Longitude): 沿着球面、在子午线和基准子午线之间沿东西方向度量出的角距离。

卡尔文温标(Kelvin, temperature scale): 以绝对零度作为零度的温度。绝对零度是可能存在的最低的温度，在该温度下一切原子和分子的运动都会停止。0 卡尔文 = -273 摄氏度。

卡林顿坐标(Carrington coordinates): 太阳光球层的纬度/经度系统，其中经度的子午线随太阳的旋转而旋转，这与地球系统中的纬度/经度随地球而自转，以便建立对于地面上固定的物体来说是稳定不变的地理坐标是类似的。

空间天气(Space weather): 在地球大气层和磁器圈之外的电磁辐射和粒子流动的情况，主要由太阳活动引起，包括太阳风以及其中由日冕物质抛射所引起扰动，耀斑以及冕洞。

亮度图象(Intensity-gram, I-gram): 由测量来自同一物体不同部位的光的强度（或亮度）的差异而形成的图象。这是“照片”的另一种比较酷的说法。

冕洞(Coronal hole): 位于日冕的一个区域, 在该区域磁场线延伸到太空, 使得太阳大气的等离子体能够逃逸。冕洞在远紫外区和 X 射线图象中是颜色较深的区域, 这是因为这些电磁开放区和“无拘束”区相对于电磁活动区和封闭区而言, 受热较少。

内动(Intrinsic motion): 一个被观测物体的实际运动, 和因观测者的运动而被感觉到的物体运动相对。

偏振(Polarization): 在电磁辐射中, 大部分光波朝向同一方向“排列”, 即偏振。引起光的偏振的原因有很多, 包括光的反射、光穿过某些透明物质、经过偏振片等。当光发射出的原子或分子受磁场影响朝向同一方向旋转时也会发生偏振。

日冕(Corona): 位于太阳色球层之上的太阳大气层的部分, 并向太空中延展了很长的距离。

日面的(Heliographic): 和太阳“地理”有关的, 通常和太阳上经纬度系统相关。

日冕物质抛射(Coronal mass ejection): 从太阳爆发的炙热的等离子体和磁场, 常包含大量的运动速度高达百万英里以上的物质(多为氢离子和电子)。

日震学(Helioseismology): 通过观测由穿过太阳的震波或声波引起的多普勒效应, 推断太阳内部结构和环境的新兴科学。

色球(Chromosphere): 位于太阳光球层上方的太阳大气层中紧挨太阳光球层的部分。色球的字面解释即为有颜色的球。

世界时间(Universal Time, UT): 见格林威治时间。

斯托尼赫斯特圆盘(Stonyhurst Disks): 在一年之中的不同时间, 在地球上以不同视角观测太阳所绘制的一系列纬度/经度坐标网。斯托尼赫斯特圆盘用于度量太阳黑子和太阳活动区的经纬度。

太阳边缘(Limb, solar): 观测者所看到的太阳圆盘的“边缘”。太阳边缘标记了太阳向地面和背地面之间的分界线。

太阳风(Solar wind): 从太阳发射出来的太阳等离子体和电磁场的恒流。尽管非常稀薄，流过地球的太阳风的速度不低于 200 至 400 公里每秒。

太阳黑子(Sunspot): 受太阳内部产生的强磁场影响而被冷却的太阳光球层上的区域。典型的太阳黑子的温度为 3000 到 4000 摄氏度左右，而太阳光球层的平均温度为 6000 摄氏度。

太阳黑子群(Sunspot group): 位于太阳光球层上的和同一电磁扰动有关的一系列太阳黑子。位于同一纬度、并且彼此经度相差不超过 10 度的一群太阳黑子就被认为属于同一太阳黑子群。

太阳活动顶峰期，低谷期(Solar maximum, minimum): 太阳电磁活动水平最高和最低的时期，分别对应太阳活动周期的波峰和波谷。

太阳活动周期(Solar cycle): 太阳电磁活动中两个连续的高峰之间的时间跨度。该周期已经由最近几个世纪观测到的数据得到，尽管得到得周期不尽相同，但总体来说都是十一年左右。

太阳极点(Poles—solar): 太阳表面上的两点，即北极和南极，与想象中的太阳自转轴相交。相当于地球上的北极和南极。

太阳视动(Apparent motion, Sun): 由于地球自转引起的每天所观察到的太阳在天空中的运动。

太阳自转—恒星旋转，相合旋转(Rotation, solar—sidereal, synodic): 太阳的恒星旋转与参照恒星所固定的“参照系”相关。太阳赤道的一个恒星旋转用时大约 25.38 天。太阳的相合旋转与参照地球所建立的运动参照系相关，后者随太阳旋转而绕其旋转。从我们在地球上的观点来看，我们认为太阳赤道的旋转周期为 27.2753 天。

天文单位 (Astronomical Unit, AU): 平均日地距离，相当于 149,597,870,691 米或 92,956,000 英里。

通量(Flux): 总的来说, 是指在某一个给定的时间段, 射入一个实际存在或想象中的面的能量或物质的总量。例如, 日光通量就是指每秒射入一平方米的表面的太阳能的总量, 即瓦特每平方米。

图象标度(Scale, image): 图象上的距离和该图象所代表的实际距离之比。

纬度(Latitude): 沿着球面、从赤道指向正南或正北的两极方向度量出的角距离。

X 射线(X-ray): 波长小于紫外线但长于伽玛射线的电磁辐射。

旋转微分(Rotation, differential): 位于不同纬度的太阳表面的旋转速度的差异。

耀斑(Flare): 由强烈扭曲的磁场分解和重组引起的相对较小、集中、高能的超热日冕气体爆炸。

耀斑等级(Flare, classes): 对耀斑能量等级划分的度量, 和用于度量地震能量的里氏震级类似。太阳耀斑等级的度量基于该耀斑 X 射线的亮度, 而 X 射线的亮度是由范围在 1 至 8 埃的波长所衡量的。

正交投影(Rectangular projection): 将一个球面投影到平面矩形地图的一种方法。

转动轴(Axis of rotation): 物体旋转所围绕的一根虚拟的线。

紫外线(Ultraviolet): 波长小于可见光但长于 X 射线的电磁辐射。

子午线(Meridian): 想象中的沿着球体表面的南北走向的线, 以两极作为端点。

纵向运动(Line-of-sight motion): 被观测物体的总运动中的朝向或背离观测者的运动部分。参见横向运动。

GOES 卫星: 地球同步环境观测卫星(Geostationary Operational Environmental Satellite)。在其他测量中, GOES 卫星也监测太阳 X 射线的发射。

MDI: 迈克耳逊多普勒成像仪(Michelson Doppler Imager)，搭载在 SOHO 航天器上的仪器，拍摄太阳的亮度图象和磁力图。

SOHO: 欧洲宇航局的太阳与日球观测站(*Solar and Heliospheric Observatory*)。

National Science Content Standards

Grades 5-8

UNDERSTANDINGS ABOUT SCIENTIFIC INQUIRY

-  Different kinds of questions suggest different kinds of scientific investigations. Some investigations involve observing and describing objects, organisms, or events; some involve collecting specimens; some involve experiments; some involve seeking more information; some involve discovery of new objects and phenomena; and some involve making models.
-  Current scientific knowledge and understanding guide scientific investigations. Different scientific domains employ different methods, core theories, and standards to advance scientific knowledge and understanding.
-  Mathematics is important in all aspects of scientific inquiry.
-  Technology used to gather data enhances accuracy and allows scientists to analyze and quantify results of investigations.
-  Scientific explanations emphasize evidence, have logically consistent arguments, and use scientific principles, models, and theories. The scientific community accepts and uses such explanations until displaced by better scientific ones. When such displacement occurs, science advances.
-  Science advances through legitimate skepticism. Asking questions and querying other scientists' explanations is part of scientific inquiry. Scientists evaluate the explanations proposed by other scientists by examining evidence, comparing evidence, identifying faulty reasoning, pointing out statements that go beyond the evidence, and suggesting alternative explanations for the same observations.
-  Scientific investigations sometimes result in new ideas and phenomena for study, generate new methods or procedures for an investigation, or develop new technologies to improve the collection of data. All of these results can lead to new investigations.

PHYSICAL SCIENCES: MOTIONS AND FORCES

-  The motion of an object can be described by its position, direction of motion, and speed. That motion can be measured and represented on a graph.
-  An object that is not being subjected to a force will continue to move at a constant speed and in a straight line.

PHYSICAL SCIENCES: TRANSFER OF ENERGY

-  Energy is a property of many substances and is associated with heat, light, electricity, mechanical motion, sound, nuclei, and the nature of a chemical. Energy is transferred in many ways.
-  Heat moves in predictable ways, flowing from warmer objects to cooler ones, until both reach the same temperature.

- ☐ Light interacts with matter by transmission (including refraction), absorption, or scattering (including reflection). To see an object, light from that object--emitted by or scattered from it--must enter the eye.
- ☐ In most chemical and nuclear reactions, energy is transferred into or out of a system. Heat, light, mechanical motion, or electricity might all be involved in such transfers.
- ☐ The sun is a major source of energy for changes on the earth's surface. The sun loses energy by emitting light. A tiny fraction of that light reaches the earth, transferring energy from the sun to the earth. The sun's energy arrives as light with a range of wavelengths, consisting of visible light, infrared, and ultraviolet radiation.

EARTH AND SPACE SCIENCE: EARTH IN THE SOLAR SYSTEM

- ☐ The earth is the third planet from the sun in a system that includes the moon, the sun, eight other planets and their moons, and smaller objects, such as asteroids and comets. The sun, an average star, is the central and largest body in the solar system.
- ☐ The sun is the major source of energy for phenomena on the earth's surface, such as growth of plants, winds, ocean currents, and the water cycle. Seasons result from variations in the amount of the sun's energy hitting the surface, due to the tilt of the earth's rotation on its axis and the length of the day.

SCIENCE AND TECHNOLOGY: UNDERSTANDINGS ABOUT SCIENCE AND TECHNOLOGY

- ☐ Scientific inquiry and technological design have similarities and differences. Scientists propose explanations for questions about the natural world, and engineers propose solutions relating to human problems, needs, and aspirations. Technological solutions are temporary; technologies exist within nature and so they cannot contravene physical or biological principles; technological solutions have side effects; and technologies cost, carry risks, and provide benefits.
- ☐ Science and technology are reciprocal. Science helps drive technology, as it addresses questions that demand more sophisticated instruments and provides principles for better instrumentation and technique. Technology is essential to science, because it provides instruments and techniques that enable observations of objects and phenomena that are otherwise unobservable due to factors such as quantity, distance, location, size, and speed. Technology also provides tools for investigations, inquiry, and analysis.

SCIENCE IN PERSONAL AND SOCIAL PERSPECTIVES: NATURAL HAZARDS

- ☐ Internal and external processes of the earth system cause natural hazards, events that change or destroy human and wildlife habitats, damage property, and harm or kill humans. Natural hazards include earthquakes, landslides, wildfires, volcanic eruptions, floods, storms, and even possible impacts of asteroids.
- ☐ Natural hazards can present personal and societal challenges because misidentifying the change or incorrectly estimating the rate and scale of change may result in either

too little attention and significant human costs or too much cost for unneeded preventive measures.

Grades 9-12

SCIENCE AS INQUIRY: UNDERSTANDINGS ABOUT SCIENTIFIC INQUIRY

- ▣ Scientists usually inquire about how physical, living, or designed systems function. Conceptual principles and knowledge guide scientific inquiries. Historical and current scientific knowledge influence the design and interpretation of investigations and the evaluation of proposed explanations made by other scientists.
- ▣ Scientists conduct investigations for a wide variety of reasons. For example, they may wish to discover new aspects of the natural world, explain recently observed phenomena, or test the conclusions of prior investigations or the predictions of current theories.
- ▣ Scientists rely on technology to enhance the gathering and manipulation of data. New techniques and tools provide new evidence to guide inquiry and new methods to gather data, thereby contributing to the advance of science. The accuracy and precision of the data, and therefore the quality of the exploration, depends on the technology used.
- ▣ Mathematics is essential in scientific inquiry. Mathematical tools and models guide and improve the posing of questions, gathering data, constructing explanations and communicating results.
- ▣ Scientific explanations must adhere to criteria such as: a proposed explanation must be logically consistent; it must abide by the rules of evidence; it must be open to questions and possible modification; and it must be based on historical and current scientific knowledge.
- ▣ Results of scientific inquiry--new knowledge and methods--emerge from different types of investigations and public communication among scientists. In communicating and defending the results of scientific inquiry, arguments must be logical and demonstrate connections between natural phenomena, investigations, and the historical body of scientific knowledge. In addition, the methods and procedures that scientists used to obtain evidence must be clearly reported to enhance opportunities for further investigation.

PHYSICAL SCIENCE: INTERACTIONS OF ENERGY AND MATTER

- ▣ Waves, including sound and seismic waves, waves on water, and light waves, have energy and can transfer energy when they interact with matter.
- ▣ Electromagnetic waves result when a charged object is accelerated or decelerated. Electromagnetic waves include radio waves (the longest wavelength), microwaves, infrared radiation (radiant heat), visible light, ultraviolet radiation, x-rays, and gamma rays. The energy of electromagnetic waves is carried in packets whose magnitude is inversely proportional to the wavelength.

EARTH AND SPACE SCIENCE: ENERGY IN THE EARTH SYSTEM

-  Earth systems have internal and external sources of energy, both of which create heat. The sun is the major external source of energy. Two primary sources of internal energy are the decay of radioactive isotopes and the gravitational energy from the earth's original formation.

SCIENCE AND TECHNOLOGY: UNDERSTANDINGS ABOUT SCIENCE AND TECHNOLOGY

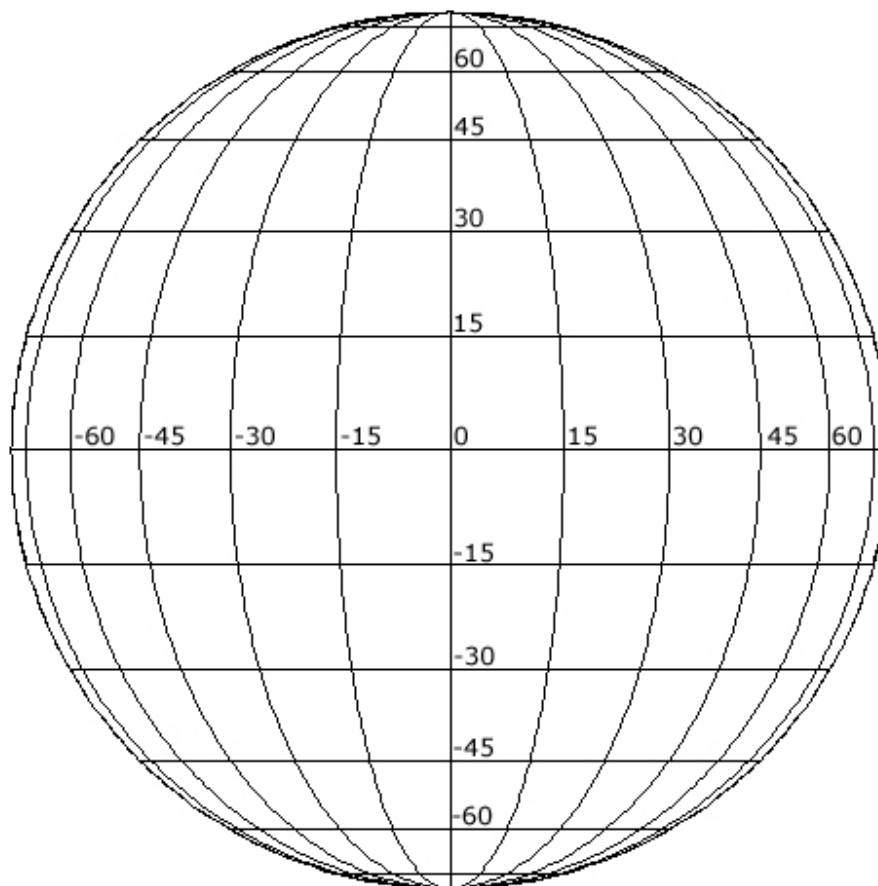
-  Scientists in different disciplines ask different questions, use different methods of investigation, and accept different types of evidence to support their explanations. Many scientific investigations require the contributions of individuals from different disciplines, including engineering. New disciplines of science, such as geophysics and biochemistry often emerge at the interface of two older disciplines.
-  Science often advances with the introduction of new technologies. Solving technological problems often results in new scientific knowledge. New technologies often extend the current levels of scientific understanding and introduce new areas of research.
-  Creativity, imagination, and a good knowledge base are all required in the work of science and engineering.
-  Science and technology are pursued for different purposes. Scientific inquiry is driven by the desire to understand the natural world, and technological design is driven by the need to meet human needs and solve human problems. Technology, by its nature, has a more direct effect on society than science because its purpose is to solve human problems, help humans adapt, and fulfill human aspirations. Technological solutions may create new problems. Science, by its nature, answers questions that may or may not directly influence humans. Sometimes scientific advances challenge people's beliefs and practical explanations concerning various aspects of the world.

SCIENCE IN PERSONAL AND SOCIAL PERSPECTIVES: NATURAL AND HUMAN-INDUCED HAZARDS

-  Normal adjustments of earth may be hazardous for humans. Humans live at the interface between the atmosphere driven by solar energy and the upper mantle where convection creates changes in the earth's solid crust. As societies have grown, become stable, and come to value aspects of the environment, vulnerability to natural processes of change has increased.
-  Some hazards, such as earthquakes, volcanic eruptions, and severe weather, are rapid and spectacular. But there are slow and progressive changes that also result in problems for individuals and societies. For example, change in stream channel position, erosion of bridge foundations, sedimentation in lakes and harbors, coastal erosions, and continuing erosion and wasting of soil and landscapes can all negatively affect society.

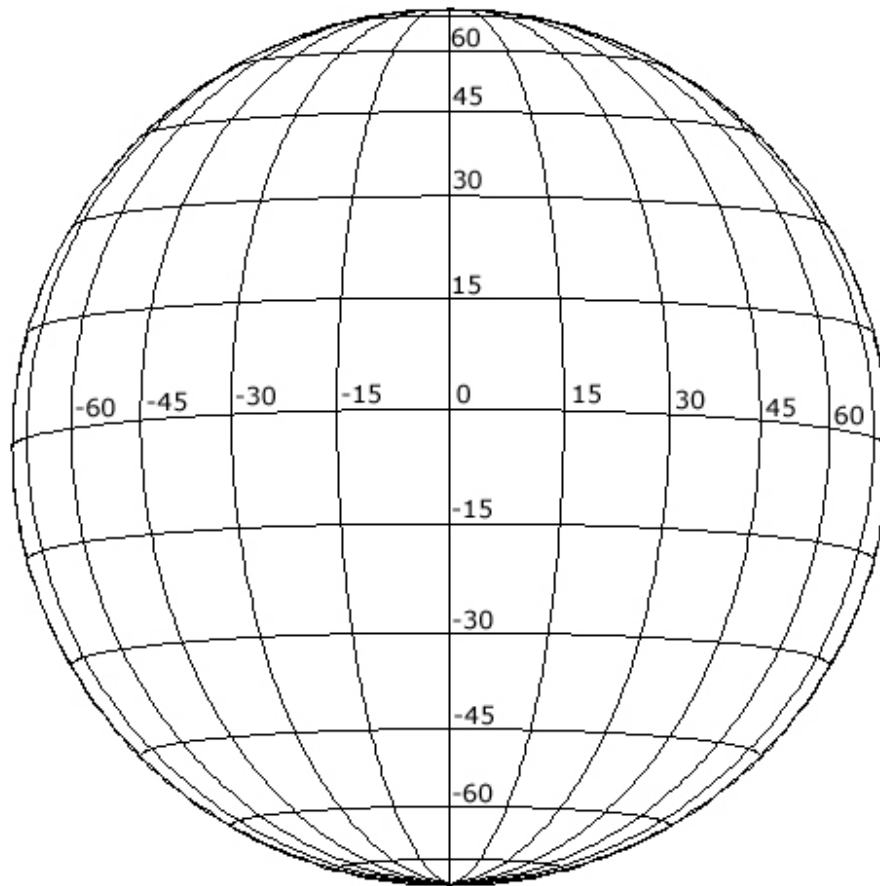
Stonyhurst Disks

June 7 and December 7 ($B0 = 0$)



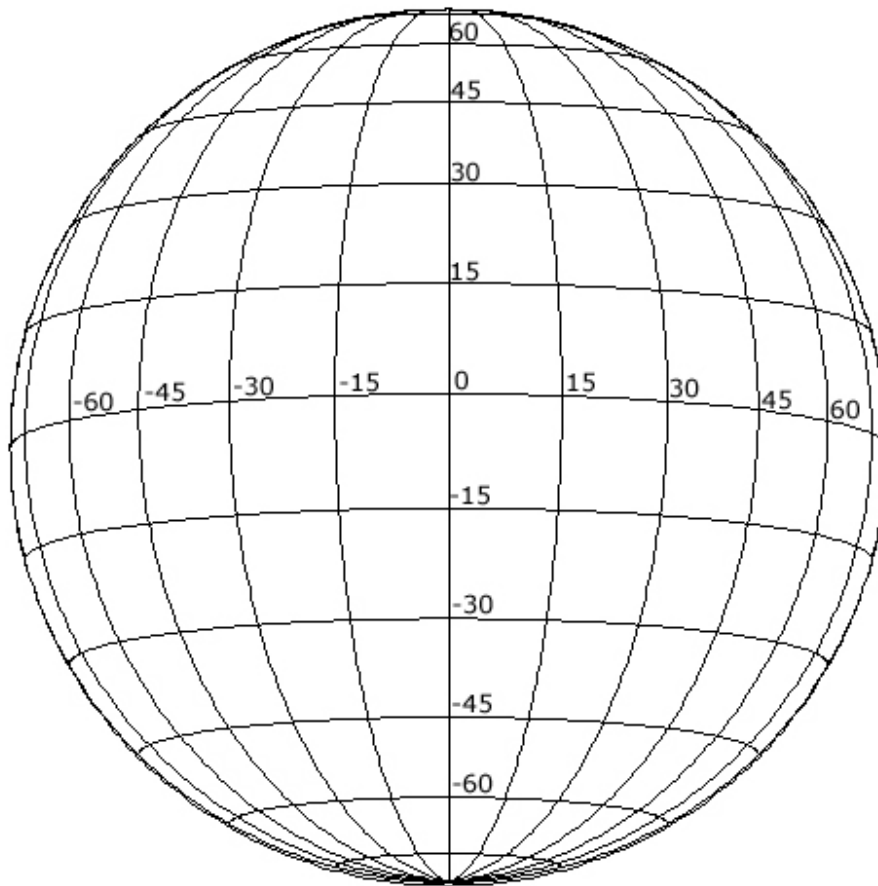
June 7, December 7 ($B0 = 0$)

January ($B0 = -5$)



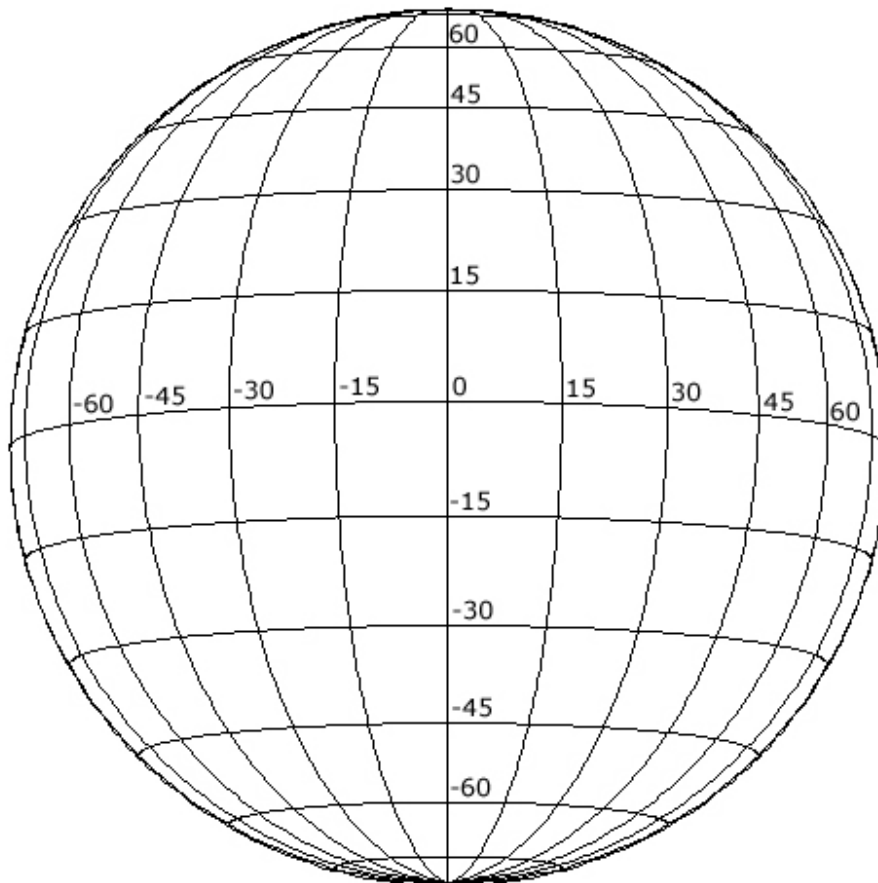
January ($B0 = -5$)

February, March ($B0 = -7$)



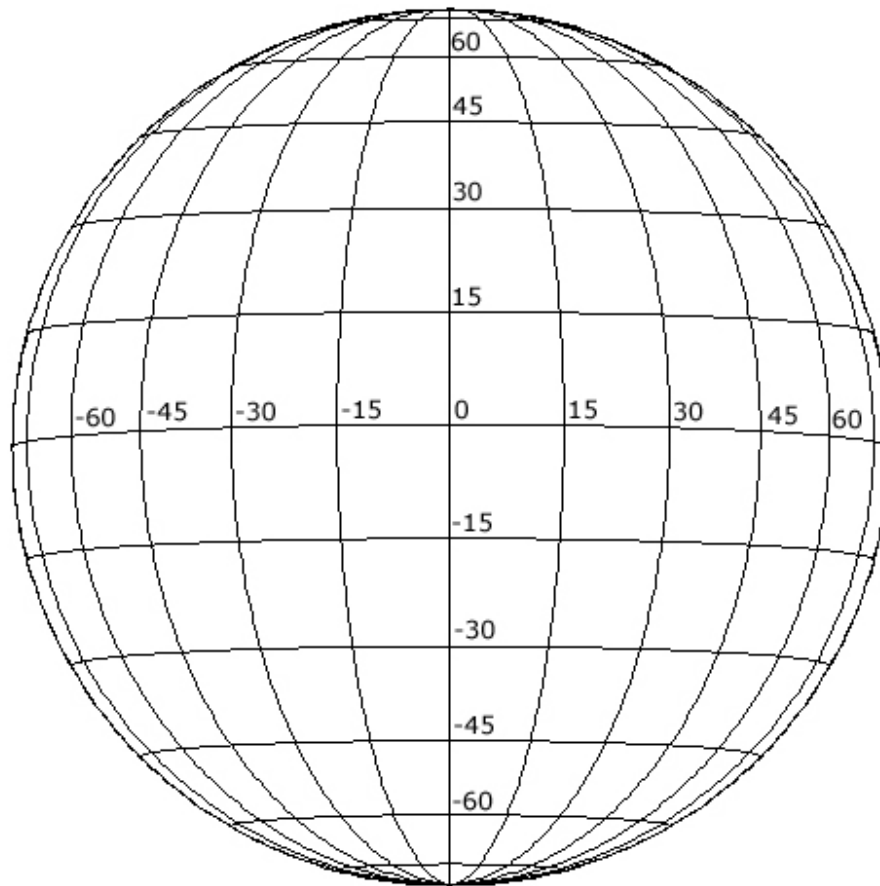
February, March ($B0 = -7$)

April ($B0 = -6$)



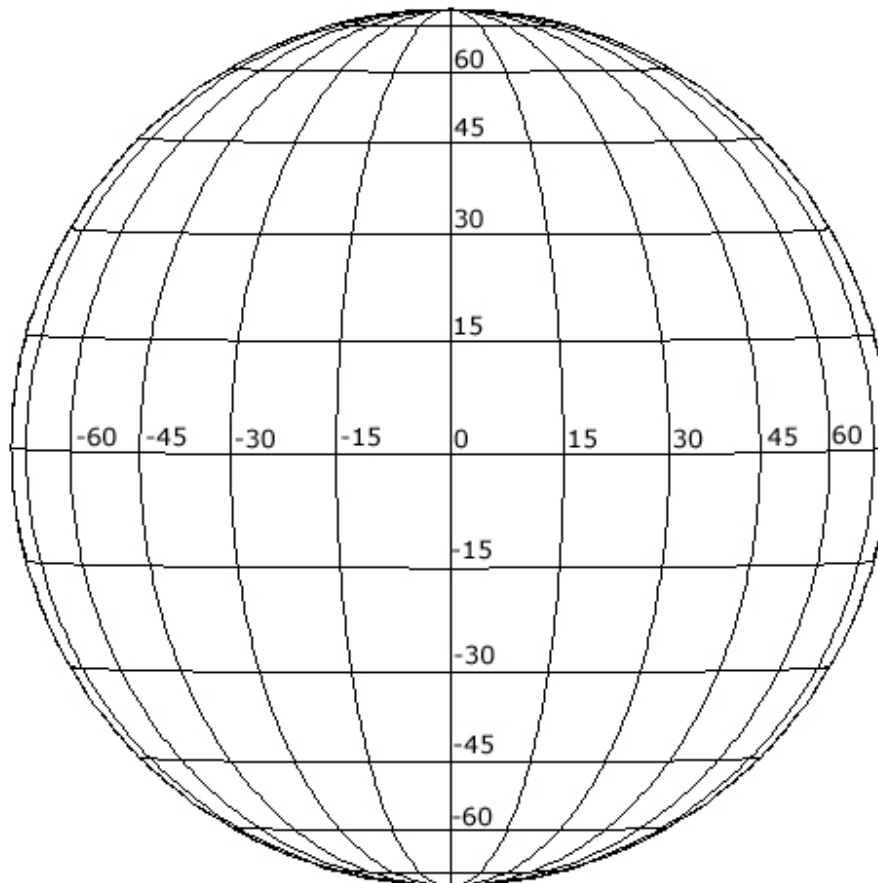
April ($B0 = -6$)

May ($B0 = -3$)



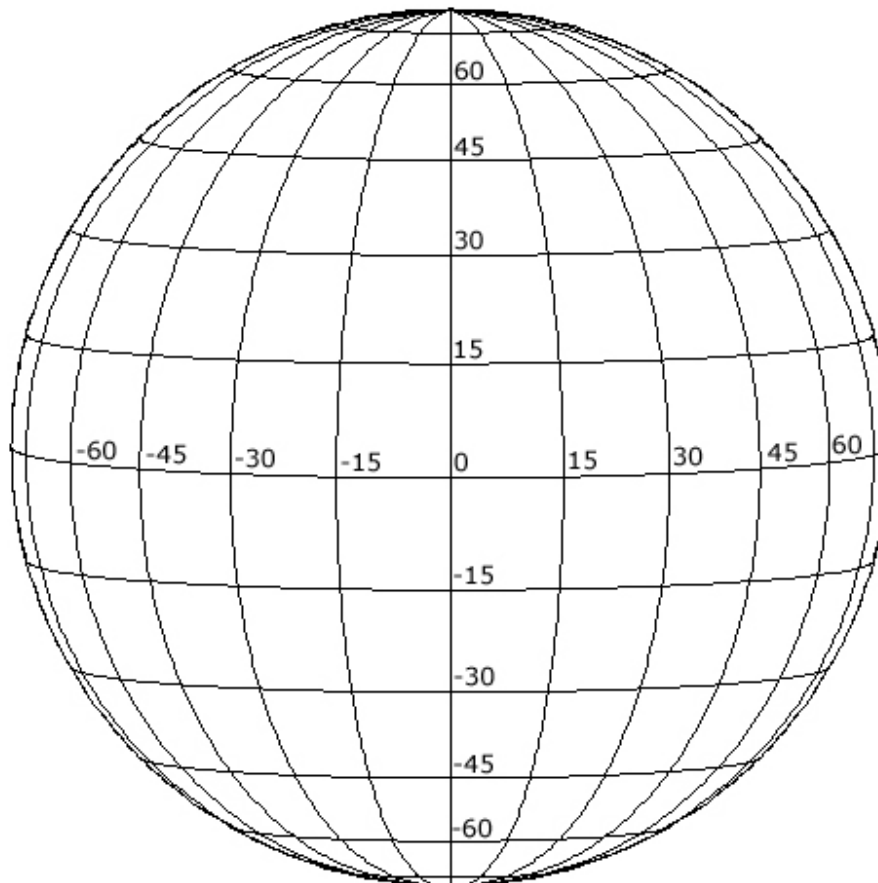
May ($B0 = -3$)

June ($B0 = +1$)



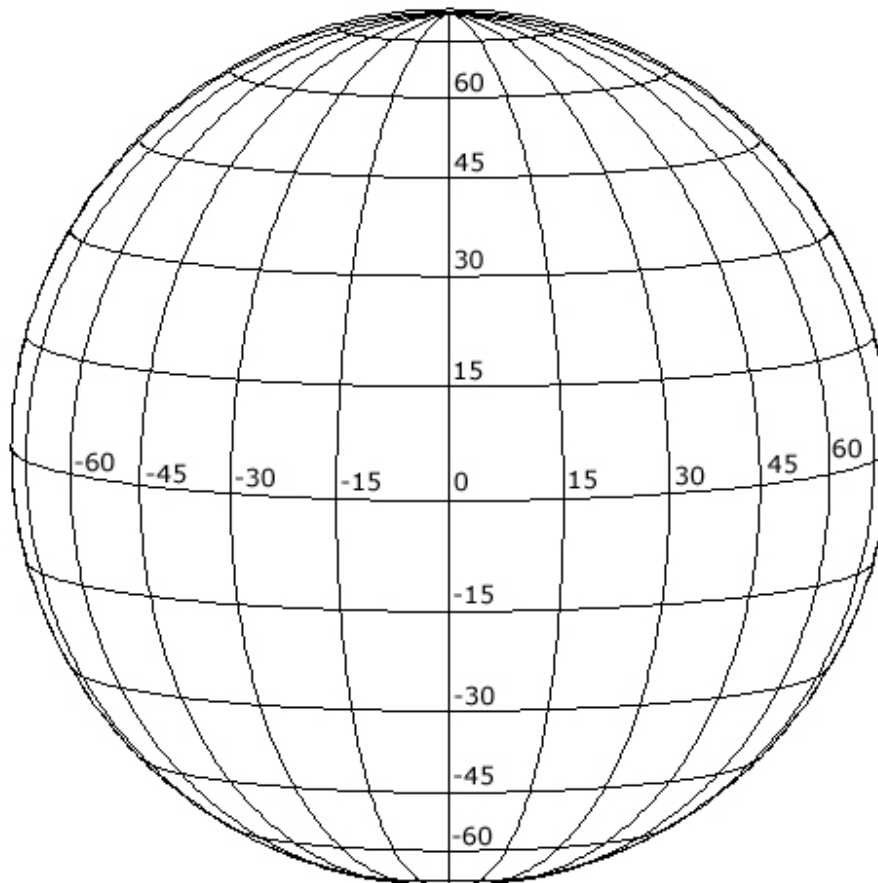
June ($B0 = +1$)

July (B0 = +4)



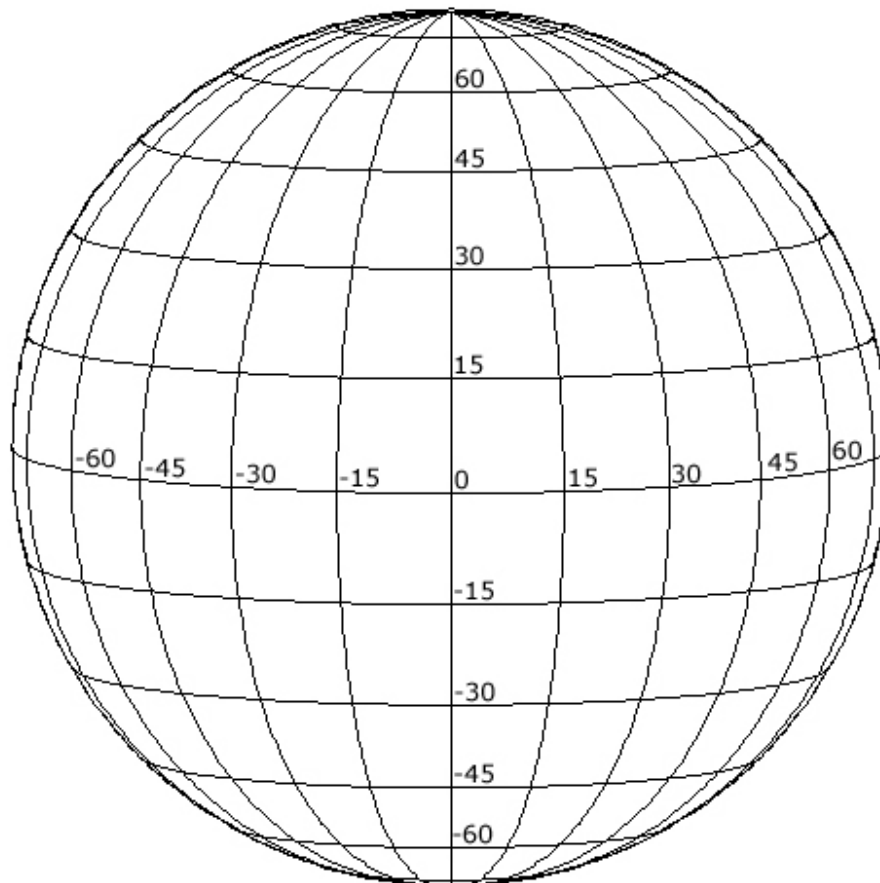
July (B0 = +4)

August, September ($B0 = +7$)



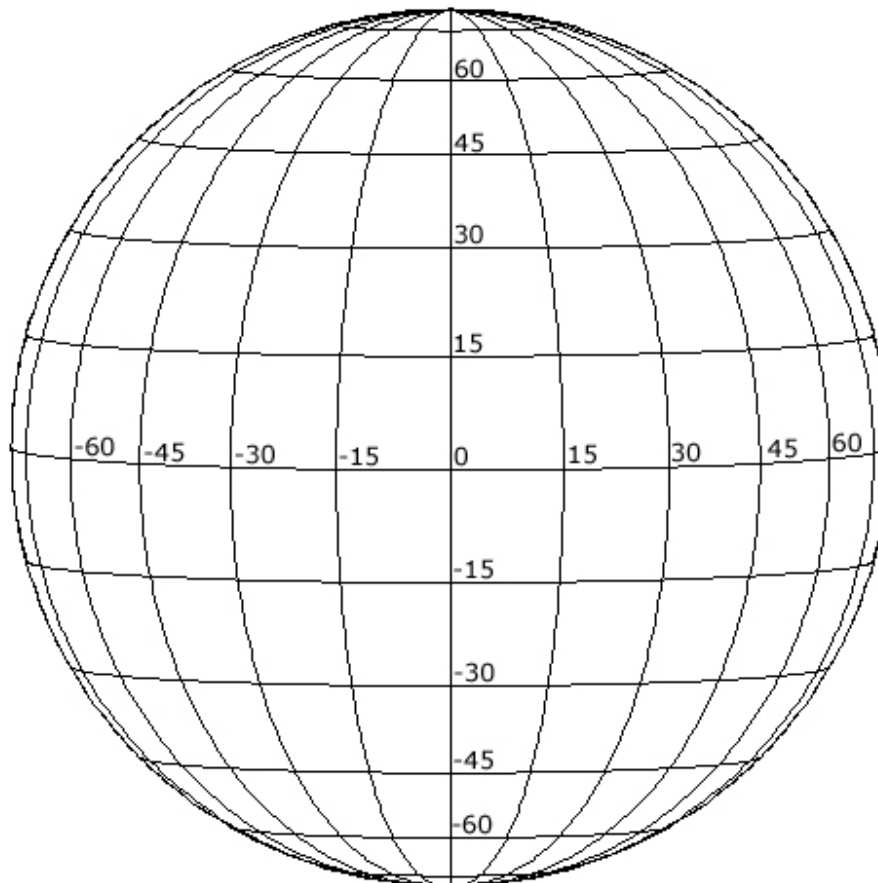
August, September ($B0 = +7$)

October ($B0 = +6$)



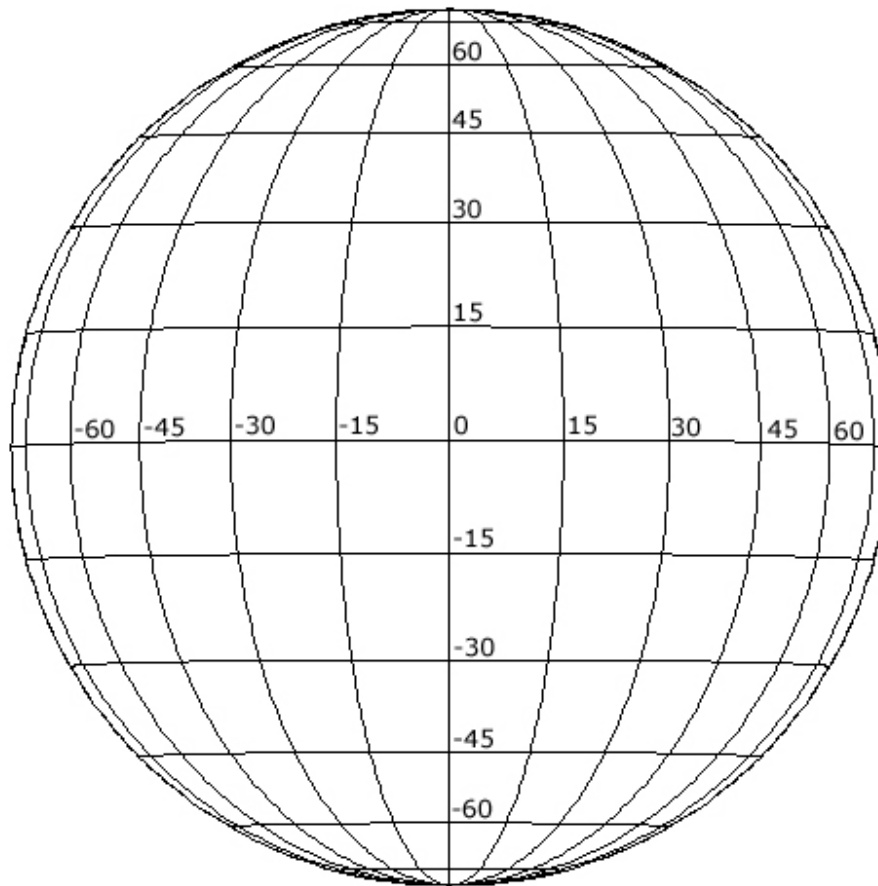
October ($B0 = +6$)

November ($B0 = +3$)



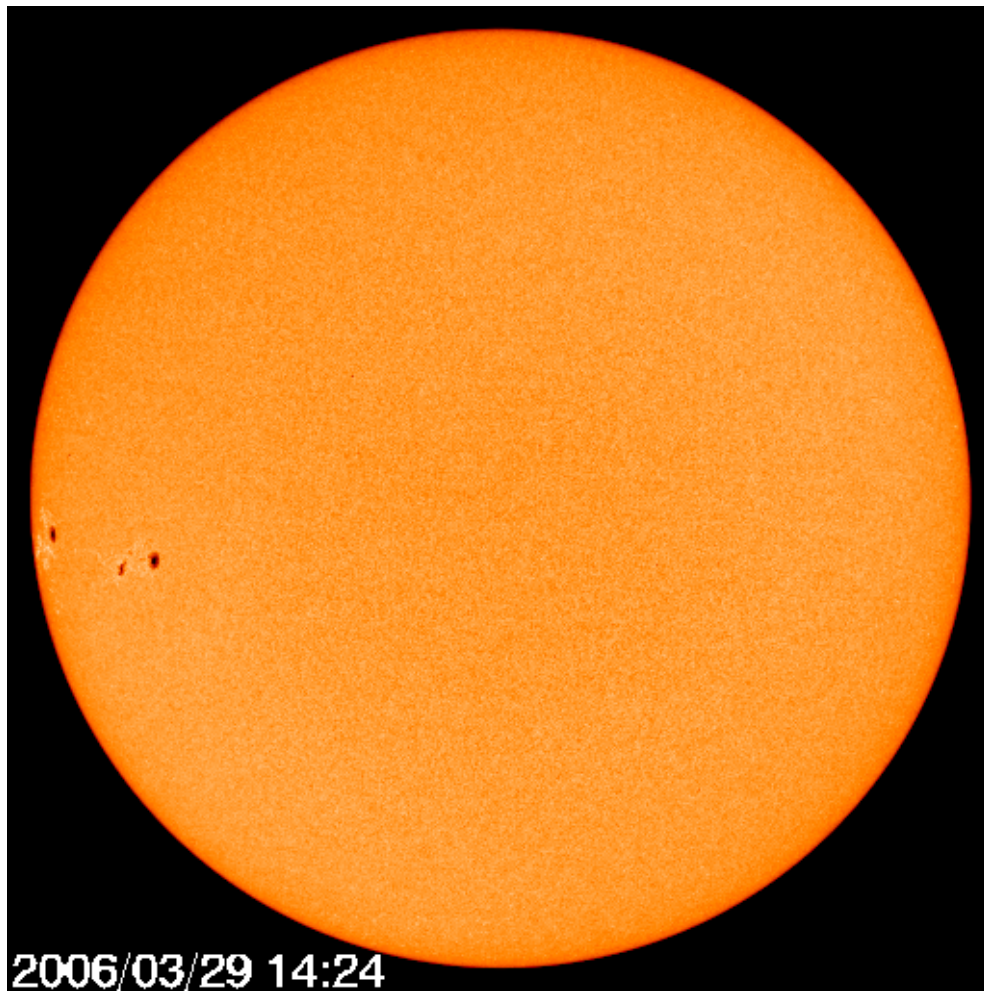
November ($B0 = +3$)

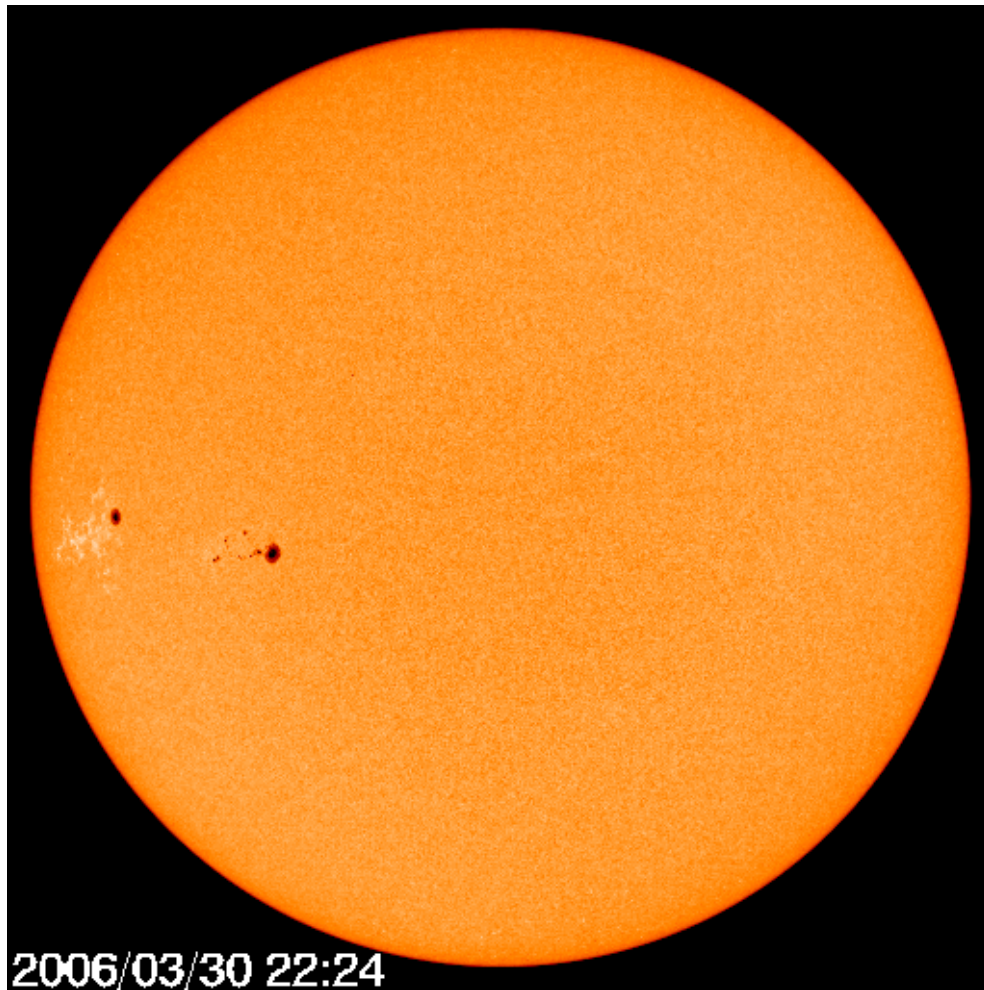
December ($B0 = -1$)

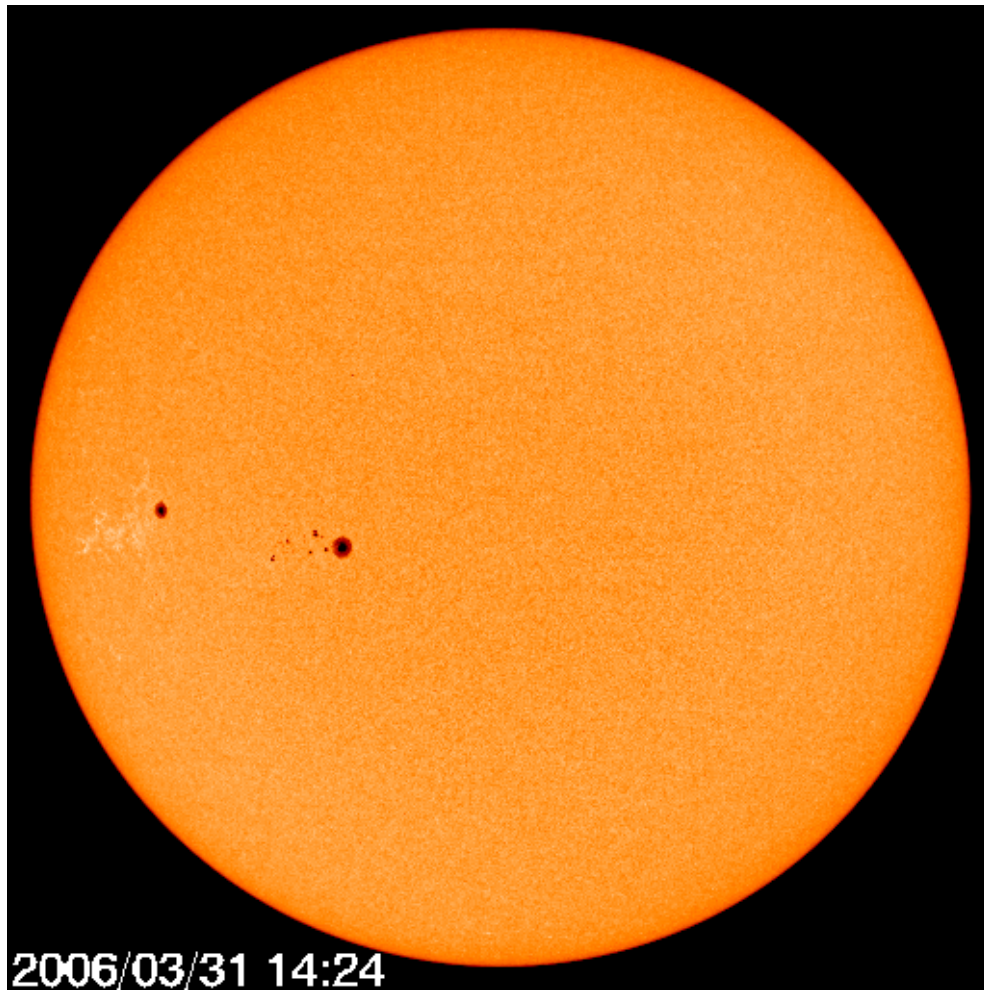


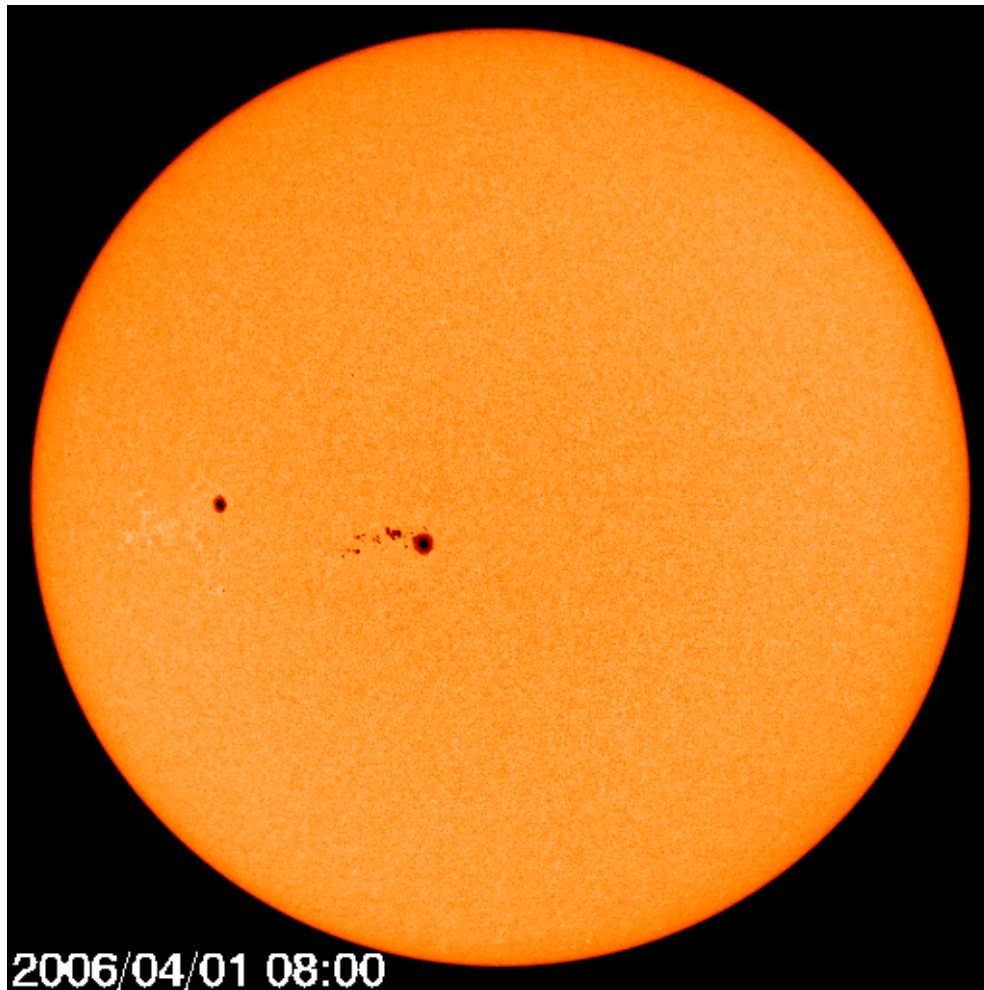
December ($B0 = -1$)

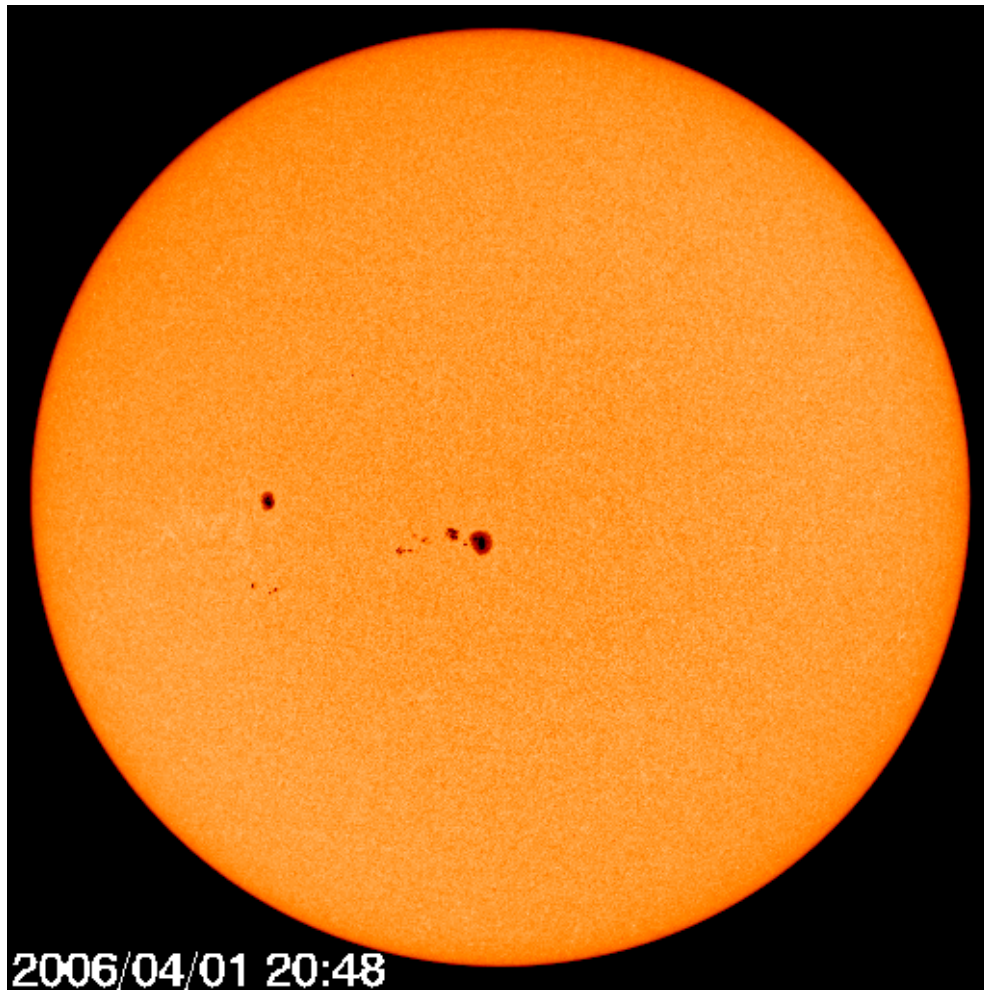
Sample SOHO MDI I-grams

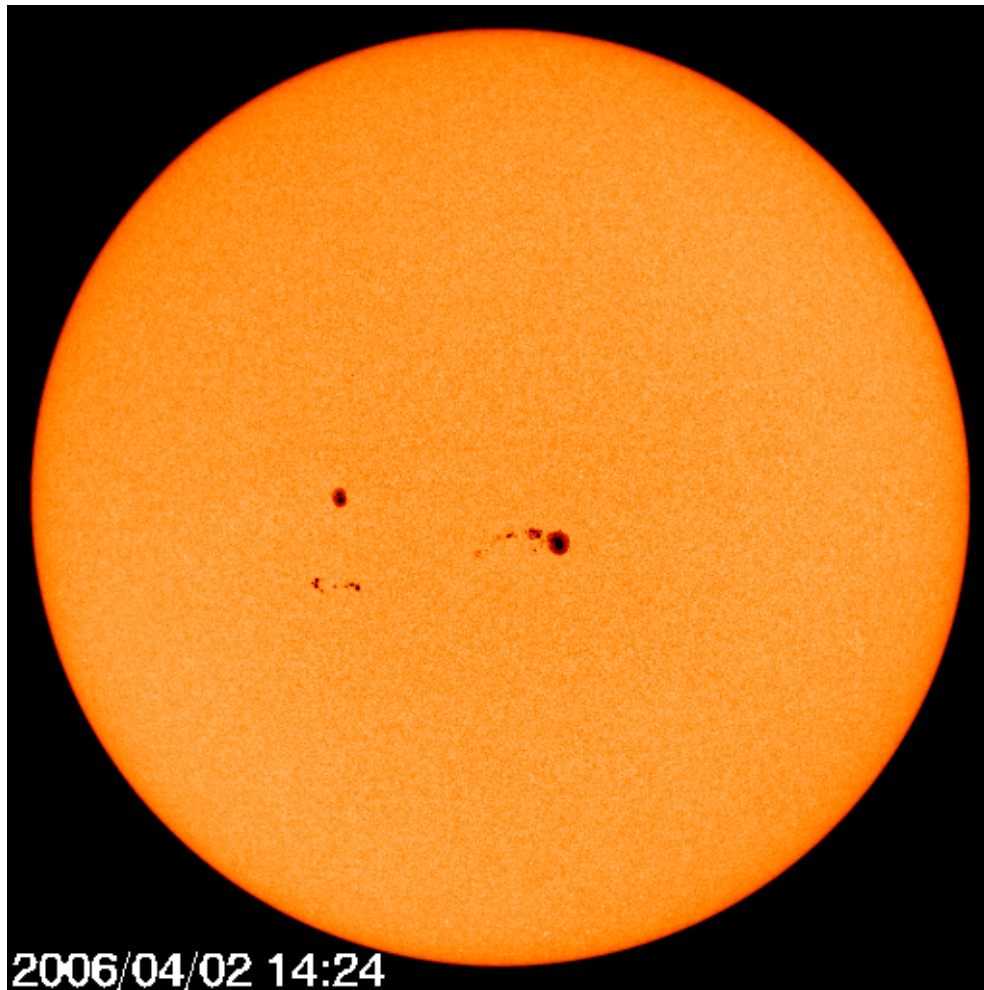












Blank Rectangular Coordinate Grids

