

# 第十四届国际天文与天体物理奥林匹克竞赛

## 观测(太阳物理)试题

哥伦比亚 波哥大(线上) 2021年11月16日

### 与太阳击掌

在你开始这次考试之前, 请阅读一般说明.

太阳周期25正在升温! 它从2019年12月开始, 将在2025年达到顶峰. 新周期的开始意味着在大约2025年中期之前会有越来越多的太阳活动. 这种活动的一个直接后果是更频繁地出现太阳耀斑, 这是在太阳的光球和低层日冕附近观察到的强烈辐射爆发. 太阳耀斑有时伴随着日冕物质抛射(CMEs), 它将日冕等离子体抛射到行星际空间.

我们正生活在一个太阳天体物理学的黄金时代. 除了进入一个太阳活动频繁的时期, 我们还有新的太阳望远镜, 将使我们能够以前所未有的方式研究太阳. 这些望远镜之一是帕克太阳探测器(ParkerSP), 这是历史上第一个飞入低层日冕的航天器. 帕克太阳探测器有一个有点偏心的轨道( $\epsilon \approx 0.88$ ), 在其最后的轨道近日点(2025年)将距离太阳700万千米( $\sim 10$ 太阳半径).

就在最近, 2021年5月28日, 太阳空间望远镜SOHO(位于距离地球 $1.5 \times 10^6$  km处, 太阳-地球 $L_1$ 拉格朗日点附近)通过机载LASCO冠状仪探测到一个C形CME. 产生CME的太阳爆发发生在22:19 UTC, 黄道角为 $55^\circ$ (相对于日地线而言), 直接冲向ParkerSP所在的点. 图1显示了NASA制作的三张连续图像的序列, 突出了CME的演变, 从开始到到达ParkerSP的时刻.

假设所有航天器都正好在黄道面, 这里的图像显示的是黄道面的俯视图.

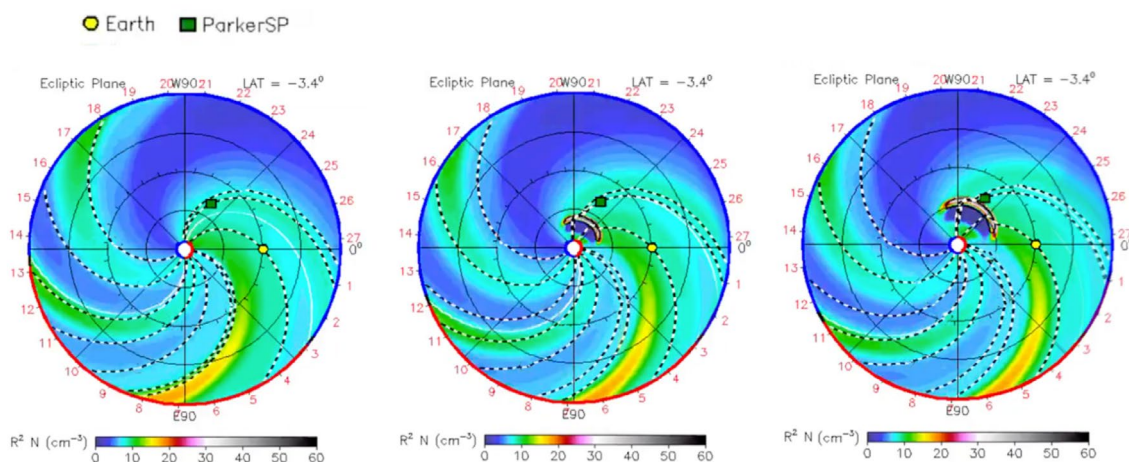


图1: 在日光层密度图上显示的一连串图像, 是2021年5月28日22:19 UTC时开始的CME的演变. 这些图像显示了太阳(中心)和地球(距离太阳1 AU  $\approx 1.5 \times 10^8$  km)以及ParkerSP航天器的位置. 请注意, 在该序列的最后一张图片中, CME前部撞击了ParkerSP. 地球-太阳-ParkerSP形成的角度是 $55^\circ$ .

### 第一部分

1.1 使用JHelioviewer软件, 通过选择太阳动力学天文台(全盘)和SOHO航天器冠状仪LASCO-C2(从2到6个太阳半径成像)和LASCO-C3(从3.7到30个太阳半径成像)的图像, 找到发生在2021年5月28日的CME, 如图2中所示. 在一个表格中指出你所使用的每张图像的日期和时间.

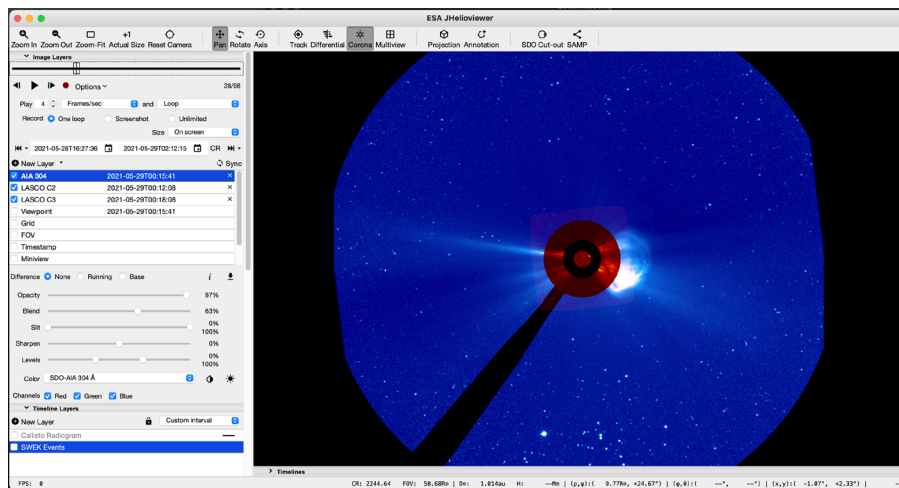


图2: 用JHelioviewer对2021年5月28日的太阳数据进行探索.

**1.2** 使用选定的图像来测量CME前端与太阳的距离, 单位是km.

**1.3** 扩展(你在上一小问构建的)数据表, 包括

- 日期和时间(如1.1中所报告的).
- CME前端与太阳的距离, 以km为单位(如1.2中报告的)
- 累积速度, 以km/s为单位(例如, 如果你在第4幅图像, 从CME开始到第4幅图像的时间内的平均速度).
- 每个时间间隔的速度, 以km/s为单位(例如, 如果你在第4幅图像上, CME在第3和第4幅图像之间的平均速度).

**注意:** 两个速度都是相对于太阳计算的.

不要忘了在表格的每一栏中都写上相应的栏目.

## 第二部分

**2.1** 用你表中的测量和计算数据制作距离-时间和速度-时间图(累积速度和每个时间间隔的速度).

## 第三部分

**3.1** 考虑到CME在大于30个太阳半径的距离内以恒定的速度移动, 请估计CME锋面撞击ParkerSP时的速度(以km/s为单位), 以及从开始到撞击的时间(以小时为单位).

## 第四部分

从以下陈述中, 标出哪些是真实的, 哪些是错误的.

**4.1** 如果我们不断减少连续图像之间的时间间隔, CME演变的测量和计算出的物理参数精度将始终保持增加.

**4.2** 对CME演化的更精确的分析和测量应该考虑到太阳的差异性旋转, 因此计算出来的速度会受到影响.

**4.3** 在创建拼接图时, 图像之间的任何软件(数字)错位将直接影响到计算的精度.

4.4 为了构建图1中日光层密度图所显示的模型而做出的不同假设,可能会影响对太阳-ParkerSP距离的估计.

4.5 CME前端与2019年鲍里索夫彗星留下的残余尘埃相互作用,使图像变宽和扩散.这降低了图像的对比度,大大增加了确定CME前端及其传播的不确定性.

## 第五部分

5.1 CME前端携带大量的质子和 $\alpha$ 粒子.计算ParkerSP上的太阳风电子、 $\alpha$ 粒子和质子调查(SWEAP)仪器测量的单个质子和单个 $\alpha$ 粒子的能量(以eV计).只考虑CME前端传播所产生的粒子的机械能,忽略所有其他形式的能量.

### 工具:

JHelioviewer软件(<https://www.jhelioviewer.org/download.html>)可以用来探索来自几个太阳望远镜的太阳数据,如图2所示.使用图形界面,你可以选择一个观测数据(观测日期),并通过添加图层(AddLayer)上传多个太阳图像.使用该选项,你可以检查一连串的图像来研究一个爆发事件的演变.通过移动光标,你可以得到你所在的坐标信息(以角秒为单位),相对于太阳的中心(x: 0" y: 0").