

مدارگرد خورشیدی؛ مأموریتی مشترک از سازمان فضایی اروپا و سازمان هوافضای آمریکا

در راستای مشاهده خورشید و تحقیقات خورشیدی، تاکنون اقدامات و فعالیت‌های زیادی صورت گرفته است و هر کدام از آنها، راه را برای فعالیت و پیشرفت علمی بعد از خود هموار نموده است. اکنون با پیشرفت بیشتر علم و فناوری، «مدارگرد خورشیدی» در سال ۲۰۱۹ به سوی خورشید فرستاده خواهد شد. مأموریت اصلی این مدارگرد، بررسی و تحقیق بر روی باد خورشیدی و یا به اصطلاح هوای فضا می‌باشد. این مدارگرد با ۱۰ ابزار سنجش در محل و سنجش از راه دور تجهیز گشته است. این مأموریت برای ۷ سال در نظر گرفته شده و دانشمندان امیدوار هستند که به وسیله مدارگرد خورشیدی به پاسخ برخی از سوالاتشان دست یابند.

واژه‌های کلیدی: لکه‌های خورشیدی، باد خورشیدی، شراره خورشیدی، هلیوسفر، نقاط لاگرانژی

Solar Orbiter; a joint mission of the European Space Agency (ESA) and the US –National Aeronautics and Space Administration (NASA)

So far, many observations have been made about the sun. And the results of each of these studies paved the way for further research. Now with the advent of science and technology, the "solar orbiter" is scheduled to be sent to the Sun in 2019. The main mission of this probe is to investigate the solar wind or so-called air space. The orbiter is equipped with 10 tools. This mission is scheduled for 7 years. Scientists are hoping to answer some of their questions with the solar orbiter.

Keywords: Sunspots, Solar Wind, Solare Flare, Heliosphere, Lagrangian Point

احمدرضا علی‌اکبری*، دکتری،
پژوهشگاه هوافضا، وزارت علوم، تحقیقات و
فناوری

نویسنده مخاطب: آدرس: تهران، کد پستی:
۱۴۶۵۷۷۴۱۱۱

aliakbari@ari.ac.ir

A. Aliakbari*, PhD,
Aerospace Research Institute,
Ministry of Science, Research and
Technology

Corresponding Author, Postal
Code: 1465774111, Tehran, IRAN

مقدمه

تاکنون مورد مشاهده و تحقیق قرار گرفته است. با این وجود، هنوز پدیده‌های بیشماری در ارتباط با خورشید وجود دارد که تا به امروز هنوز توضیحی برای آن یافته نشده است. در زمان‌های خیلی قبل، معابدی مانند «استون هنج» [۱۱] برای مشخص کردن وضعیت و حرکت خورشید، مخصوصاً در زمان‌های مختلف گردش خورشید بنا شده اند (شکل ۱).

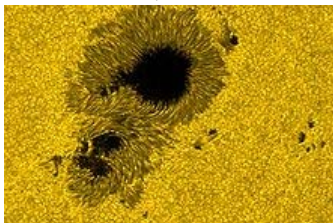


شکل ۱- استون هنج - ویلتشایر - انگلستان [۱۱]

در تمدن‌ها و فرهنگ‌های مختلف، هم دوره روزانه خورشید و هم تغییرات فصلی آن مورد مشاهده دقیق قرار گرفته و به استناد درآورده شده است. مدارک موجود از چین باستان نشان‌دهنده مشاهداتی علی‌الخصوص در زمینه فعالیت شدید لکه‌های خورشیدی می‌باشند [۱۲]. لکه‌های خورشیدی در هنگامی که خورشید در ارتفاع پایینی از افق قرار گرفته و نور خورشید توسط اتمسفر متراکم شده زمین فیلتر شده باشد، می‌تواند با چشم غیر مسلح نیز رؤیت شوند. در گذشته در اروپا در مورد لکه‌های خورشیدی این‌گونه می‌اندیشیدند که ناشی از تخیرات جوی می‌باشند. شکل ۲ نشان‌دهنده لکه‌های خورشیدی می‌باشد.



الف



ب

الف) نگاره ای از لکه‌های خورشیدی، ۲۲ ژوئن ۲۰۰۴ ب) عکس نور قابل مشاهده از لکه‌های خورشیدی، ۱۳ دسامبر ۲۰۰۶

شکل ۲- لکه‌های خورشیدی را در دو زمان مختلف [۱۲]

مشاهده خورشید توسط تلسکوپ از روی کره زمین نمی‌تواند ما را به نتایج مطلوبی که مدنظرمان است، برساند. زیرا، ما از روی زمین تنها می‌توانیم خورشید را از میان جو که مانند یک فیلتر بزرگ اطراف زمین را فرا گرفته است، مشاهده نماییم و این باعث می‌شود که نتوانیم خورشید را با نور واقعی خودش ببینیم. به همین دلیل و برای مشاهده دقیقتر خورشید، تلسکوپ، ابزار و کاوشگرهای فضایی مختلفی به سوی کیهان فرستاده شدند. به‌طور مثال، در سال ۱۹۹۰ کاوشگر «اولیس» با کمک یک فضایما به فضا فرستاده شد. اولیس در حال چرخش به دور قطب خورشید از آن تصویربرداری کرده و سپس آن تصاویر را به زمین ارسال نمود [۱].

در سال ۱۹۹۴ کاوشگر آمریکایی «باد» شروع به حرکت نمود. مأموریت این کاوشگر، تحقیق بر روی باد خورشیدی وارد شده به جو زمین بود [۲]. کاوشگر «سوهو» در سال ۱۹۹۵ و با مأموریت تصویربرداری روزانه از خورشید و بررسی وضع هوای کیهان، یعنی بررسی باد و فوران‌های خورشیدی، شروع به حرکت نمود. به دنبال سوهو و به جهت پشتیبانی از آن، ماهواره تریس در سال ۱۹۹۸ راهی شد [۳]. پس از آن کاوشگر «جنسیس» [۴] در سال ۲۰۰۱، «هسی» [۵] در سال ۲۰۰۲ و پروب‌های دوگانه استریو [۶] در سال ۲۰۰۶ به فضا پرتاب شدند. سازمان ملی هوا فضا آمریکا (ناسا) برای سال ۲۰۱۸ پروژه کاوشگر-خورشیدی-بعلاوه (پلاس) (یا کاوشگر خورشیدی پارکر) را در نظر دارد [۷] و سازمان فضایی اروپا پروژه مدارگرد خورشیدی خود را برای سال ۲۰۱۹ برنامه‌ریزی کرده است [۸].

مدارگرد خورشیدی به سؤالاتی پاسخ خواهد داد که از سال‌ها پیش برای محققان مطرح بوده‌اند و اکنون همه آنها منتظر دیدن اینکه مدارگرد خورشیدی چه چیزی را مشاهده و سنجش می‌کند، هستند. آنچه که مدت‌ها در فکر دانشمندان بوده، اکنون با ابزار پیشرفته‌تر موجود به واقعیت تبدیل شده است [۹].

خورشید و تحقیقات خورشیدی

خورشید ستاره‌ای است در مرکز منظومه شمسی که تا کنون بیشترین تحقیقات بر روی آن انجام گرفته است. اما، هنوز سؤالات زیادی در ارتباط با خورشید وجود دارند که ما تا به امروز هنوز پاسخی برای آنها نیافته‌ایم. با این وجود، با گذشت زمان، یافته‌های علمی جدید و تلاش بی‌وقفه محققان همواره راه‌هایی نو برای رسیدن به پاسخ‌ها به‌وجود می‌آیند [۱۰].

مشاهده خورشید در میان ملل مختلف

خورشید به عنوان مهمترین جسم سماوی برای حیات روی کره زمین، از سال‌ها پیش مورد مشاهده و توجه انسان‌ها بوده است. در واقع خورشید ستاره‌ای است که بیش از هر جسم کیهانی دیگر

بررسی لرزه‌های خورشید و از این طریق به ساختارها و فرآیندهای درونی آن می‌پردازد. به مرور زمان، رصدخانه‌های ویژه خورشیدی بنا نهاده شد که منحصراً در خدمت مشاهدات خورشیدی می‌باشند. در سال ۱۹۴۲، جیمز های^{۱۸} به این موضوع دست یافت که خورشید منبعی از امواج رادیویی می‌باشد. در سال ۱۹۴۹، فریدمان^{۱۹} اشعه ایکس خورشیدی را اثبات نمود.

برای سنجش نوترینوهای خورشیدی، ردیاب‌های زیرزمینی عظیمی بنا شدند. اختلاف مابین جریان نوترینو فرض شده با جریان نوترینو که واقعی مورد سنجش قرار گرفته، از دهه ۱۹۷۰ تاکنون اصطلاحاً باعث مشکل نوترینویی خورشیدی شده است. این بدان معناست که فقط یک سوم نوترینوهایی که انتظار می‌رفت، توانستند مورد شناسایی قرار گیرند. این امر دو امکان را نشان می‌داد: یا اینکه مدل خورشید اشتباه بوده و نوترینو انتظار رفته بیشتر از واقعیت تخمین زده شده بوده و یا اینکه نوترینوها می‌توانند در راه به سوی زمین به یک نوع دیگری تبدیل شوند (تبدیل نوترینوها^{۲۰}).

اولین نشانه‌ها برای تبدیل نوترینوها در سال ۱۹۹۸ به وسیله دستگاه سوپرکامیونکانه^{۲۱} انجام شد و بعد از آن مورد تأیید قرار گرفت [۱۵].

تحقیق به وسیله ماهواره‌ها و کاوشگرهای

فضایی

یک سری از ماهواره‌ها برای مشاهده خورشید به مدارهای از زمین فرستاده شدند. این ماهواره‌ها، مخصوصاً آن دسته از محدوده‌های طول موج‌هایی که در غیر این صورت توسط جو زمین جذب می‌شوند، توانستند مورد بررسی قرار دهند (ماوراء بنفش و اشعه ایکس). بدین ترتیب ایستگاه فضایی اسکای لب^{۲۲} (آزمایشگاه آسمان) (شکل ۳) که اولین ایستگاه پژوهشی ناسا در فضا و شروع کارش از سال ۱۹۷۳ تا ۱۹۷۹ بود، یک تلسکوپ اشعه ایکس نیز به همراه خود داشت [۱۶]. اسکای لب، یک ایستگاه مدارگرد آمریکا بود [۱۷].



شکل ۳- ایستگاه فضایی اسکای لب [۱۶] و [۱۷]

مشاهده خورشید به کمک ابزار و تلسکوپ

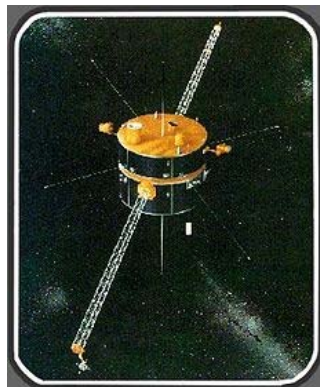
کشف و توسعه تلسکوپ، منجر به تحقیقات سیستماتیک و اصولی این پدیده شد. برای اولین بار در سال ۱۶۱۰ میلادی گالیله^۲ و هریوت^۳ این لکه‌ها را به وسیله تلسکوپ مشاهده نمودند و در سال ۱۶۱۱ فابریسیوس^۴ آنها را در یک تحقیق نامه علمی به رشته تحریر درآورد. او تغییرات مکانی این لکه‌ها بر روی صفحه خورشید را مربوط به چرخش خود خورشید می‌دانست. در سال ۱۶۱۹، کپلر^۵ فرضیه باد خورشیدی را بیان نمود، به این دلیل که جهت ستاره‌های دنباله‌دار همیشه توسط خورشید هدایت می‌شود. در سال ۱۷۷۵، هاروبو^۶ حدس زد که لکه‌های خورشیدی تابع یک تناوب مخصوص می‌باشند. در سال ۱۸۰۲، والسون^۷ خط‌های تیره‌ای را بر روی طیف خورشیدی اثبات نمود و فراوون هوفر^۸ در سال ۱۸۱۴ به بررسی اصولی این خطوط پرداخت. به این دلیل هم از این خطوط با عنوان خطوط فراوون هوفری^۹ نیز نامبرده می‌شود. در سال ۱۸۶۸، یانسن^{۱۰} در هنگام یک خورشید گرفتگی یک خط از هلیوم که تا آن زمان هنوز ناشناخته بود را یافت [۱۳].

در سال ۱۸۴۳، شوابه^{۱۱} کشف خود در زمینه چرخه فعالیت لکه خورشیدی را به تحریر و انتشار درآورد. در سال ۱۸۴۹، عدد نسبی لکه‌های خورشیدی که بیانگر تعداد و اندازه لکه‌های خورشیدی می‌باشد، معرفی شد. از آن پس، لکه‌های خورشیدی مرتباً مورد مشاهده و شمارش قرار می‌گیرند. در سال ۱۸۸۹، هاله^{۱۲} دستگاه هلیو-طیف-نگار را ساخت و رولاند^{۱۳} در سال ۱۸۹۷ موفق به تکمیل طیف خورشیدی شد که تمام خطوط طیفی را در بر می‌گرفت. در سال ۱۹۰۸، هاله^{۱۴} موفق به کشف تفکیک خطوط طیفی توسط نیروهای مغناطیسی در محدوده لکه‌های خورشیدی شد. این پدیده اثر زیمنان^{۱۵} نامیده می‌شود [۱۴]. به عبارت دیگر این موضوع اثبات شد که در لکه‌های خورشیدی، میدان‌های مغناطیسی وجود دارند. در سال ۱۹۳۰، لایوت^{۱۶} تاج خورشیدی را در خارج از یک کسوف کامل مشاهده نمود. در سال ۱۹۶۰ ارتعاش فتوستتر اثبات شد. این آغاز علم لرزه‌شناسی خورشیدی^{۱۷} بود. این علم به

2. Galileo Galilei
3. Thomas Harriot
4. Johann Fabricius
5. Johannes Kepler
6. Christian Horrobow
7. William Hyde Wollaston
8. Joseph von Fraunhofer
9. Fraunhofer lines
10. Jules Janssen
11. Samuel Heinrich Schwabe
12. George Ellery Hale
13. Henry Augustus Rowland
14. George Ellery Hale
15. Zeeman effect
16. Bernard Ferdinand Lyot
17. Helioseismologie

18. James Stanley Hey
19. Herbert Friedman
20. Neutrino oscillation
21. Super-Kamiokande
22. Sklylab

بدینوسیله اولیس توانست سطح سیاره‌ای را ترک و بر فراز هر دو قطب خورشید پرواز کند. هزینه چنین مأموریتی، با درایوهای موشکی مرسوم و معمول و بدون گذشتن از کنار سیاره مشتری بسیار بیشتر می‌شد. در سال ۱۹۹۴ کاوشگر آمریکایی «باد»^{۲۵} (کاوشگر باد) [۲۱] با مشارکت سازمان فضایی اروپا، روسیه، جمهوری چک و ژاپن شروع به حرکت نمود (شکل ۶). کاوشگر باد، اولین برنامه ناسا در زمینه علوم زمین‌شناسی است. مأموریت این کاوشگر یافتن پاسخ برای این مسئله بود که «وقتی که باد خورشیدی به زمین و میدان مغناطیسی آن می‌رسد، چه رخ می‌دهد؟». بعد از آن، در سال ۱۹۹۵ «سوهو» یا رصدخانه خورشیدی و هلیوسفری^{۲۶} [۲۲] که قسمت اعظم آن در اروپا ساخته و به سوی خورشید و نقطه لاگرانژی L1 فرستاده شد (شکل ۷). این کاوشگر به وسیله ۱۲ ابزار به مشاهده خورشید و فراهم آوردن تصاویر روزانه خورشید و تحویل آنها به زمین می‌پرداخت. وظیفه این کاوشگر به دست آوردن اطلاعات جدیدی درباره ساختار داخلی خورشید و جو خارجی خورشید و نیز مطالعه باد خورشیدی بود. خورشید همیشه ذرات، هسته‌های اتم و الکترون‌هایی را به درون کیهان پرتاب می‌کند. این ذرات در تمام منظومه شمسی پخش و باد خورشیدی نامیده می‌شوند. وقتی که خورشید به صورت انفجاری، با نیروی خیلی زیاد ذراتش را به درون کیهان پرتاب می‌کند، آنگاه طوفان نیز وجود خواهد داشت [۲۳]. بدان معنی که جریانی از گازهای یونیزه دائماً از خورشید به درون فضا دمیده می‌شود. بدین طریق، این کاوشگر ایفاگر نقش مهمی در پیش‌بینی فوران‌ها یا طوفان‌های خورشیدی بود [۲۴]. این پروژه یکی از مهمترین پروژه‌های مشترک ناسا و سازمان فضایی اروپا در دهه ۹۰ محسوب می‌شود، زیرا که این کاوشگر به دلیل موقعیتش برای مشاهده خورشید در نقطه لاگرانژی L1، اولین کاوشگر فضایی بود که یک مشاهده مداوم خورشید را ممکن می‌ساخت [۲۵].

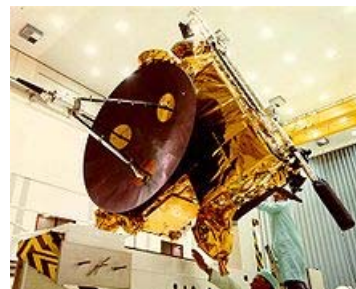


شکل ۶- کاوشگر باد [۲۱]

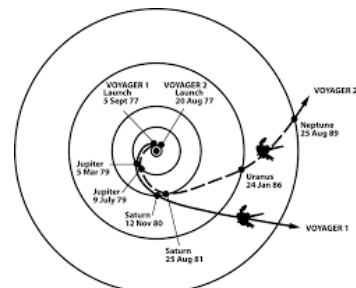
دانشمندان برای اینکه بتوانند محیط اطراف خورشید را مطالعه کنند، سعی داشتند به کمک کاوشگرهای فضایی به خورشید نزدیکتر شوند و این امر به دلیل دمای خیلی بالا و پرتوهای شدید، خیلی دشوار و ناشدنی به نظر می‌آید. بدین ترتیب کاوشگرهای خورشیدی آلمانی-آمریکایی که در سال‌های ۱۹۷۴ و ۱۹۷۶ آغاز به حرکت نمودند توانستند فقط تا فاصله ۴۳/۵ میلیون کیلومتری به خورشید نزدیک شوند. کاوشگر فضایی اولیس^{۲۳} [۱۸] که در سال ۱۹۹۰ آغاز به حرکت نمود، اهداف دیگری را دنبال می‌کرد. شکل ۴ فضاییمی اولیس را به هنگام موتناژ شدنش نشان می‌دهد.

اولیس می‌بایست به مطالعه قطب‌های خورشید می‌پرداخت که نه از روی زمین و نه توسط کاوشگرهای فضایی که در سطح سیاره‌ای در حال حرکت هستند، قابل رؤیت می‌باشند. دستیابی به این هدف فقط توسط یک انحراف شدید سطح مداری این کاوشگر ممکن است. برای این مقصود، اولیس ابتدا به سوی سیاره غول‌پیکر مشتری پرواز کرد، یعنی جایی که سطح مداری کاوشگر براساس کمک گرانشی^{۲۴} (مانور کمک گرانشی) تغییر یافت [۱۹].

در مکانیک مداری و مهندسی هوافضا کمک گرانشی به استفاده از حرکت نسبی و گرانشی سیاره یا دیگر ساختارهای آسمانی برای تغییر مسیر و تغییر سرعت فضاپیما گفته می‌شود. به طور معمول این کار برای صرفه جویی در سوخت، زمان و هزینه انجام می‌شود. از کمک گرانشی می‌توان برای افزایش یا کاهش شتاب و برنامه‌ریزی برای تغییر مسیر فضاپیما استفاده نمود. (شکل ۵) [۲۰].



شکل ۴- فضاییمی اولیس [۱۸]



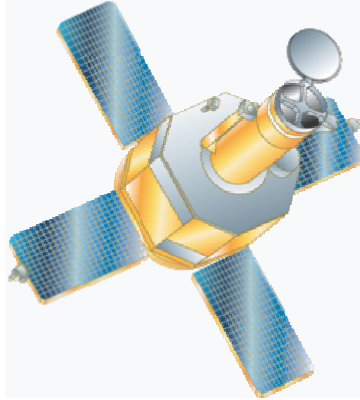
شکل ۵- کمک گرانشی [۱۹]

25. WIND (spacecraft)

26. Solar and Heliospheric Observatory (SOHO)

23. Ulysses

24. "Swing-by" or "gravity assist maneuver"



شکل ۹- نقاشی از تریس [۲۷]

در سال ۲۰۰۱ کاوشگر فضایی «جنسیس»^{۲۸} شروع به حرکت نمود (شکل ۱۰) و پس از مدت کوتاهی در نقطه لاگرانژی L1 جای گرفت و در آنجا به مدت ۲/۵ سال نمونه‌هایی از باد خورشیدی را جمع‌آوری کرد که نهایتاً به منظور تحقیق می‌بایست به زمین آورده می‌شدند. هدف از جمع‌آوری این نمونه‌ها دست‌یابی ترکیب دقیق ایزوتوپی باد خورشیدی و کسب اطلاعاتی درباره ترکیب ماده در هنگام به‌وجود آمدن منظومه شمسی بود. بعد جمع‌آوری نمونه‌ها، این کاوشگر باید به زمین باز می‌گشت. بدین ترتیب که کپسول حاوی مواد جمع‌آوری شده ابتدا وارد جو زمین شده و درحالی‌که توسط چتر نجات به سوی زمین می‌آید و هنوز در هوا معلق است، توسط یک بالگرد گرفته شود. این اقدام برای اجتناب از آسیب‌دیدگی کپسول به هنگام اصابت با سطح زمین در نظر گرفته شده بود. نهایتاً، در سپتامبر سال ۲۰۰۴ کپسول حاوی نمونه‌ها وارد جو زمین شد و از آنجا که گاهی رویدادها برخلاف محاسبات قبلی انجام می‌گیرند، آن کپسول به دلیل باز نشدن چتر نجات به شدت بر روی زمین سقوط کرد. با وجود این، بعضی از آن نمونه‌ها باقی‌ماند و توسط دانشمندان مورد تحقیق و مطالعه قرار گرفت [۲۸].



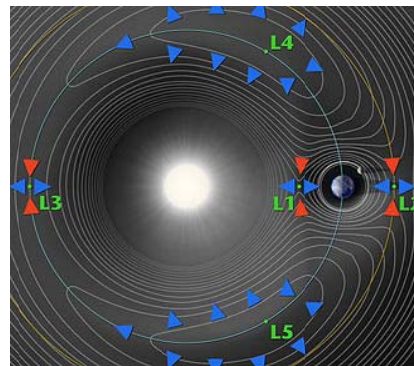
شکل ۱۰- کاوشگر جنسیس [۲۸]

کاوشگر تحقیقاتی «هسی»^{۲۹} یا «نمایشگر طیف‌سنج خورشیدی با انرژی بالا» در فوریه ۲۰۰۲ شروع به حرکت کرد تا از یک



شکل ۷- کاوشگر سوهو [۲۲]

نقاط لاگرانژی، پنج نقطه میان دو جسم بزرگ هستند که در آن نیروی جاذبه دو جسم همدیگر را خنثی می‌کند. غالباً ماهواره‌های رصدی (تلسکوپ‌های فضایی) در نقاط لاگرانژی میان خورشید و زمین قرار می‌گیرند. این نقاط در فاصله ۱/۶ میلیون کیلومتری از زمین قرار دارند (شکل ۸) [۲۶].



شکل ۸- نقاط لاگرانژی میان زمین و خورشید [۲۶]

همه کاوشگرهای قبل از سوهو، در مدارهای متفاوت به دور زمین می‌گردیدند و به همین دلیل به‌طور در سایه زمین قرار می‌گرفتند و این یعنی مشاهده خورشید در طول آن زمان غیر ممکن بود. در سال ۱۹۹۸، تلسکوپ «تریس» با نام کامل «رصدخانه خورشیدی و منظومه‌ای»^{۲۷} (شکل ۹) و برای پشتیبانی از سوهو به راه افتاد. این ماهواره، به منظور بررسی ارتباط میان میدان مغناطیسی و ساختار پلاسمایی مرتبط با خورشید و مشاهده نور خورشید، منطقه انتقالی و تاج خورشید با ارائه تصاویر با وضوح بالا طراحی شده بود [۲۷].

28. Genesis

29. High Energy Solar Spectroscopy Imager (HESSI)

27. Transition Region and Coronal Explorer (TRACE)



شکل ۱۳- رصدخانه دینامیک خورشیدی

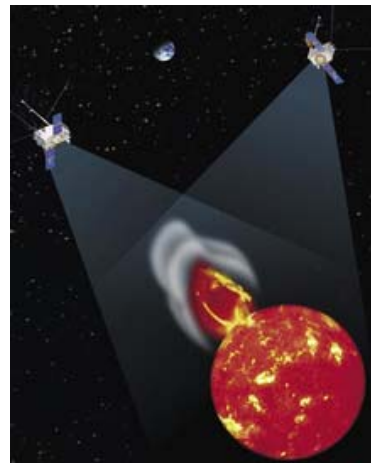
برنامه فضایی چین برای سال ۲۰۱۷ راه‌اندازی مجموعاً ۳ کاوشگر فضایی می‌باشد که می‌بایست در مأموریت تحقیقی «کوافو^{۳۳}» به بررسی دقیق‌تر سیستم خورشید-زمین بپردازد. کوافو، یک مأموریت فضایی برنامه‌ریزی شده از کشور چین و به جهت تحقیق درباره خورشید و اثر متقابل آن با زمین می‌باشد. این مأموریت قرار بوده که در سال ۲۰۱۲ آغاز شود، اما به سال ۲۰۱۷ موکول شد. در راستای فعالیت‌هایی برنامه‌ریزی شده، این مأموریت وظیفه دارد که پیش‌بینی شراره‌های خورشیدی را تصحیح نماید و نیز درک بهتری را برای فرآیندهای اساسی فیزیکی هوای کیهان میسر سازد. این مأموریت به‌طور کلی از ۳ کاوشگر «کوافو-آ»، «کوافو-ب-۱» و «کوافو-ب-۲» تشکیل می‌شود. کاوشگر کوافو-آ (همانند کاوشگر اروپایی سوهو) در نقطه لاگرانژی L1 قرار خواهد گرفت و ابزارهای این کاوشگر می‌توانند در آنجا به‌طور مداوم و بی‌وقفه، به مشاهده فعالیت‌های خورشید بپردازند. کوافو-ب-۱ و کوافو-ب-۲ مدارگردهای زمینی هستند که به سوی مدارهای زمین فرستاده می‌شوند و در آنجا به‌طور مداوم، شفق قطبی نیمکره شمالی را مشاهده می‌کنند. شفق قطبی این امکان را می‌دهد که نتایج اثرگذاری خورشید بر روی زمین مطالعه شود. عمر ماهواره‌های این مأموریت برای ۳ سال برآورد می‌شود و دولت چین از دانشمندان کشورهای آلمان، فرانسه، بلژیک، اتریش و کانادا انتظار همکاری و مشارکت در این پروژه را دارد. گرداننده این پروژه، دانشگاه پکن می‌باشد [۳۲]. برای سال ۲۰۱۸ سازمان هوافضا آمریکا (ناسا)، کاوشگر خورشیدی پارکر یا پلاس^{۳۴} (شکل ۱۴) را برنامه‌ریزی کرده است.

این کاوشگر، یک فضایی‌مای برنامه‌ریزی شده برای بررسی تاج خورشیدی (کرونا) است که تا فاصله ۸/۵ برابر شعاع خورشیدی (یعنی تقریباً ۶۰ میلیون کیلومتری) به سطح خورشید نزدیک خواهد شد. وظیفه این کاوشگر، کمک برای رسیدن به پاسخ سوالات زیر می‌باشد:

مدار زمین که تقریباً در ارتفاع ۶۰۰ کیلومتری زمین قرار دارد، برای اولین بار به مشاهده شراره‌های خورشیدی^{۳۰} در محدوده اشعه ایکس و گاما بپردازد (شکل ۱۱). این به اصطلاح «شراره‌های خورشیدی»، انفجارهای عظیمی هستند که در نزدیکی لکه‌های خورشیدی رخ می‌دهند و در ظرف چند دقیقه مقدار بسیار زیادی از اشعه و ذرات باردار به درون کیهان پرتاب می‌کنند [۲۹]. در اکتبر سال ۲۰۰۶ دو کاوشگر فضایی «رصدخانه ارتباطی خورشید-زمین^{۳۱}» شروع به حرکت نمودند و برای اولین بار تصویر سه بعدی از خورشید و محیط اطراف آن را به دست بشر رساندند (شکل ۱۲). برای این کار یکی از دو کاوشگر در نقطه لاگرانژی L4 و دیگری در نقطه لاگرانژی L5 مستقر شدند [۳۰]. ناسا در سال ۲۰۱۰ «رصدخانه دینامیک خورشیدی^{۳۲}» را به عنوان ادامه‌دهنده کار سوهو راهی کرد که در خدمت تحقیقات بر روی فرآیندهای دینامیکی خورشید باشد (شکل ۱۳) [۳۱].



شکل ۱۱- کاوشگر هسی [۳۱]



شکل ۱۲- تصویر کاوشگرهای دوگانه رصدخانه ارتباطی خورشید-زمین به هنگام مشاهده سه بعدی شراره‌های خورشیدی [۱۳]

33. Kua Fu
34. Parker Solar Probe

30. Solare Flares
31. Solar TERrestrial Relations Observatory (STEREO)
32. Solar Dynamics Observatory (SDO)

چگونگی انتخاب پروژه «مدارگرد خورشیدی»

این قسمت، اقتباس از مقاله‌ای از روزنامه آلمانی «آیینۀ روز»^{۳۶} مورخ ۲۰۱۳/۱۰/۳۱ با عنوان «مأموریت‌های میلیاردی» می‌باشد [۳۶].

تصمیم سازمان فضایی اروپا^{۳۷} درباره مأموریت‌های بزرگ فضایی

سیارات دوردست، امواج گرانشی، سیاه چاله‌ها و موارد این چنینی موضوعاتی هستند که از میان آنها کارشناسان سازمان فضایی اروپا اکنون باید در مورد دو پروژه بزرگ که می‌خواهند در سال‌های بعد شروع نمایند، با همدیگر به توافق برسند. اکنون می‌بایست از میان ۳۰ موضوع پیشنهاد شده گزینش انجام گیرد. از آن میان هنوز ۵ موضوع با همدیگر در حال رقابت می‌باشند.

اکنون انتخاب، کمی مشکل شده است، آیا می‌بایست در جستجوی امواج گرانشی بود؟ یا اینکه بهتر است که بر روی منشأ کیهان تحقیق نمود؟ یا اینکه باید در تعقیب سیارات شبیه زمین بود و از این طریق شاید به کشف حیات در خارج از کره زمین رسید؟ ... اینها سؤالاتی هستند که مسئولین سازمان فضایی اروپا در حال حاضر از خود می‌پرسند. آنها در راستای «برنامه چشم‌انداز کیهانی»^{۳۸} خود که در سال ۲۰۰۷ مصوب شده است، به دنبال ایده‌هایی برای انجام دو پروژه بزرگ فضایی می‌باشند که باعث پیشبرد تحقیقات قابل توجهی شوند. بودجه در نظر گرفته شده برای هر یک از این نوع مأموریت‌های کلاس L در حدود یک میلیارد یوروست و زمان شروع آنها در سال‌های ۲۰۲۸ و ۲۰۳۴ خواهد بود.

سازمان فضایی اروپا مجموعاً چهار سؤال اساسی را انتخاب کرد که برنامه چشم‌انداز کیهانی می‌بایست برای آنها پاسخی بیابد:

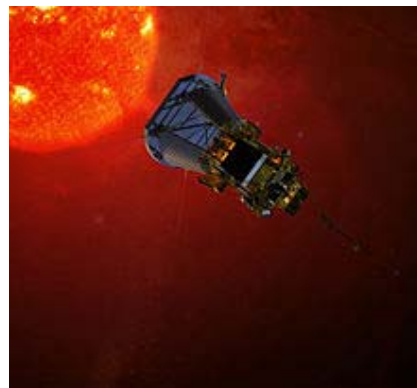
۱- شرایط به‌وجود آمدن سیارات و حیات چه می‌باشند؟
فرآیندهای دقیق در هنگام تشکیل ستارگان از ابرهای گازی عظیم- و نیز بدین ترتیب در هنگام تشکیل سیاراتی که به دور این ستارگان می‌گردند- هنوز در ابهام و تاریکی می‌باشند. یک تلسکوپ عظیم مادون قرمز در فضا می‌تواند به درون این ابهام و تاریکی نفوذ نماید.

چنانچه ستاره‌ای دارای سیاراتی باشد، آنگاه تحت چه شرایطی می‌تواند حیات در آنجا به‌وجود آید؟ جهت پاسخ به این سؤال می‌بایست تلسکوپ فضایی «CHEOPS»^{۳۹} در سال ۲۰۱۷

۱. تاج خورشیدی (کرونا) چگونه تا پنج میلیون درجه گرم می‌شود، در حالی که سطح بیرونی خورشید که قابل رؤیت است، فقط در حدود ۵۵۰۰ درجه سانتی‌گراد گرم می‌باشد؟

البته ما امروز می‌دانیم که تاج خورشید خیلی گرمتر از خود سطح خورشید است، در صورتی که در مورد هر آتش دیگر دقیقاً برعکس می‌باشد و هرچه بیشتر از منبع آتش دور شویم، دما پایین‌تر می‌آید. سطح خورشید تقریباً ۶۰۰ درجه گرم می‌باشد، اما جو بیرونی آن یا به اصطلاح تاج خورشیدی برعکس آن، دارای گرمای چندین میلیون درجه‌ای می‌باشد و اینکه چرا این‌گونه است یکی از سؤالات بزرگ فیزیک خورشیدی است. البته این پدیده، مشکل گرمایش کرونا^۱ نیز نامیده می‌شود. در واقع انفجارهای پرقدرتی که در تاج رخ می‌دهد، باعث این افزایش زیاد گرما در تاج می‌شود و این انفجارها همان شراره‌های خورشیدی هستند [۳۳].

۲. ذرات باد خورشیدی چگونه دارای شتاب می‌شوند [۳۴]؟
سازمان فضایی اروپا برای سال ۲۰۱۹ پروژه یک کاوشگر فضایی با نام «مدارگرد خورشیدی»^{۳۵} را برنامه‌ریزی کرده (شکل ۱۵) که تا فاصله ۴/۵ برابر شعاع خورشید (یعنی تقریباً ۴۰ میلیون کیلومتر) به خورشید نزدیک خواهد شد و در این موقعیت ساختارهایی که دارای اندازه ۱۰۰ کیلومتری را آشکارسازی خواهد نمود [۳۵].



شکل ۱۴- تصویر هنری- کامپیوتری کاوشگر خورشیدی



شکل ۱۵- تصویر هنری- ساختگی مدارگرد خورشیدی

36. Tagesspiegel

37. European Space Agency (ESA)

38. Cosmic Vision

39. CHaracterising EXoplanets Satellite

35. Solar Orbiter

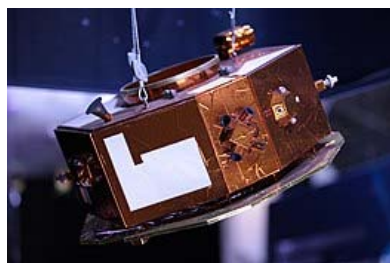
۴- جهان چگونه بوجود آمده و از چه تشکیل شده است؟
جهان ما در ۱۳/۷ میلیارد سال قبل توسط «انفجار بزرگ»^{۴۲} به وجود آمده است. در کنار ماده که آنرا به طور مرسوم و معمول می‌شناسیم، و ستارگان، سیارات و جانداران مانند ما از آن تشکیل شده‌اند، ماده تاریک، که نیروی ثقل آن، کهکشان‌ها و انبوه‌های کهکشانی را به همدیگر متصل نگاه می‌دارد و انرژی تاریک که به واسطه اثرگذاری آن به گسترش جهان سرعت بیشتری داده می‌شود، وجود دارند. محققان تاکنون نه می‌دانند که چه قوانین فیزیکی در اولین لحظات (کوچکتر از ثانیه‌ای) انفجار بزرگ معتبر بوده‌اند، و نه می‌دانند که ماده تاریک و انرژی تاریک از چه تشکیل شده‌اند. در اینجا نیز سازمان فضایی اروپا به وسیله کاوشگر «اقلیدس»^{۴۳} (شکل ۱۶) با یک مأموریت کلاس M موافقت نموده که شروع آن برای سال ۲۰۲۰ در نظر گرفته شده است [۳۹]. این کاوشگر مأموریت دارد که به وسیله یک تلسکوپ ویژه به بررسی پخش ماده در جهان برای اولین بار در تمام آسمان بپردازد و بدینوسیله امکان دست یافتن به نتایج در مورد ماده تاریک و انرژی تاریک را فراهم سازد.



شکل ۱۶- کاوشگر اقلیدس

رقابت پروژه‌ها

در پایان فرآیند گزینش فقط دو مورد از آن ۳۰ پیشنهاد باقی خواهند ماند. بیشترین شانس برای کسب موافقت در مورد یک مأموریت از نوع کلاس L را به عقیده بسیاری از کارشناسان، رهیاب لیسا^{۴۴} دارا می‌باشد که طرحی بزرگ برای اثبات امواج گرانشی است (شکل ۱۷) [۴۰].



شکل ۱۷- رهیاب لیسا

شروع به کار کند که به وسیله آن تعداد ۵۰۰ منظومه سیاره‌ای قبلاً شناخته شده در محیط نزدیک اطراف ما به طور دقیق‌تر مورد تحقیق و بررسی قرار گیرند. اما امکانات موجود محدود می‌باشند و این تلسکوپ فضایی مأموریت کوچکی با بودجه‌ای ۱۵۰ میلیون یورویی است. ستاره شناسان می‌توانند با ابزاری بزرگتر، سیارات شبیه زمین را به تصویر درآورند و حتی ترکیب جو آنها را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهند. بدین طریق می‌توانند در جستجوی نشانگرهای زیستی باشند یعنی همان گازهایی که شاخص فعالیت بیولوژیکی (زیستی) می‌باشند [۳۷].

۲- منظومه شمسی چگونه عمل می‌کند؟
پاسخ به این سؤال باید اطلاعاتی در مورد اینکه چه شرایطی برای به وجود آمدن حیات وجود دارد، دهد. فعالیت مغناطیسی یک ستاره و اثر متقابل میدان مغناطیسی و نیز پرتو ذرات خارج شده از آن با منظومه سیاره‌ای نقش مهمی را ایفا می‌کند. این فرآیندها به عنوان الگو و نمونه در منظومه شمسی ما مورد بررسی قرار می‌گیرند. سازمان فضایی اروپا با یک مأموریت کلاس M جهت یافتن پاسخ برای این سؤال موافقت نموده است. این مأموریت توسط مدارگرد خورشیدی^{۴۰} انجام می‌شود و بودجه این مأموریت در حدود نیم میلیارد یورو می‌باشد. این کاوشگر می‌بایست مأموریت خودش را در سال ۲۰۱۷ شروع کند و به مشاهده دقیق سطح خورشید و فعالیت آن بپردازد. محققان، علاقه زیادی نیز به مشتری و قمرهای آن دارند. آنها به دنبال کشف این موضوع هستند که این سیاره غول پیکر چه نقشی در توسعه منظومه شمسی ایفا نموده است. برای این مقصود، سازمان فضایی اروپا اولین مأموریت از مجموعاً سه مأموریت کلاس L از برنامه چشم انداز کیهانی خود را در نظر گرفته است. انتظار می‌رود که کاوشگر «اکتشافگر قمرهای یخی مشتری»^{۴۱} سفر خودش را در سال ۲۰۲۲ آغاز نماید. این کاوشگر هشت سال پس از شروع حرکتش به مشتری خواهد رسید و باید به تحقیقات بر روی جو آن سیاره و نیز قمرهای یخی اروپا، کالیستو و گانیمید بپردازد [۳۸].

۳- قوانین اساسی فیزیکی جهان چه می‌باشند؟
فضا امکانات زیادی را در اختیار ما قرار می‌دهد که به مطالعه ماده در شرایط شدید و سخت بپردازیم و بدین طریق بررسی کنیم که آیا قوانین طبیعی که آنها را می‌شناسیم، در فضا نیز معتبر می‌باشند یا خیر. گاهی شاید یک انحراف از مسیر، به فیزیکدانان راه رسیدن به یک تئوری جدید را نشان دهد که به واسطه آن، تمام قوانین طبیعی که برابمان آشناست، با همدیگر یکی شوند.

42. Big Bang
43. Euclid (spacecraft)
44. LISA Pathfinder (E-Lisa)

40. Solar Orbiter
41. Jupiter Icy Moons Explorer (Juice)

مدارگرد خورشیدی، مأموریتی به سوی خورشید و هلیوسفر داخلی برای تحقیق و بررسی روابط «خورشید-هلیوسفر» و «خورشید-زمین» از طریق مشاهدات با وضوح بالا

مدارگرد خورشیدی مأموریتی است که به فیزیک خورشید و هلیوسفر اختصاص یافته است [۴۳]. این مأموریت، به‌عنوان اولین مأموریت از نوع مأموریت‌های طبقه متوسط (کلاس M) از برنامه چشم‌انداز کیهانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵^{۵۰} در سازمان فضایی اروپا در ماه اکتبر ۲۰۱۱ انتخاب شده است و با مشارکت سازمان هوافضای آمریکا توسعه و انجام خواهد شد. مرکز هوافضای آلمان^{۵۱}، توسعه و ساخت ابزار علمی و نیز ساخت کاوشگر مدارگرد خورشیدی را به وسیله کمک‌های مالی از سوی وزارت اقتصاد و انرژی کشور آلمان پشتیبانی می‌نماید.

انگیزه علمی برای مأموریت مدارگرد خورشیدی، دستیابی به مشاهداتی بر روی طول موج‌های چندگانه جو خورشیدی و همین‌طور سنجش‌هایی جامع و در محل از هلیوسفر کشف نشده با وضوح مکانی و زمانی بالا می‌باشد. هلیوسفر، منطقه‌ای منحصر به فرد از فضا است که در آن فرآیندهای اساسی فیزیکی از فیزیک خورشیدی، فیزیک نجومی و فیزیک پلاسما-آزمایشگاهی می‌توانند با جزئیات مورد تحقیق و بررسی قرار گیرند. شرایط فیزیکی مربوطه را نمی‌توان در آزمایشگاه‌های روی زمین فراهم کرد و به‌علاوه نمی‌توان تحقیقات را از راه دور یعنی از مسافت‌های نجومی به انجام رساند. برای این کار، سنجش‌هایی در نزدیکی خورشید ضروری می‌باشند. زیرا، فقط در آنجا محیط میدانی و محیط ذرات، هنوز نسبتاً به صورت اصلی و بدون تأثیر از عامل دیگری می‌باشند. بزرگترین چالش در این مأموریت، مسئله حرارت زیاد در نزدیک خورشید است. پس می‌بایست این کاوشگر و ابزار آن طوری ساخته شوند که در آن دمای بالا ذوب نشوند. این ابزار در واقع به یک سپر قدرتمند حرارتی نیازمند می‌باشد که بتواند از این ابزار محافظت نماید.

کاوشگر «مدارگرد خورشیدی» می‌بایست از سال ۲۰۱۹ به تحقیقات بر روی خورشید و هلیوسفر داخلی بپردازد. این محدوده اطراف خورشید، به میزان زیاد تحت تأثیر باد خورشیدی و میدان‌های مغناطیسی آن و نیز ذرات پرانرژی

فیزیکدانان، امواج گرانشی [۴۱] را تغییراتی در ساختار فضا زمان (فضا-زمان)^{۴۵} [۴۲] می‌دانند که آلبرت اینشتین آن را در تقریباً ۱۰۰ سال قبل پیش‌بینی کرده بود. در علم فیزیک، فضا-زمان (و نه فضا و زمان) عبارت است از یک مدل ریاضی که زمان و فضا را به صورت در هم تنیده و به عنوان یک کمیت پیوسته با یکدیگر ترکیب می‌کند. براساس فرضیات مفهوم فضای اقلیدسی، جهان سه بعد مکانی و یک بعد زمانی مستقل از هم دارد. در فضا-زمان، سه بعد فضا و یک بعد زمان در هم ادغام می‌شوند و یک محیط پیوسته چهار بعدی را ایجاد می‌کنند. با ترکیب فضا و زمان و ایجاد یک محیط خمیده واحد، فیزیکدان‌ها توانسته‌اند تئوری‌های فیزیک را هم در سطح کیهانی و هم در بعد اتمی ساده‌سازی کنند.

امواج گرانشی تا به امروز هنوز اثبات نشده‌اند. دانشمندان درگیر در این پروژه امیدوار هستند که رهیاب لیسا بتواند این کار را انجام دهد. این مأموریت، یک ردیاب که از دو یا سه کاوشگر تشکیل شده را در نظر گرفته است که در فضا مستقر خواهد گشت. این ردیاب می‌تواند برخلاف امکانات روی زمین، امواج گرانشی به وجود آمده در هنگام انفجار بزرگ را اثبات نماید و بدین ترتیب دانسته‌های جدیدی را در بارهٔ به‌وجود آمدن کیهان به دست ما برساند.

چهار پیشنهاد دیگر هنوز با یکدیگر بر سر جایگاه دومین مأموریت کلاس L در حال رقابت می‌باشند:

- یک تلسکوپ بزرگ اشعهٔ ایکس با نام «آتنا»^{۴۶}، که علاوه بر دیگر وظایفش باید به تحقیق بر روی سیاه چاله‌ها بپردازد،
- «سیارات یخی»^{۴۷}، یک مأموریت دیگر به سوی سیارات بیرونی منظومهٔ شمسی،
- «منشور Prism»^{۴۸}، مأموریتی برای سنجش پرتو پس زمینهٔ کیهانی و
- «یابندهٔ سیارهٔ ناآشنا»^{۴۹}، که باید به ردیابی و بررسی سیارات شبیه زمین بپردازد.

در میان پیشنهادهاتی که قبلاً حذف شده‌اند، پیشنهادهات راجع به انتقال و آوردن نمونه‌هایی از مریخ، پیشنهاد راجع به تحقیقات بر روی ماه و زهره و شهاب‌های آسمانی و نیز پیشنهادهات راجع به فیزیک خورشیدی به چشم می‌خورند.

45. Spacetime

46. Athena

47. Ice Planets

48. Polarized Radiation Imaging and Spectroscopy Mission

49. Exoplanet Finder

50. Cosmic Vision 2015 - 2025

51. Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR)

حدوداً سه سال و نیم به طول می‌انجامد تا مدارگرد خورشیدی به هدف خودش (مدار مورد نظر خودش) برسد و این در حالی است که این کاوشگر از میدان گرانشی زمین و زهره برای به‌دست آوردن حرکت بیشترش استفاده خواهد کرد. مدارگرد خورشیدی، در طول مدت گسترش یافته مأموریتش از سطح اکلیپتیک^{۵۴} خودش خارج می‌شود برای اینکه بتواند تصاویر و اطلاعاتی از مناطق قطبی خورشید را به دست ما برساند.

امکان سفر طولانی به سوی خورشید با استفاده از مانور کمک گرانشی

کاوشگر مدارگرد خورشیدی برای مسیر طولانی خودش به سوی خورشید باید دارای حرکتی چندین برابر باشد که برای این کار از نیروهای جاذبه زمین و زهره کمک گرفته خواهد شد. مدارگرد خورشیدی در حالی که تا فاصله ۰/۲۸ واحد نجومی (= فاصله متوسط زمین تا خورشید) به خورشید نزدیک می‌شود، جو خورشید را با وضوح مکانی بالا مشاهده و بررسی می‌نماید. این کار، همزمان با سنجش‌های ذره‌ای و میدانی در محل انجام می‌شود.

همان‌طور که گفته شد، مدارگرد خورشیدی پس از سه سال و نیم بعد از آغاز حرکتش به مدار مورد نظر خودش می‌رسد و این کاوشگر برای مسیر طولانی خودش به سوی خورشید باید حرکتی چندین برابری داشته باشد که این کار از طریق کمک گرانشی انجام خواهد شد و برای این کار، نیروهای جاذبه زمین و زهره به کار گرفته خواهند شد. در همین مرحله شروع حرکت و انتقال کاوشگر تا رسیدن به مدار مورد نظر، ابزارهای سنجش در محل شروع به کارهای علمی خود و سنجش‌ها خواهند کرد. ابزارهای سنجش از راه دور تازه پس از آن، یعنی وقتی که مدارگرد خورشیدی در مدار اصلی‌اش به دور خورشید قرار گیرد، شروع به کار خواهند کرد. مدت زمان برای چرخیدن به دور خورشید ۱۶۸ روز خواهد بود. درحالی‌که ابزارهای سنجش در محل، در تمام مدت طول مدار مشغول به سنجش خواهند بود، فعالیت ابزار سنجش از راه دور اساساً محدود به سه پنجره زمانی که هر یک تقریباً ۱۰ روز برای هر مدار می‌باشد، می‌شوند. دلیل این کار، مقدار اطلاعات داده شده این ابزار که به وضوح و نسبت بیشتر است و نیز محدودیت‌ها در مقدار انتقالی داده‌ها از کاوشگر تا زمین می‌باشد.

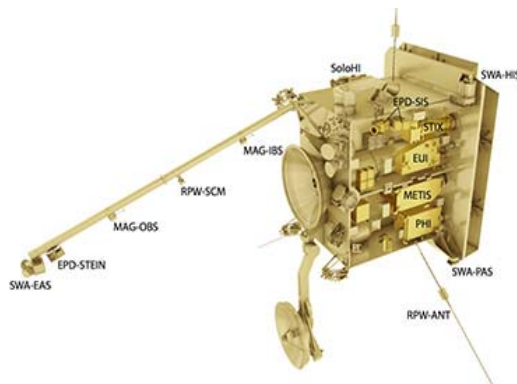
نزدیکترین نقطه - دورترین نقطه

مدارگرد خورشیدی در هنگام رسیدن به خورشید در یک مدار بیضی شکل که نزدیکترین فاصله‌اش تا خورشید^{۵۵} ۰/۲۸ واحد نجومی می‌باشد، قرار خواهد گرفت. این مقدار تقریباً معادل

می‌باشد. سؤال اصلی فیزیک خورشیدی یا هلیوفیزیک امروز این است که، «خورشید چگونه به تولید هلیوسفر می‌پردازد و چگونه بر روی آن تأثیر می‌گذارد و آن را کنترل می‌نماید؟». مدارگرد خورشیدی توسط بارگیری مفید و کامل علمی خود باید ما را برای رسیدن به جواب این مسئله یاری نماید [۴۴].

ده ابزار بررسی‌کننده محیط اطراف خورشید

یک هدف مهم از مأموریت مدارگرد خورشیدی، تعیین نمودن خواص، پویایی (دینامیک) و فعل و انفعالات پلاسما (گازهای دارای بار الکتریکی)، میدان‌ها و ذرات در هلیوسفر نزدیک به خورشید می‌باشد. به‌علاوه، این کاوشگر وظیفه دارد به بررسی ارتباطات بین سطح خورشید، تاج و هلیوسفر داخلی بپردازد. علاوه‌براین، می‌بایست توان، دینامیک و ساختارهای کوچک از فضای مغناطیسی در سراسر محدوده خورشید مورد کاوش قرار گیرد. از سوی دیگر، به وسیله مشاهده میدان‌ها، جریان‌ها و امواج لرزه‌ای^{۵۲} در عرض‌های بالای هلیوگرافی باید اثر دینامو یعنی تولید میدان مغناطیسی خورشید مورد بررسی قرار گیرد. برای این تحقیقات، مدارگرد خورشیدی به وسیله ۱۰ ابزار تجهیز شده است که از یک سو به سنجش خواص فیزیکی باد خورشیدی در اطراف کاوشگر می‌پردازد (سنجش در محل) و از سوی دیگر به وسیله ابزار سنجش از راه دور با وضوح بالا به بررسی سطح خورشید و جو خورشید کمک می‌کند. شکل ۱۸ ترتیب قرارگیری بار مفید بر روی مدارگرد خورشیدی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۸ - ترتیب قرارگیری ابزار بر روی مدارگرد خورشیدی

مدارگرد خورشیدی در سال ۲۰۱۹ و بر روی یک موشک حامل متعلق به سازمان هوافضای آمریکا و از کیپ کاناورال - فلوریدا - ایالات متحده آمریکا^{۵۳} شروع به حرکت خواهد کرد. توسط مانورهای کمک گرانشی، این سفر از زمین تا خورشید

۵۴. طول و عرض سماوی که به نام قطبهای دایره البروج موسوم‌اند.

55. Perihelium

52. Seismic Waves

53. Cape Canaveral, Florida, USA

نام ابزار	اهداف علمی (سنجش ها)	محقق / مرکز مشارکت کننده
		آلمان
مغناطیس سنج	اندازه گیری دقیق میدان مغناطیسی هلیوسفری (خورشید)	ت. هوربوری - کالج امپریال - انگلستان
امواج رادیویی و پلاسما	سنجش میدانهای الکتریکی و مغناطیسی در وضوح زمانی بالا و تعیین خاصیت های امواج باد خورشیدی	م. ماکسیمویچ - رصدخانه پاریس - فرانسه
تجزیه و تحلیل پلاسماهای باد خورشیدی	سنجش خصوصیات یون ها و الکترون های باد خورشیدی (به همراه تراکم، سرعت و دما) سنجش ترکیب یونی عناصر اصلی باد خورشید، تعیین اجزای اصلی باد خورشیدی و پلاسما در مابین فواصل ۰/۲۸ و ۱/۲ واحد نجومی تا خورشید	ک. اوون - آزمایشگاه علوم فضایی مولارد - انگلستان

جدول ۲- ابزار سنجش از راه دور

نام ابزار	اهداف علمی (سنجش ها)	محقق / مرکز مشارکت کننده
تصویربرداری مافوق بنفش مفرط (شدید)	ضبط توانی تصویر از طبقات جوی خورشید از فوتوسنتز تا درون کاج (همزمان با وضوح متوسط برای سراسر خورشید و با وضوح بالا برای یک قسمت از خورشید)	مؤسسه ماکس پلانک برای تحقیقات منظومه شمسی
تلسکوپ چند عنصری جهت تصویرسازی و طیفسنجی	تاج نگار - جهت به تصویر درآوردن تاج خورشیدی در محدوده طول موج قابل رؤیت (قطبی و غیر قطبی) / ماوراء بنفش شدید و نزدیک	مؤسسه ماکس پلانک برای تحقیقات منظومه شمسی
تصویرساز پلاریمتری و هلیوزه ایسمی	تعیین بردار مغناطیسی و سرعت ماده در جهت خط دید در فوتوسفر برای صفحه کامل خورشید و شدت زنجیره در محدوده طول موج قابل رؤیت	محقق: س. ک. زولانکی مرکز: مؤسسه ماکس پلانک برای تحقیقات منظومه شمسی + مؤسسه کپین هوربر برای فیزیک خورشیدی - آلمان
تصویرگر هلیوسفری	مشاهده نور پراکنده شده توسط الکترون های باد خورشید	ر. آ. هاوارد - NRL - ایالات متحده آمریکا
تصویرساز طیفی از محیط پیرامون تاج خورشید	طیفسنجی تصویرساز برای مشخص سازی خواص پلاسماهای تاج خورشید	مؤسسه ماکس پلانک برای تحقیقات منظومه شمسی
طیفسنج اشعه ایکنس/تلسکوپ	طیفسنجی تصویرساز حرارتی و غیر حرارتی خورشیدی از اشعه ایکنس	مؤسسه لایب نیشس برای فیزیک نجومی - پتسدام - آلمان

نتیجه گیری

خورشید، ستاره ای است که تاکنون بیش از هر جسم سماوی دیگر بر روی آن مشاهدات و تحقیقات صورت گرفته است.

است با ۴۰ میلیون کیلومتر. این کاوشگر به هنگام هر بار عبور در این مکان، برای مدت چند روز تقریباً هماهنگ با خورشید خواهد چرخید. به دلیل همین ویژگی این مدار، این امکان وجود دارد که بتوان به بررسی پدیده ها در یک مکان ثابت از خورشید و آن هم برای مدت زمانی بیشتر پرداخت. دورترین نقطه آن مدار^{۵۶}، فاصله اش تا خورشید ۰/۹ واحد نجومی می باشد، یعنی تقریباً ۱۳۵ میلیون کیلومتر. مدارگرد خورشیدی در تمام مدت این مأموریت، مانورهای کمک گرانشی دیگری را نیز در مجاورت سیاره زهره انجام خواهد داد که با هر یک از این مانورها، شیب مدار و یا به عبارتی گرایش و تمایل سطح مدار نسبت به خط استوای خورشید افزایش خواهد یافت. بدین ترتیب مدارگرد خورشیدی برای اولین بار، چشم انداز بر روی قطب خورشید را به کمک ابزار نوری و بصری ممکن خواهد ساخت. این کاوشگر در پایان مدت مأموریت خود که تقریباً هفت سال می باشد، دارای یک تمایل ۲۵ درجه ای خواهد بود.

به طور کلی می توان گفت که چهار سؤال اصلی علمی مأموریت مدارگرد خورشیدی عبارتند از:

- ۱- پلاسما و میدان مغناطیسی باد خورشیدی، چگونه و کجا در تاج خورشیدی به وجود می آیند؟
 - ۲- رخدادهای گذرا بر روی خورشید، چگونه باعث تغییرپذیری هلیوسفر می شوند؟
 - ۳- فوران های خورشیدی، چگونه پرتو ذرات پراثرزی پرکننده هلیوسفر را تولید می کنند؟
 - ۴- دینام خورشیدی چگونه عمل می کند و چگونه روابط بین خورشید و هلیوسفر را تحت تأثیر قرار می دهد؟
- همان طور که گفته شد، جهت بارگیری مفید علمی مأموریت مدارگرد خورشیدی، ده ابزار انتخاب شده است. این مجموعه گسترده از ابزار، تحقیقات علمی متنوعی را ممکن می سازد، از سنجش های در محل در مجاورت خورشید و در خارج از اکتیویتهای گرفته تا مشاهدات اکتشافی خورشید و محیط پیرامون آن از راه دور.
- در جدول ۱ و ۲ نام ابزار نصب شده بر روی مدارگرد خورشیدی، اهداف علمی آنان و نام مراکز مشارکت کننده در این پروژه و احتمالاً محقق یا مسئول بیان شده است:

جدول ۱- ابزار سنجش در محل

نام ابزار	اهداف علمی (سنجش ها)	محقق / مرکز مشارکت کننده
ردیاب ذرات پراثرزی	ترکیب، رفتار زمانی و عملکرد توزیع ذرات مافوق حرارتی و پراثرزی	مؤسسه فیزیک تجربی و کاربردی، دانشگاه کیل -

- [20] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Gravity_assist
- [21] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/WIND_(spacecraft)
- [22] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Solar_and_Heliospheric_Observatory
- [23] Available: [on line], astronomieimunterricht.jimdo.com/themen/sonne/erforschung-der-sonne/
- [24] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Solar_and_Heliospheric_Observatory
- [25] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Lagrangian_point
- [26] Available: [on line],fa.wikipedia.org/wiki
- [27] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/TRACE
- [28] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Genesis_(spacecraft)
- [29] Available: [on line],www.raumfahrer.net/astronomie/sonnensystem/sonne.shtml
- [30] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/STEREO
- [31] Available: [on line],de.wikipedia.org/wiki/Solar_Dynamics_Observatory
- [32] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Kuafu_project
- [33] Available: [on line],solar-center.stanford.edu/FAQ/Qcorona.html
- [34] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Parker_Solar_Probe
- [35] Available: [on line],www.dlr.de/rd/de/desktopdefault.aspx/tabid-2448/3635_read-38752/
- [36] Available: [on line],www.tagesspiegel.de/wissen/esa-entscheidet-ueber-grosse-weltraummissionen-missionen-fuer-milliarden/9014016.html
- [37] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/CHEOPS
- [38] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Jupiter_Icy_Moons_Explorer
- [39] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Euclid_(spacecraft)
- [40] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/LISA_Pathfinder
- [41] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Gravitational_wave
- [42] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Spacetime
- [43] Available: [on line],www.mps.mpg.de/sonnenforschung/solar-orbiter
- [44] Available: [on line],www.dlr.de/rd/de/desktopdefault.aspx/tabid-2448/3635_read-38752/

حیات کره زمین و دیگر اجزای منظومه شمسی وابسته به خورشید می‌باشد. مشاهده خورشید و تحقیقات بر روی آن می‌تواند ما را به پاسخ سؤالاتی که سالیانی چند در ارتباط با کیهان داریم، برساند. با پیشرفت علم و فناوری، ما توانستیم به خورشید نزدیکتر شویم و به مطالعه بر روی خورشید، لکه‌های خورشیدی، بادهای و طوفان‌ها و شراره‌های خورشیدی و ... پردازیم و به پاسخ برخی از سؤالاتی که داشتیم برسیم. اکنون با پیشرفته‌تر شدن ابزار و علوم، این امکان را داریم که کاوشگر مدارگرد خورشیدی را تا فاصله ۴۰ میلیون کیلومتری به سوی خورشید بفرستیم. اکنون همه محققان در انتظار مشاهدات و سنجش‌های ابزار مدارگرد خورشیدی و آن اطلاعاتی ارسالی به زمین هستند و بدین طریق، زمینه را برای پیشرفت‌های دیگر علمی در آینده، هموارتر می‌شود.

مراجع

- [1] Available: [on line],www.raumfahrer.net/astronomie/sonnensystem/sonne.shtml
- [2] Available: [on line], astronomieimunterricht.jimdo.com/themen/sonne/erforschung-der-sonne/
- [3] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Sun
- [4] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Sun
- [5] Available: [on line],www.raumfahrer.net/astronomie/sonnensystem/sonne.shtml
- [6] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Sun
- [7] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Parker_Solar_Probe
- [8] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Sun
- [9] Available: [on line],www.dlr.de/rd/desktopdefault.aspx/tabid-2448/3635_read-38752
- [10] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Sun
- [11] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Stonehenge
- [12] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Sunspot
- [13] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Sunspot
- [14] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Zeeman_effect
- [15] Available: [on line],de.wikipedia.org/wiki/Sonne
- [16] Available: [on line],fa.wikipedia.org/wiki
- [17] Available: [on line],en.wikipedia.org/wiki/Skylab
- [18] Available: [on line],fa.wikipedia.org/wiki
- [19] Available: [on line],fa.wikipedia.org/wiki