قانون سوم کپلر و مأموریت فضاپیمای کپلر

ترجمهٔ مرجان روح‌نواز

اشاره

سالی که گذشت با تمام رویدادهای نجومی و فضایی هیجان‌انگیزی که دربرداشت، سالی مهم برای تصمیم‌گیری درباره سرنوشت سیارات زیست‌پذیری همانند زمین بود. چرا که سرانجام دانشمندان ناسا موفق شدند تا با در نظرگرفتن تمهیداتی، مأموریت فضاپیمای کپلر[1] برای یافتن این سیارات را در برنامه‌ای جدید به نام K2 ادامه دهند. نوشتار زیر چکیده‌ای است از فعالیت‌های فضاپیمای کپلر و اهداف آن.

کلیدواژه‌ها: فضاپیمای کپلر، موجودات هوشمند، سیارات فراخورشیدی، کهکشان راه‌شیری

اهداف اصلی مأموریت کپلر

پرسشی دیرینه که همه را سرگرم ساخته، این است که آیا موجودات هوشمندی ورای منظومه خورشیدی ما وجود دارند یا خیر؟ تا سال ۱۹۹۵ پاسخ به این پرسش منحصر به برآورد تعداد ستارگان کهکشان‌ها ـ نزدیک به صدها میلیارد ـ می‌شد در حالی‌که بجز در مورد خورشید خودمان و تپ اختر PSBB۱۲۵۷+۱۲ (در صورت فلکی دوشیزه[2]) هیچ گواهی برای اینکه این ستاره‌ها سیاره‌ای هم داشته باشند، وجود نداشت. از سال ۱۹۹۵ وکشف نخستین سیاره فراخورشیدی که به دور ستاره‌ای همانند خورشید می‌گشت تا پرتاب کپلر در سال ۲۰۰۹، صدها سیاره فراخورشیدی یافت شده‌اند، اما بیشتر آن‌ها سیاراتی غول پیکر و داغ هستند که احتمال وجود زندگی در آن‌ها بسیار کم است.

نخستین مأموریت فضاپیمای کپلر (۲۰۱۳-۲۰۰۹) یافتن پاسخی به این پرسش بود که در کهکشان راه‌شیری سیاراتی در اندازه‌های زمین در منطقه زیست‌پذیر ستارگان خورشید مانند، بسیارند یا اندک؟ دانشمندان براساس داده‌های به دست آمده از ۱۹۰۰۰۰ ستاره، برآوردهایی آماری از فراوانی سیارات فراخورشیدی در اندازه‌ها و شعاع‌های مداری گوناگون به‌دست آوردند. کپلر سیارات فراخورشیدی را در فاصله‌ای از ستاره میزبان که وجود آب مایع در سطح سیاره ممکن باشد دنبال می‌کرد. این ناحیه، ناحیه زیست‌پذیر ستاره نامیده می‌شود و ستارگان خورشیدمانند در این میان مهم‌ترین گزینه‌ها بودند.

روش‌های جست‌وجوی سیارات

پیش از کپلر بیشتر سیارات فراخورشیدی با اندازه‌گیری‌های دقیق انتقال دوپلری در طیف ستاره میزبان ـ به دلیل کشش گرانشی این سیارات بر آن ـ ردیابی می‌شدند. این روش، به «سرعت شعاعی» معروف است چرا که به اندازه‌گیری تغییرات سرعت ستاره در جهت یا خلاف جهت ما متکی است. دانشمندان از این روش که می‌تواند موضوعی جالب برای چالش و پژوهش در کلاس‌های نجوم باشد برای تعیین جرم سیاره فراخورشیدی استفاده می‌کنند. کپلر از «روش گذار» برای یافتن این سیارات استفاده می‌کند. در پدیده گذار هنگامی که سیاره از مقابل ستاره میزبان خود می‌گذرد، کسری از نور ستاره را می‌گیرد و باعث می‌شود تا ستاره اندکی تیره‌تر دیده شود.

هنگامی که کپلر گذارهایی همانند به مدت چندین ساعت را که در بازه‌های زمانی منظم تکرار می‌شوند ـ همانند گذارهای سیارات درونی دستگاه خورشیدی ما ـ دریافت کند می‌توان پنداشت که گزینه مناسبی برای سیاره فراخورشیدی یافته است. گمانه‌های نادرست مانند تغییرات درخشندگی حاصل از دستگاه ستارگان دوتایی را که در خط دید ما و ستاره هدف قرار دارند با توجه به اینکه منحنی‌های نوری که به‌وسیله کسوف دوتایی‌ها پدید می‌آید (V شکل، ناشی از افت درخشندگی) از منحنی‌های نوری ناشی از گذار سیارات (U شکل) متفاوت هستند، می‌توان از بین گزینه‌ها کنار گذاشت (شکل ۱). افزون‌بر این در بیشتر موارد دومین گذار (کسوف) ستارگان دوتایی از نخستین

گـذار آن‌هـا بسـیار متفاوت اسـت. گرچـه برخـی سـتارگان دوتایی کـه زمان دو کسوفشـان نزدیـک به‌هـم اسـت دوره‌هـای تناوب کوتاهـی هماننـد دوره تناوب سـیارات فراخورشـیدی دارنـد کـه کپلـر یافت، ولـی دوره تناوب بیشـتر آن‌هـا روزها، هفته‌ها، ماه‌ها یا شـاید سـال‌ها بـه درازا می‌کشـد. گمانه‌هـای نادرسـت دیگر نیز با رصدهای آینده کنار گذاشـته می‌شـوند و سـرانجام بـرای مـوارد بازمانده آنچه باید تعیین شـود این اسـت که احتمال اینکـه جرم رصد شـده یک سـیاره باشـد نـه جرمی دیگـر، چند درصد اسـت؟

گـذار سـیاره‌ای فراخورشـیدی بـه انـدازه زمیـن تغییـرات کمی در درخشـندگی سـتاره به وجـود مـی‌آورد ـ کاهشـی به انـدازه ۸۰ در یک میلیـون[3] ـ و معمولاً کمتر از یـک روز به درازا می‌کشـد. رصدهـای انجـام شـده از زمیـن می‌توانـد بـرآورد انـدازه سـتارگان هـدف را بهبود بخشـد و در صـورت امـکان، جـرم سـیاره را بـا بهره‌گیـری از اندازه‌گیـری سـرعت شـعاعی می‌تـوان پیـدا کرد.

انـدازه سـیاره فراخورشـیدی را می‌تـوان از کاهـش قـدر درخشـندگی آن ـ عمـق گـذار ـ و اندازه سـیاره میزبان به‌صورت زیر محاسـبه کرد: دوره تناوب مداری سـیاره فراخورشـیدی از روی زمـان بیـن گذارهای پیاپی مشـخص می‌شـود؛ از این مقـدار و جرم سـتاره و بهره‌گیری از قانـون سـوم کپلـر در حرکت مداری سـیارات برای محاسـبه اندازه نیم محـور بزرگ بیضی مـدار ـ کـه فاصلـه میانگیـن سـیاره فراخورشـیدی از سـتاره خـود در نظـر گرفته می‌شـود، اسـتفاده می‌کنیم. اکنون با دانسـتن مسـافت سـیاره فراخورشـیدی از سـتاره میزبان و دما و شـعاع سـتاره از فرمول تابش جسـم سـیاه برای مشـخص کردن انرژی دریافت شـده توسط سـیاره بهـره می‌گیریـم و دمـای آن را بـرآورد می‌کنیـم. بـا ایـن کار می‌تـوان پیش‌بینی کرد کـه آیا سـیاره در منطقه زیسـت‌پذیر سـتاره خـود قـرار دارد یا خیر؟

تجهیزات کپلر

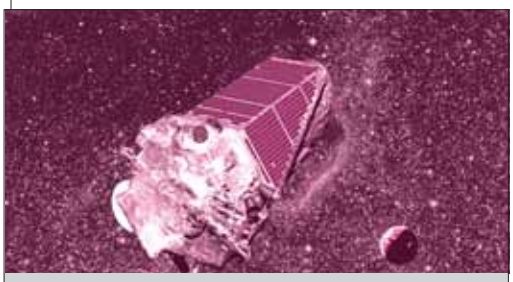
قلـب تلسـکوپ فضایی کپلر نورسـنجی بسـیار حسـاس اسـت که بـا دقتی تمـام تغییرات درخشـندگی را اندازه می‌گیرد (شـکل ۳). این نورسـنج با ۴۲ حسـگر CCD[4] و مجموع توان تفکیک ۹۵ مگاپیکسـل، بزرگترین نورسـنجی اسـت که تاکنون به فضا پرتاب شـده اسـت. می‌توانید این مقدار پیکسـل را با شـمار پیکسـل‌های دوربین ccd گوشـی همراهتان مقایسه کنیـد (هنگامـی کـه کپلر به فضـا پرتاب شـد آی‌فون از فنـاوری دوربین‌های ۳ مگاپیکسـلی بهـره می‌بـرد و در سـال ۲۰۱۴ تـوان تفکیک دوربین گوشـی‌ها ۸ تا ۴۰ مگاپیکسـل بود).

بـا بهره‌گیـری از طراحـی تلسـکوپ بازتابـی اشـمیت، پهنـای میـدان تلسـکوپ کپلـر تقریباً ۱۵° اسـت. دریچه دیافراگم ۰/۹۵ متری کپلر آن را بزرگ‌ترین تلسـکوپ میدان دید ـ گسترده‌ای کرده که تا سـال ۲۰۱۴ در مدار زمین قرار گرفته اسـت . گسـتره این میدان دید به دانشـمندان اجازه می‌دهد که همزمان و پیوسـته گذار بیش از ۱۷۰۰۰۰ سـتاره را ردیابی کنند.

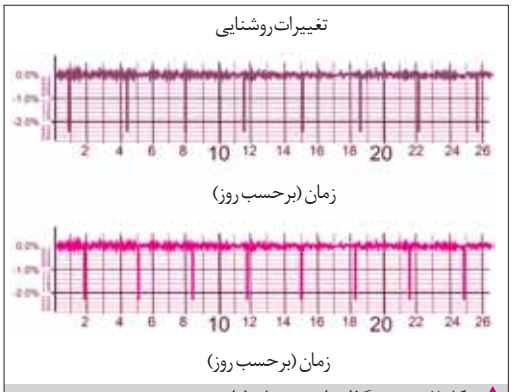
از آنجـا کـه سـیاره‌ای به انـدازه زمین کاهـش اندکی به انـدازه کمتـر از ۰/۰۱ درصد (کمتر از ppm ۱۰۰) در درخشـندگی سـتاره خـود ایجـاد می‌کنـد، نورسـنج ایـن تلسـکوپ بایـد حساسـیت بسـیار نسـبت به نوفه‌هـای کمتـر از ppm ۲۰ داشـته باشـد. ردیابی سـیاراتی به انـدازه زمیـن ماننـد این اسـت که هنگامی که نور چراغ ماشـینی واقع در دوردسـت بـه اندازه نقطـه‌ای نورانـی بـه چشـم می‌آیـد، بخواهیم حشـره‌ای کـه از جلوی ایـن چراغ می‌گـذرد را ردیابـی کنیـم. چنیـن دقتی به دلیل اثرات جـوی از رصدهای روی زمیـن برنمی‌آید بنابراین کپلـر بـه فضـا پرتاب شـده اسـت تـا بـدون رویدادهای مزاحـم رصـد، مانند طلوع خورشـید، روشـنایی روز، ابـر، مـه و طوفان‌هـای جوی بتـوان رصدی پیوسـته از گذارها داشـت.

کپلر به کجا نگاه می‌کند؟

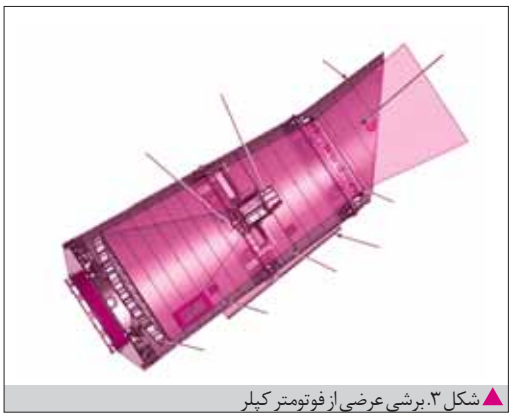
رعایـت کـردن این نکته مهم اسـت که نقطه‌ای که کپلر به آن نشـانه مـی‌رود نزدیک اجرام نورانـی ماننـد خورشـید، ماه و سـیاراتی نباشـد کـه در امتـداد دایره‌البروج حرکـت می‌کنند. میـدان دیـد کپلـر صورت‌های فلکی قو[5] و شـلیاق[6] در ۵۵° بالای صورت فلکـی و اندکی خارج



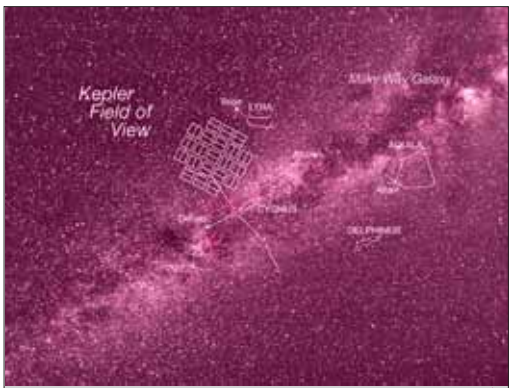
شکل ۱. تفاوت بین منحنی‌های نوری الف) گذارهای U- شکل (سیارات) و ب)V-شکل(ستارگان دوتایی)
منبع: Astronomy - September 2015
برای درک بهتر، شکل به متن مقاله افزوده شده است/اصل آن پیوست فایل‌های مقاله‌است.



شکل ۲. منحنی گذار برای دو سیاره فراخورشیدی



شکل ۳. برشی عرضی از فوتومتر کپلر



شکل ٤. میدان دید کپلر

از صفحه کهکشان راه‌شیری بود که ستارگان بی‌شماری را دربرداشت ـ اما نه آن‌قدر زیاد که نتوان آن‌ها را از یکدیگر تشخیص داد. برای این کار ستارگانی به اندازه خورشید و کوچک‌تر از آن برگزیده شدند.

فضاپیمای کپلر مداری خورشید مرکز با دوره تناوب ۳۷۲/۵ روز را می‌پیماید (که اندکی از مدار زمین طولانی‌تر) و به همین دلیل دوره تناوب آن کمی از سال زمینی بیشتر می‌شود (شکل ۵). می‌توان برای تمرین از دانش جویان خواست تا محاسبه کنند چه مدت طول می‌کشد تا زمین با دوره تناوب گردش ۳۶۵/۲۵ روز به فضاپیمای کپلر برسد؟

(پاسخ: سال/ روز ۳۶۵/۲۵ سال/ روز ۳۷۲/۵ / ۳۶۵/۲۵ روز)

یافته‌های کپلر

کپلر در نخستین ماه‌های مأموریت خود (مارس ۲۰۰۹)، ۵ سیاره فراخورشیدی غول پیکر را یافت که همگی با دمایی بالای ۱۵۰۰K (۱۱۰۰ °C) یک مشتری داغ بودند که به دور ستارگان میزبان خود می‌چرخیدند.

در ژانویه ۲۰۱۵ کپلر ۴۱۱۷ نامزد دیگر را شناسایی کرد که ۱۰۱۳تای آن‌ها سیاره فراخورشیدی تشخیص داده شدند. این سیارات از نظر اندازه به دو دسته تقسیم می‌شدند: کوچک‌تر از نپتون و بزرگ‌تر از زمین (سیاره‌ای در این اندازه در دستگاه خورشیدی ما یافت نمی‌شود) کادر کناره مقاله چکیده‌ای است از برخی یافته‌های کپلر.

مأموریت کنونی کپلر

گردآوری داده برای مأموریت نخستین کپلر در ۱۱ می ۲۰۱۳ به‌دلیل خرابی یکی از چرخ‌های واکنشی (ژیروسکوپ[7]) فضاپیما متوقف شد. برای هدف‌گیری دقیق تلسکوپ به میدان دید ثابت خود، ۳ ژیروسکوپ مورد نیاز است. در پاییز ۲۰۱۳ دانشمندان و مهندسان روشی ابداع کردند تا فرایند هدف‌گیری تنها به دو ژیروسکوپ نیاز داشته باشد. اما مشکل اصلی در این راه فشار تابش خورشیدی برفضاپیماست که آن را از میدان دید خود منحرف می‌کند. برای هدف‌هایی که در صفحه مداری زمین قرار دارند، گشتاور فشار تابش خورشیدی کمترین اندازه را دارد و تنها ۲ ژیروسکوپ نیاز است تا دقت هدف‌گیری برآورده شود. در می ۲۰۱۴ سازمان فضایی آمریکا، ناسا، مأموریتی جدید به نام k۲ برای کپلر معین کرد که هدف آن فراتر از مأموریت نخستین بود. k۲ نیز در پی یافتن سیارات فراخورشیدی است اما اخترشناسان به‌وسیله آن می‌توانند با دقت نورسنجی که در تاریخ اخترشناسی سابقه نداشته است آن‌ها را مشاهده کنند.

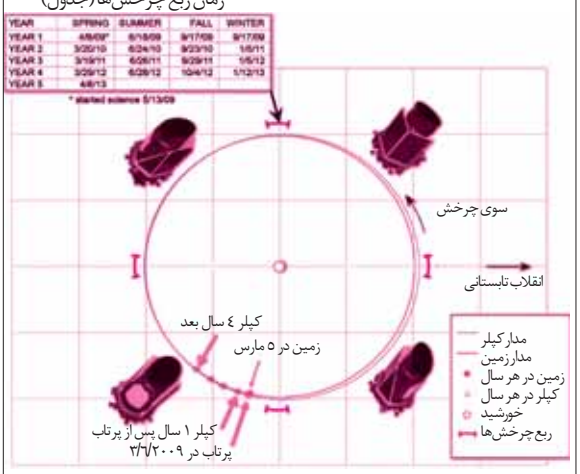
برنامه‌های آینده

تلسکوپ‌های فضایی آینده جو سیارات فراخورشیدی را با طیف‌نمایی خواهند کاوید تا نشانی از زندگی در آن‌ها بیابند. مهم‌ترین گزینه‌های مورد نظر دانشمندان برای یافتن زندگی وجود دی‌اکسید کربن، آب، متان، اکسیژن و اوزون در جو این سیارات است. چرا که دست کم وجود این مولکول‌ها در جو زمین سبب پیدایش و حفظ حیات شده است. اخترشناسان از پروژه ستی (SETI[8]) برای دریافت سیگنال‌هایی در طیف الکترومغناطیس دریافتی از سیارات فراخورشیدی کپلری بهره خواهند برد تا شاید نشانه‌هایی از فناوری فرازمینی بیابند. فضاپیمای کپلر گامی آغازین برای یافتن حیات ورای منظومه شمسی بود و همان‌گونه که بیل بوروکی از پژوهشگران ارشد کپلر می‌گوید: «حتی اگر خود فرازمینی‌ها را نیابیم شاید زیستگاه آن‌ها را پیدا کنیم».

زمان ربع چرخش‌ها (جدول)

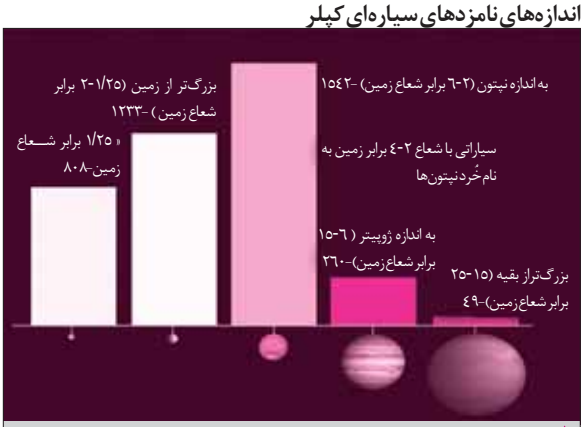
YEAR	SPRING	SUMMER	FALL	WINTER
YEAR 1	4/6/09*	6/13/09	9/17/09	9/17/09
YEAR 2	3/25/10	6/24/10	9/23/10	1/6/11
YEAR 3	3/19/11	6/28/11	9/29/11	1/6/12
YEAR 4	3/29/12	6/29/12	10/4/12	1/12/13
YEAR 5	4/8/13			

* started science 5/13/09



▲ شکل ۵. مدار فضاپیمای کپلر

اندازه‌های نامزدهای سیاره‌ای کپلر



▲ شکل ٦. توزیع اندازه نامزدهای سیارات فراخورشیدی تا ژانویه ۲۰۱۵ (براساس داده‌های ٤ ساله کپلر)

نتایج مأموریت نخستین کپلر. بررسی داده‌ها هنوز ادامه دارد و این‌ها تنها نمونه‌های مهم از کشفیات کپلر تا به امروز هستند.برای جزئیات بیشتر تارنمای زیر را ببینید:
/http://kepler.nasa.gov/news

۸-۲٦-۲۰۱۰ کشف نخستین سیارات فراخورشیدی کپلر ۹cو ۹b که هر دو به دور یک ستاره می‌چرخیدند با ردیابی تغییرات زمانی گذار آن‌ها.

۱۰-۱٦-۲۰۱۲ در یک پروژه نجوم شهروندی به نام «شکارچیان سیاره[9]» با استفاده از داده‌های کپلر در منظومه‌ای ٤ ستاره‌ای، سیاره‌ای که به دور ۲ ستاره می‌چرخید، یافت شد.

۱۰-۳۰-۲۰۱۳ کشف کپلر ۷۸b نخستین سیاره با اندازه و جرم زمین.

۰۵-۱٦-۲۰۱٤ تصویب مأموریت کپلر به نام K۲ با دو ژیروسکوپ باقی‌مانده در امتداد دایره‌البروج.

۰۱-۰٦-۲۰۱۵ ردیابی ۱۰۰۰مین سیاره در منطقه زیست‌پذیر ستاره خود توسط کپلر.

برای رعایت اختصار، شکل‌های هنری و بخشی از سیارات درون کادر، از مقاله حذف شده‌اند. تنها برخی رویدادهای مهم آورده شده و بقیه به آدرس تارنمای بالا ارجاع شده‌اند.

پی‌نوشت‌ها

1.The Physics Teacher, April 2015, Kepler's Third Law and NASA's Kepler Mission
2. Virgo
3. parts per million
4. charge- coupled devices
5. Cygnus
6. Lyra
۷. چرخ‌های واکنشی در واقع ژیروسکوپ‌هایی هستند که کپلر را رو به میدان آماج خود ثابت نگه می‌دارند.
8. search for extraterrestrial intelligence
(جست‌وجوی هوش فرازمینی)
9. planet hunters