گشتاور

GASHTAVAR

فصلنامه انجمن علمی دانشجویی
مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز
شماره بیست و یکم
ویژه‌نامه پاییز ۱۴۰۱



شناسنامه

صاحب امتیاز نشریه انجمن علمی مکانیک دانشگاه تبریز

تاریخ اخذ مجوز: ۱۳۹۰/۸/۲۹

شماره مجوز: ۵۴۴ ک.ن.ت

استاد مشاور: دکتر محمدعلی حامد

مدیرمسئول: سید هادی هاشمی

سردبیر: آرمین خان محمدی

دبیران علمی: امیررضا جواهریان، دل‌آرا غنینی، عرفان وحیدمحمدنیا

دبیر خبری: علیرضا جباری

ویراستار: احسان نایبی

طراحی گرافیک و صفحه آرایی: حسین مهرجویی

وَ السَّـــمَاءَ بَنَيْنَاهَا بِأَيْدٍ وَ إِنَّا لَمُوسِعُونَ

و ما آسمان را با قدرت بنا کردیم، و همواره آن را وسعت می‌بخشیم!

سوره الذاریات، آیه ۴۷

فهرست



قدم بعدی چیست؟



نگین جلالی میلانی

دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز



کهکشان‌ها راهی برای ارتباط بین پیچیدگی و سادگی نسبی جهان



علیرضا بیگلری

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک دانشگاه علم و صنعت



از تفاوت‌های جیمز وب با هابل تا آینده درخشان‌اش (در قالب مصاحبه)



سهیل کاظم پور

دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز



تحولی شگرف در اخترشناسی



محمد علی اله ربی شیرازی

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سیستم های انرژی دانشگاه شیراز



خطای حاصل از گرد کردن اعداد



امیر حبیبی کیا

دانشجوی کارشناسی حسابداری دانشگاه علامه طباطبایی



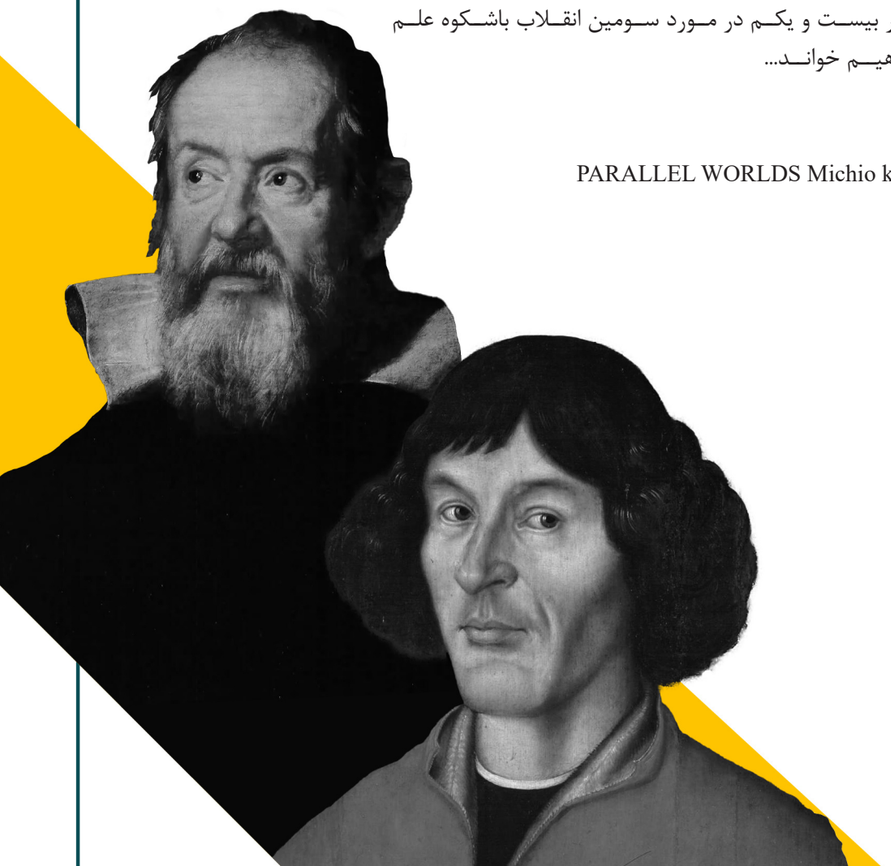
زهرا موسوی

دانشجوی کارشناسی حسابداری دانشگاه علامه طباطبایی

سرمقاله

ما انسان‌ها در جستجوی یافتن راهی هستیم تا با روش تجربی منشاء جهان را کشف کنیم؛ چونان پنجره‌ای به سوی آگاهی ما، از جهانی که خود ما را پدید آورده است. این خواست راستین انسان‌ها، چیزی است که روح انسان می‌طلبد.
- جوزف کمپبل

کیهان‌شناسی در چند کلمه عبارت است از مطالعه کامل کائنات، شامل تولد و سرنوشت احتمالی آن، تعجبی ندارد که سیر تکاملی کیهان‌شناسی، در سایه عقاید تعصب‌آمیز و خرافات دینی، دستخوش دگرگونی‌های بسیاری شده باشد.
اولین انقلاب در کیهان‌شناسی، با ظهور تلسکوپ در قرن شانزدهم پدید آمد. گالیله پیرو تلاش های ستاره‌شناسان بزرگی چون نیکولاس کپرنیک و یوهان کپلر، با کمک تلسکوپ توانست برای اولین بار شکوه و جلال افلاک را به محدوده تحقیقات علمی وارد کند. دومین انقلاب در کیهان‌شناسی، با ظهور تلسکوپ‌های بزرگ قرن بیستم، مثل تلسکوپ مونت ویلسون، به وقوع پیوست و ستاره شناسی به‌نام ادوین هابل از این تلسکوپ عظیم الجثه برای براندازی قرن اعتقادات تعصب‌آمیز، مبنی بر اینکه جهان ساکن وفناناپذیر است، استفاده کرد.
و اینک در گشتاور بیست و یکم در مورد سومین انقلاب باشکوه علم کیهان‌شناسی خواهیم خواند...



برگرفته از کتاب PARALLEL WORLDS Michio kaku

قَـــــدم بعدی چیست؟

حدود چهار قرن پیش، در سال ۱۶۰۹ میلادی گالیلئو گالیله، پدر اخترشناسی رصدی اولین تلسکوپ را اختراع کرده و در شب، آسمان پر ستاره را نگریست. او توانست تپه‌های روی سطح ماه، حلقه‌های زحل، قمرهای مشتری و حتی کهکشان راه شیری را ببیند. انسان‌ها بعد از گذشت حدود سیصد سال پیشرفت‌های چشم‌گیری در تمام زمینه‌های علمی به خصوص اخترشناسی داشتند تا جایی که در سال ۱۹۲۳ طرح اولیه بزرگترین و پر کاربرد ترین تلسکوپ آن زمان ارائه شد. در دهه ۱۹۷۰ میلادی بر روی این پروژه سرمایه‌گذاری شد و سر انجام در سال ۱۹۹۰ تلسکوپی که با نام هابل میشناسیم، ماموریت خود را آغاز کرد. تلسکوپ هابل یکی از مهم ترین ابزار ساخته شده در تاریخ علم است و به پژوهشگران کمک‌های شایانی کرده است. حتی قبل از پرتاب هابل سوالی که ذهن منجمان را مشغول کرد این بود: قدم بعدی چیست؟ این سوال منجر به ارائه ایده اولیه تلسکوپ جدیدی در خلال سال‌های ۱۹۸۹ و ۱۹۹۴ شد. این ایده در سال ۱۹۹۶ با نام تلسکوپ نسل بعدی (Next Generation Space Telescope) رسمی شد.

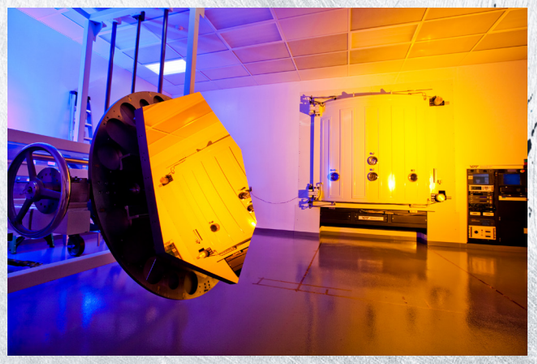
تلسکوپ نسل بعدی، تلسکوپ فروسرخی با قطر آینه چهار متر و یا بیشتر بود. قسمت متفاوت داستان این بود که پیشنهاد شد این تلسکوپ در مداری ورای مدار ماه معادل ۳ واحد نجومی به دور خورشید بچرخد که این ایده توسط دانشمندان و مهندسان بررسی شد و اعلام کردند که این کار شدنی است. سال‌ها تحقیقات برای رسیدن به تکنولوژی مورد نیاز انجام شد؛ تا سال ۲۰۰۲ میلادی تیم فنی و منجمان برگزیده شدند. در همان سال نام این پروژه به احترام جیمز وب، مدیر سازمان فضایی ناسا که در پروژه آپولو نقش کلیدی داشت، عوض شد. در سال ۲۰۰۴ ساخت تلسکوپ جیمز وب به طور رسمی آغاز شد.

اندازه‌ی آینه اصلی نسبت به طرح اولیه کاهش یافت؛ با این حال تلسکوپ جیمز وب با آینه‌ای که قطر آن ۶/۵ متر است، قابل مقایسه با هیچ ابزار پرتاب شده‌ای تا به این روز نمی‌باشد. این ابعاد انتقال آن به فضا را غیرممکن می‌کرد؛ راه‌حلی که برای این مشکل ارائه شد این بود که آینه اصلی تلسکوپ دارای سه قسمت باشد که هنگام باز شدن کنار هم قرار بگیرند و آینه‌ی واحدی را تشکیل بدهند؛ که البته به دلیل ایجاد انحراف نوری این آینه نمی‌توانست به هر شکلی باشد. مهندسان ناسا آینه‌ی تلسکوپ را از هجده قسمت جداگانه ساختند که هر قسمت به شکل شش ضلعی می‌باشد. علل استفاده از طرح شش ضلعی، ضریب پرشدن بالای این شکل و توانایی تا شدن در محفظه موشک می‌باشند.

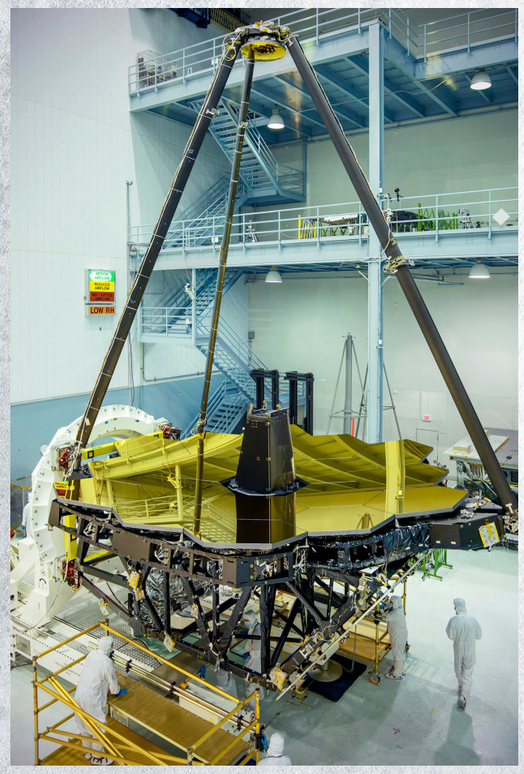
تلسکوپ جیمز وب نیز مثل اکثر تلسکوپ‌های دیگر، از طراحی کاسگرین استفاده می‌کند؛ یعنی هجده آینه به صورت اختصاصی کنار هم چیده شده‌اند و در مرکز آنها یک سوراخ قرار دارد. پشت این سوراخ مرکزی چشمی قرار گرفته است، نور به آینه مقعر اصلی تلسکوپ برخورد کرده و سپس به سمت آینه‌ی ثانویه که دارای سطح محدب است هدایت می‌شود. آینه‌ی ثانویه نور بازتاب شده را به سمت چشمی پشت سوراخ مرکزی هدایت می‌کند. در تلسکوپ‌هایی که از طراحی کاسگرین استفاده می‌کنند، فاصله‌ی کانونی زیاد بوده و همین باعث کاهش اعوجاج در تصاویر می‌شود.



شکل ۱– فرایند ساخت تلسکوپ



شکل ۲– شکل شش ضلعی آینه‌ها



شکل ۳– طراحی کاسگرین

در ساخت آینه تلسکوپ از فلز بریلیم استفاده شده است، حجم این فلز در دمای پایین تغییر چندانی نمی‌کند و می‌تواند سطح صاف و صیقلی با دقت بالا داشته باشد؛ همچنین بریلیم هم سبک و هم مقاوم بوده و این باعث شده است که تلسکوپ جیمز وب به اندازه کافی سبک باشد. از فلز طلا نیز به عنوان روکش استفاده شد، چون طلا در بازتاب طول موج فروسرخ قدرت بالایی دارد. فلز طلا در برابر تغییرات دمایی حساس می‌باشد به همین دلیل این روکش به گونه‌ای استفاده شده است که در مشخصات فیزیکی آینه تاثیر چندانی نداشته باشد. به منظور دریافت نورهای فروسرخ، دمای تلسکوپ بایستی به شدت پایین باشد به دلیل اینکه اگر آینه‌ی تلسکوپ گرم می‌بود، از خود پرتو فروسرخ ساطع میکرد و نور ضعیف کهکشان های دور در این میان گم می‌شد. دمایی که برای تلسکوپ در نظر گرفته شد حدود ۲۲۰ درجه سانتی گراد می‌باشد. به منظور رسیدن به این دما راهکارهایی ارائه شد که یکی از آنها سپر خورشیدی است؛ این سپر خورشیدی پنج لایه بوده و از ماده‌ی بسیار نازکی به نام کپتون ساخته شده است. کپتون پلی آمیدی با مقاومت حرارتی بالا بوده و در طیف گسترده‌ای از دما (۲۶۹ تا ۴۰۰ درجه سانتی گراد) پایدار می‌باشد. علت پنج لایه بودن سپر این است که در بین این لایه ها فضای خلا وجود دارد که به عنوان عایق است و باعث می شود گرما در بین لایه ها پخش و خارج شود؛ همچنین از انتقال حرارت در بین لایه ها جلوگیری می‌شود. طراحی لایه های این سپر خورشیدی کایت شکل است و به اندازه زمین تنیس می‌باشند. چهار ابزار علمی اصلی تلسکوپ بر روی یک ماژول و در پشت آینه اصلی قرار گرفته‌اند؛ این ماژول با نام ماژول یکپارچه تجهیزات علمی (ISIM) شناخته می‌شود و به عنوان قلب تلسکوپ عمل می‌کند. ISIM سه ناحیه اصلی دارد؛ ناحیه اول متشکل از ابزار خنک سازی است که دمای حسگر ها را تنظیم می‌کنند. ناحیه دوم بدنه‌ای برجسته داشته و محفظه قطعات الکترونیکی را در بر دارد. دمای این محفظه کنترل شده است و با دمای خارجی متفاوت می باشد. در ناحیه سوم، چهار ابزار علمی اصلی که پیش‌تر ذکر شد قرار دارند. این ابزار ها عبارتند از: دوربین فروسرخ نزدیک (NIRCam)، طیف سنج فروسرخ نزدیک (NIRSpec)، ابزار فروسرخ میانی (MIRI) و حسگر هدایت دقیق (FGS) همراه با تصویربردار فروسرخ نزدیک و طیف سنج بدون شکاف (NIRISS). این ابزار ها در طیف وسیعی از طول موج های فروسرخ کار می‌کنند و برای هر یک از آن‌ها فناوری‌های پیشرفته‌ای به کار رفته است.

باس ماهواره‌ای که از کامپوزیت گرافیت ساخته شده است، آخرین قطعه‌ای بود که بر روی تلسکوپ نصب شد. این قطعه شامل ابزارهایی می‌شود که برای کنترل تلسکوپ در فضا لازم هستند از جمله کامپیوتر ها، سیستم های قدرت و نیروی محرکه. این قطعه در قسمتی که رو به خورشید است، قرار دارد و در دمای ۲۷ درجه سانتی گراد کار می‌کند. باس ماهواره‌ای به همراه برخی تجهیزات مهم دیگر در درون جعبه‌ای از جنس فیبر کربن قرار گرفته‌است که پنل های خورشیدی نیز پیش از پرتاب در این محفظه قرار گرفته بودند.

تلسکوپ جیمز وب در مراحل ساخت با مشکلات فراوانی رو به رو شد؛ ناسا بر سر تامین بودجه لازم این پروژه پرهزینه سختی های زیادی کشید. چندین بار تاریخ پرتاب تلسکوپ به تعویق افتاد و سر انجام تاریخ نهایی پرتاب ۲۵ دسامبر سال ۲۰۲۱ اعلام شد.

برای پرتاب، موشک آریان پنج در نظر گرفته شد که تا به امروز با ۱۰۸ پرتاب موفق از بین ۱۱۳ پرتاب، امن‌ترین و مناسب‌ترین گزینه بود. سکوی پرتاب نیز سکویی به نام ELA-۳ در گویان فرانسه (یکی از ناحیه‌های فرادریایی در شمال آمریکای جنوبی) انتخاب شد. مزیت این سکو نزدیک بودن آن به استوا و در نتیجه ایجاد نیروی پیش برنده توسط چرخش زمین برای موشک بود تا سریع‌تر و راحت‌تر از جو خارج شده و وارد فضا شود. تلسکوپ به حالت جمع شده در قسمت بالایی موشک قرار گرفت و با موفقیت به فضا پرتاب و هشت دقیقه بعد از پرتاب وارد مدار شد.

بعد از خارج شدن از زمین تلسکوپ سفر ۳۰ روزه ای تا رسیدن به فاصله ۱/۵ میلیون کیلومتری از زمین را شروع کرد. که این نقطه با نام نقطه لاگرانژی ۲ مشهور است. نقاط لاگرانژی پنج نقطه در اطراف مدار دو جسم بزرگ هستند که در این نقاط نیروی گرانش میان دو جسم خنثی می شود. ویژگی جالب نقطه لاگرانژ ۲ این است که جرم قرار گیرنده در این نقطه با زمین هم راستا می‌شود و همراه زمین به دور خورشید گردش می کند. قرار گرفتن جیمز وب در این نقطه باعث می شود سپر خورشیدی گرما و نور خورشید، ماه و زمین را همزمان دفع کند. تلسکوپ جیمز وب ثابت نبوده و در مداری به اندازه مدار ماه به دور زمین، به دور نقطه لاگرانژ ۲ گردش می کند که این باعث می شود تلسکوپ همواره از سایه زمین و ماه در امان باشد.

در تاریخ ۱۱ ژوئیه راه اندازی تمام ابزار ها به پایان رسید و تلسکوپ جیمز وب فعالیت رسمی خود را آغاز کرد. روز بعد آن، ناسا نخستین تصویر تمام رنگی جیمز وب را منتشر کرد. چند ساعت بعد از آن سه تصویر دیگر در معرض دید عموم قرار گرفتند.

همانطور که پیش‌تر گفته شد تلسکوپ جیمز وب برای ادامه ماموریت هابل ساخته شد و قدرتمندترین تلسکوپ فضایی ساخته‌ی دست بشر است. جیمز وب می تواند نور های اولیه عالم را رصد کند و ما را به فهم اسرار کشف نشده انفجار بزرگ و وقایع بعد از آن نزدیک کند. در مجموع جیمز وب علم نجوم و کیهان شناسی را دگرگون خواهد ساخت و انسان ها را وارد عصر جدیدی خواهد کرد؛ شاید حتی روزی سیاره های فراخورشیدی قابل سکونت را یافت.

منابع:

[1] https://webb.nasa.gov

[2] https://en.m.wikipedia.org/wiki/James_Webb_Space_Telescope

[3] https://webbtelescope.org

[4] https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Webb

[5] https://jwst.arizona.edu

[6] https://www.zoomit.ir/space/268685-/infinite-engineering-jwst

[7] https://time.com/6196675/five-james-webb-/telescope-images-explained

[8] https://en.m.wikipedia.org/wiki/Kapton

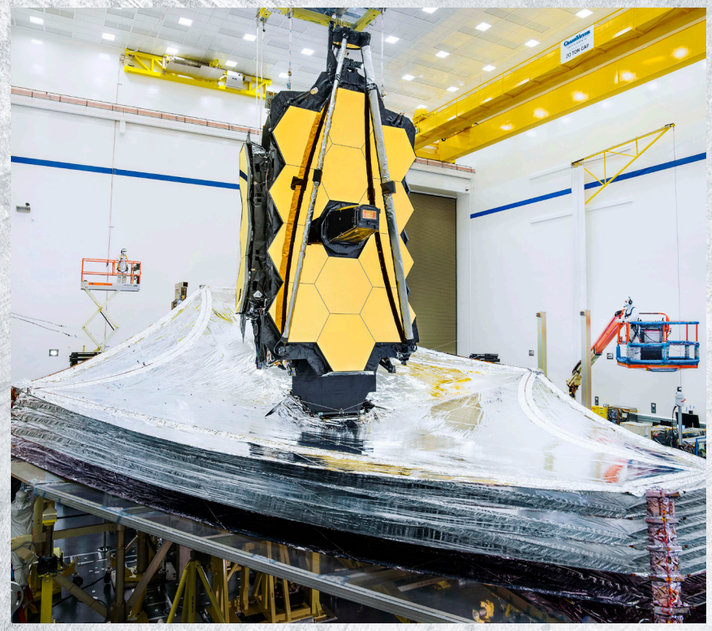
[9] ماهنامه نجوم، شماره ۲۸۱



شکل ۴– روکش طلایی آینه‌ها



شکل ۵– سپرهای خورشیدی



شکل ۶– شکل تمام شده تلسکوپ



شکل ۷– لحظه پرتاب



شکل ۸– حالت جمع‌شده تلسکوپ



شکل ۱۰– تصویری از جیمز وب، پنج‌قلوی استفان که ۲۹۰ میلیون سال نوری با ما فاصله دارد.



شکل ۹– نخستین عکس جیمز وب، سحابی کارینا که یکی از درخشان‌ترین سحابی هاست و ۷۶۰۰ سال نوری با ما فاصله دارد.



شکل ۱۱– تصویری دیگر از وب، خوشه کهکشانی SMACS۰۷۲۳ که ۴/۶ میلیارد سال نوری با ما فاصله دارد.

کهکشان‌ها راهی برای ارتباط بین پیچیدگی و سادگی نسبی جهان

هدف اصلی نحوه جمع‌شدن کهکشان‌ها، تعیین چگونگی تکامل کهکشان‌ها و ماده تاریک، گاز، ستاره‌ها، فلزات، ساختارهای مورفولوژیکی و هسته‌های فعال درون آنها از عصر یونیزه شدن مجدد تا به امروز است.

همانطور که می‌دانیم کهکشان‌ها بلوک‌های سازنده اصلی جهان هستند.

بیشتر پیچیدگی اخترفیزیکی جهان در کهکشان‌ها آشکار می‌شود و شکل‌گیری کهکشان‌ها یک ارتباط کلیدی بین این پیچیدگی و سادگی نسبی جهان اولیه را نشان می‌دهد.

برای انجام اندازه‌گیری‌های علمی و نظاره کردن رفتار کهکشان‌ها و اجرام آسمانی، نیاز به یک تلسکوپ سرد بزرگ با میدان دید وسیع، وضوح زاویه‌ای استثنایی و حساسیت، پوشش طول‌موج گسترده در تصویربرداری و طیف‌سنجی خواهد بود.

المان تلسکوپ نوری شامل آینه‌های اولیه و ثانویه، المان ISIM شامل ابزار دقیق و المان فضاپیما شامل فضاپیما و سپر آفتاب است.

پروژه تلسکوپ فضایی جیمز وب در سه بخش سازماندهی می‌شود: رصدخانه، زمین و راه‌اندازی.

رصدخانه از یک عنصر تلسکوپ نوری، یک ماژول ابزار علمی یکپارچه (ISIM) شامل ابزارهای علمی، یک فضاپیما و یک سپر آفتاب تشکیل شده‌است.

عنصر تلسکوپ نوری دارای یک سیستم نوری قابل استقرار و نصب است که عملکرد انکسار محدود را با استفاده از سنجش و کنترل بهینه با دقت دو میکرومتر برای جبهه موج فعال ارائه می‌کند.

عنصر ISIM شامل چهار ابزار علمی است:

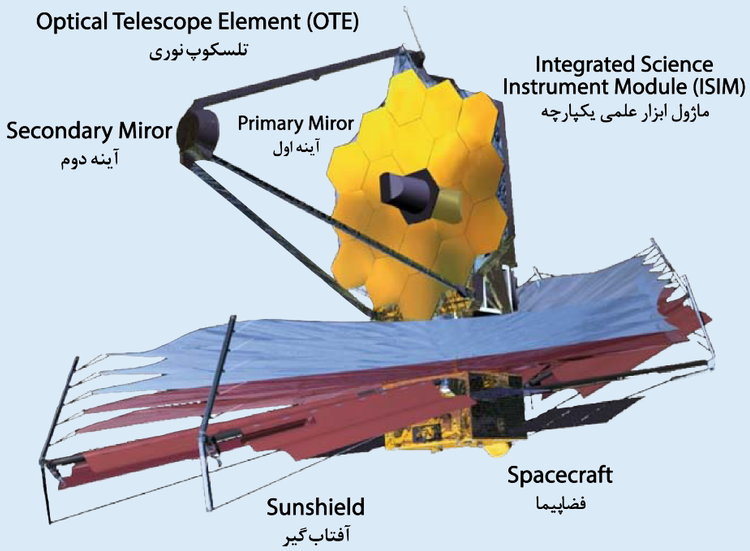
- NIRCam
- NIRSpec
- MIRI
- IR TFI

ISIM همچنین دارای یک حسگر هدایت فوق العاده قوی[1](FGS) برای بهبود کنترل فعال اشاره‌گر است.

فضاپیما سکوی اشاره‌گر پلتفرم و عملکردهای HK[2] را برای رصدخانه فراهم می‌کند.

محدوده طول موج دهانه این تلسکوپ بین ۰٫۶ تا ۲۹ میکرومتر که در قسمت انتهایی کوتاه آن توسط پوشش طلایی روی آینه اولیه کار شده و در قسمت انتهای بلند آن توسط فناوری آشکارساز محدود می‌شود.

آفتابگیر بر تلسکوپ سایه می‌اندازد و ISIM از روشنایی خورشیدی برای اجازه عملکرد محدود با نور زودیاک (دایرةالبروج) در حساسیت (میکرومتر $\lambda > ۱۰$) و حساسیت بالا تا ۲۹ میکرومتر و یک محیط حرارتی پایدار برای تلکسوپ و ISIM فراهم می‌کند.



رصدخانه

جدول زیر ویژگی‌های کلیدی معماری رصدخانه را خلاصه می‌کند. آینه اولیه از قطعات آینه اولیه نیمه صلب شده استفاده می‌کند.

۱- fine guidance sensor

۲- Housekeeping

المان	ویژگی
تلسکوپ نوری	طرح سه آینه غیرآستیگمات f /۲۰
المان	آینه فرمان(FSM) برای تثبیت خط دید تا < ۷/۳ میلی آرک ثانیه برای استقرار مجزای چهار بخش آینه ای نیمه صلب،قابل تنظیم شش ضلعی و کامپوزیت گرافیتی ساختار پشتی
آینه اولیه	فضای جمع آوری ۲۵ متر مربع آینه اولیه در دو مرحله مستقر می‌شود(تا دو وتر) ۱۸ بخش شش ضلعی نیمه صلب با کنترل جبهه موج تنظیم و مانیتور کنترل محرک ها ماده بخش آینه بریلیم است
آینه ثانویه	پیکر بندی سه پایه برای ساختار پشتیبانی استقرار با استفاده از یک محرک اضافی اپتیک نیمه صلب با تراز شش درجه آزادی
اپتیک عقب	بافل ثابت شامل آینه سوم و FSM است
ماژول ابزار علمی یکپارچه	مجموعه نیمه سینماتیک ساده: هشت متر مربع مساحت رادیاتور راحتی و حجم ۱۹/۹ متر مکعب شامل تمام ابزارهای علمی و حسگر فوق العاده حساس راهنمایی است
برج	جداکننده ارتعاش غیرفعال یک هرتز یکپارچه تلسکوپ را از نظر حرارتی و ارتعاشی از فضاپیما جدا می‌کند
آفتاب گیر	طراحی رادیاتور شیار پنج لایه(V) انرژی خورشیدی را به ده ها میلی وات کاهش می‌دهد در حین پرتاب در اطراف تلسکوپ مچاله می‌شود سایز حدود ۱۹/۵×۱۱/۴ متر و شکل آن برای محدود کردن تجمع حرکت ناشی از تابش خورشیدی است
بدنه هواپیما	زیر سیستم کنترل نگرش مبتنی بر اصل چاندرا آنتن اشاره‌گر زمین دو محوره با بهره بالا با روش های Ka، omnis و s band ضبط کننده حالت جامد ۴۷۱ گیگابایتی برای ذخیره دو روز از داده های علوم و مهندسی پیشرانه برای بیش از ۱۰ سال

منابع:

Abraham, R. G., et al.: 2004, AJ 127, 2455.
Acton, D. S., Atcheson, P. D., Cermak, M., Kingsbury, L. K., Shi, F., and Redding, D. C.: 2004, in
J. C. Mather (ed.), Optical, Infrared, and Millimeter Space Telescopes, Proceedings of SPIE, No. 5487, SPIE, Bellingham, WA, p. 887.
Adams, F. C., and Fatuzzo, M.: 1996, ApJ 464, 256.
Alcock, C., et al.: 1998, ApJ 499, L9.
Alonso, R., et al.: 2004, ApJ 613, L153.
Alves, J., Lada, C. J., Lada, E. A., Kenyon, S. J., and Phelps, R.: 1998, ApJ 506, 292.

Abel, T., Anninos, P., Norman, M. L., and Zhang, Y.: 1998, ApJ 508, 518.
Abel, T., Bryan, G. L., and Norman, M. L.: 2000, ApJ 540, 39.
Abraham, R. G.: 1997, Waller, W. H., Fanelli, M. N., Hollis, J. E., and Danks, A. C. (eds.), AIP
Conference Proceedings 408, The Ultraviolet Universe at Low and High Redshifts: Probing the Progress of Galaxy Evolution, AIP, Woodbury, NY, p. 195.
Abraham, R. G., Tanvir, N. R., Santiago, B. X., Ellis, R. S., Glazebrook, K., and van den Bergh, S.: 1996, MNRAS 279, L47.
Abraham, R. G., Ellis, R. S., Fabian, A. C., Tanvir, N. R., and Glazebrook, K.: 1999, MNRAS 303,641.



جاناتـان لونیـن، پروفسـور دیویـد سـی دانکـن (David C. Duncan) در علـوم فیزیـک و مدیـر مرکـز کورنـل بـرای اخترفیزیـک و علـوم سـیاره‌ای، بـه عنـوان مـدرس کارل سـاگان در سـال ۲۰۱۷ اتحادیـه ژئوفیزیـک آمریـکا انتخـاب شـد.

از تفاوت‌های جیمز وب با هابل تا آینده درخشانش

(در قالب مصاحبه)

جاناتـان لونیـن بـا رادار و سـایر ابزارهـای کاسـینی کار می‌کنـد، در ماموریـت جونـو کـه در سـال ۲۰۱۱ بـه مشـتری پرتـاب شـد و در طیف‌سـنج مـادون قرمـز نزدیـک در حـال توسـعه بـرای ماموریـت پـرواز چندگانـه اروپـا اسـت. او در تیـم علمـی تلسـکوپ فضایـی جیمـز وب اسـت کـه بـر خصوصیـات سـیارات فراخورشـیدی و اجـرام کمربنـد کوپیـر تمرکـز دارد. او در مطالعـات مفهومـی بـرای طیـف گسـترده‌ای از ماموریت‌هـای سـیاره‌ای و فراسـیاره‌ای مشـارکت داشـته اسـت.

لونیـن یکـی از اعضـای آکادمـی ملـی علـوم اسـت و در تعـدادی از کمیته‌هـای مشـاوره و برنامه‌ریـزی اسـتراتژیک بـرای آکادمـی و ناسـا شـرکت کـرده یـا ریاسـت آن را برعهـده داشـته اسـت. او دریافت‌کننـده مـدال معتبـر ژان دومینیـک کاسـینی از اتحادیـه علـوم زمیـن اروپـا، اولیـن دانشـمند آمریکایـی تبـار اسـت کـه ایـن مـدال را دریافـت کـرده اسـت.

بسیار خب! اولین و مهمترین چیزی که واضحه، این هست که تلسکوپ فضایی جیمز وب عملکردی بهتر از چیزی که براش در نظر گرفته بودیم داره. عکس‌هایی که گرفته خیلی واضح و دقیق هستند. نه تنها پیش‌زمینه، درعین حال کهکشان‌هایی رو هم می‌تونیم در پس‌زمینه مشاهده کنیم و چیزی که به نظر میاد این هست که جیمز وسیله خیلی خوبی برای کشفیات جدید درباره کهکشان خواهد بود. عکس‌هایی که در اختیار داریم حاوی اطلاعات جالبی درباره اتفاقات نسبتا نزدیک در حد و اندازه منظومه خودمون و همینطور اتفاقاتی که میلیاردها سال نوری با ما فاصله دارند هست.

خب... ما می‌دونیم که تلسکوپ هابل و جیمز بسیار متفاوت هستند ولی آیا امکانش هست چند مورد از این تفاوت‌ها رو برای ما توضیح بدید؟

حتما...! هردوی این‌ها تلسکوپ‌های فضایی هستند اما، هابل یک تلسکوپ اپتیکی هست و محدوده دیدش درمورد رنگ و طول موج می‌باشد که در دامنه حد و حدود چشم انسان هست.

ولی محدوده جیمز در حدود چیزی مثل قسمت سرخ اجسامی که قابل مشاهده هستند، تا اعماق فروسرخ، جایی که نور بیشتر به عنوان حرارت تلقی میشه تا نور، هست. ولی درحالت کلی ماهیت نور رو داره و امواجش بلندتر از محدوده قابل مشاهده چشم انسان هست.

این توانایی تلسکوپ جیمز به ما این اجازه رو میده تا نه تنها توانایی نفوذ در گرد و غبار در ستاره‌های جدید نزدیک کهکشان خودمون رو داره، بلکه به ما این اجازه رو میده تا کهکشان‌های چنان دوری رو ببینیم که در جریان انبساط جهان قرار گرفتن و نور ساطع شده از اون‌ها در محدوده فروسرخ منبسط شده و انتقال به سرخ اتفاق افتاده.

هابل چنین توانایی رو نداشت. اگر بخوام خلاصه کنم، باید بگم جیمز وب یک تاج سه‌گانه داره که شامل حساسیت فوق‌العاده زیاد دربرابر اجسام خیلی کوچک در حدی که این تلسکوپ می‌تونه حرارت یک زنبور عسل رو از فاصله ماه تا زمین تشخیص بده، تصاویر با وضوح خیلی زیاد در حد عکس یک سکه از فاصله ۲۵ مایلی و در آخر محدوده بسیار وسیعی از طول موج‌های نوری که می‌تونه دریافت کنه.

شاید این سوال، سوال عجیبی باشه اما عموم مردم می‌خوان بدونن وقتی که ما به این تصاویر نگاه می‌کنیم، بیشتر شبیه تصاویری هستن که میشه در یک کلایدوسکوپ دید. چطور می‌تونیم تشخیص بدیم انواع نورهایی که می‌بینیم ستاره هستند یا دیگر اجرام آسمانی؟

در پس‌زمینه این تصاویر ما چیزهایی رو می‌تونیم ببینیم که خب واضحا کهکشان هستند یا یک حالت تخم مرغ شکل خمیری از اجسام که از ستاره‌ها بیرون میان و ستاره‌ها رو میشه وسطشون دید.

درمورد اجرام دورتر، هرچقدر این اجرام در تصویر کوچکتر باشند تقریبا میشه گفت همشون کهکشان هستند. با اتکا به دو روش می‌تونیم این حرف رو قاطعانه بگیم:

یک، با کمی دقت میشه دید که برخی از اون‌ها به شکل یک جسم چرخان هستند که خب این مشاهده به ما میگه که ستاره نیستند.

برای اجرامی که بسیار بسیار دور هستند و با چشم نمیشه کهکشان یا ستاره بودنشون رو تشخیص داد، با روشی به اسم طیف‌سنجی، نور ساطع شده اندازه‌گیری میشه و با توجه به میزان پخش شدن نور در محدوده سرخ و فروسرخ می‌تونیم بگیم که چقدر دور هستند و طبیعتا با اندازه‌گیری فاصله می‌تونیم بگیم که این نور از یک ستاره ساده نمی‌تونه منتشر بشه پس باید کهکشان باشه.

این یه روش تقریبی تشخیص کهکشان و ستاره در فواصل دوره.

من تصاویر منتشر شده از جیمز رو دیدم و برام سواله که آیا چهار کهکشان وجود داره یا پنج؟

ما عکسی داریم به اسم Stefan's quintet که در اون مجموعه‌ای از پنج کهکشان وجود داره.

کهکشانی که در سمت چپ میبینید جدا از چهارتای بقیه هست و به ما نزدیکتره.

چهارتای بعدی درحال برخورد باهم هستند و در وسط شما میتونید ببینید که در واقع دو کهکشان وجود داره که بسیار به هم نزدیک هستند و از داخل هم رد میشن و درنتیجه درحال تخریب همدیگه هستند. این تصویر لحظه خیلی خشنی از برخورد دوتا کهکشانه که حاوی میلیاردها ستاره هست. و همچنین در فرآیند تخریب و برخورد، درواقع ستاره‌های جدیدی درحال بوجود اومدن هستند.

ماجرای ایجاد ستاره‌های جدید خیلی جالبه. به نظر شما میشه این رو به آتش گرفتن اجسام تشبیه کرد؟

تقریبا این هم یک نوع بینش هست. ستاره‌هایی که درحال برخورد با همدیگه هستند، و نیروهای جاذبه اون‌ها باهم تداخل داره، اجرام سازنده همدیگه رو جدا می‌کنن و در جریانی قرار میدن که این جریان جرم مثل یک آتش بازی، بستری برای تشکیل ستاره‌ها داخل اون جریان میشه.

خیلی جالبه... سوال دیگه‌ای که زیاد می‌شنویم، درمورد اینه که آیا اطلاعاتی از عناصر خاص در سیاره‌های دیگه تونستیم به دست بیاریم؟ چیزی مثل آب؟

بله! یکی از کارهایی که جیمز براش طراحی شده، اینه که چشم‌اندازی از اجسام رو بسازه. اجسامی مثل کهکشان‌ها و سیاره‌های منحصربفرد اطراف ستاره‌ها.

چشم‌انداز ساختن درکل یه روش نشان دادن پستی و بلندی‌های نور به عنوان تابعی از امواج هست.

این پستی و بلندی‌ها درواقع نوعی اثرانگشت شیمیایی از هرآنچه که دنبالشیم هستند.

برای عناصر مختلف و یا مولکول‌های سازنده عناصر مختلف، چینش‌های مختلفی از پستی و بلندی‌ها وجود داره. با ساختن چشم‌انداز از سیارات اطراف ستاره‌های مختلف، تلسکوپ جیمز می‌تونه محتویات اتمسفر سیاره‌ها رو تشخیص بده. آیا آب وجود داره؟ آیا دی‌اکسیدکربن وجود داره؟ آیا اصلا اتمسفری وجود داره یا نه؟!

و از روی این اطلاعات، میشه درباره پتانسیل و توانایی پشتیبانی وجود حیات در این سیارات حدسیاتی زد. نه وجود حیات! بلکه توانایی و پتانسیل پشتیبانی وجود حیات.

این کار، کار دشواری هست. چون سیاراتی که نزدیک به ستاره مختصشون درحال گردش‌اند، درمقایسه با خود ستاره بسیار کم نور هستند و جیمز برای دریافت اطلاعات از این سیارات، باید ترفندهایی رو بکار بگیره تا بتونه نور ساطع شده از این سیارات رو دریافت کنه.

راه‌های زیادی برای این کار وجود داره.

یکی از عکس‌هایی که منتشر شد، طیفی از یک سیاره با ستاره‌ای نزدیک بود که اثراتی از وجود آب در اتمسفرش دیده می‌شد.

چقدر برای شما هیجان‌انگیزه که پتانسیل وجود حیات رو کشف کنید؟ منظورم در فیلد شماست.

راستش رو بخوایید خیلی هیجان‌انگیزه. به شخصه به این موضوع علاقه دارم و در تحقیقات و اطلاعات پیش رو که از سیارات و ستاره‌ها به دستمون میرسه مشارکت و همکاری میکنم.

مدت‌ها پیش، اگر برگردیم به قرن شانزده، وقتی گیوردانو برونو گفت: ممکن است ستاره‌های بی‌شماری با سیارات بی‌شمار اطرافشان وجود داشته باشد و ما آنها را نمی‌بینیم چون بسیار تاریک هستند؛ فضانوردان همواره به دنبال دیدن سیارات اطراف ستاره‌های دیگر بودن و این امر، فقط درسال ۱۹۹۰ ممکن شد. ولی تلسکوپ‌هایی که آن زمان داشتیم می‌تونستن وجود سیارات رو به ما بگن اما از اتمسفر آنها هیچ اطلاعاتی نمیتونستند به دست بیارند.

با کمک هابل و یک رصدخانه به نام اسپیتزر شناسایی محتوای اتمسفر بزرگترین سیارات ممکن شد. ولی الان با کمک جیمز می‌تونیم این اطلاعات رو از سیاراتی تقریبا در حد و اندازه زمین به دست بیاریم.

این خیلی شگفت‌انگیزه. درواقع یک جهش از هابل هست که تابحال ندیدیم و بیشتر از هرچیزی بهش نیاز داریم.

سوال آخر اینکه قدم بعدی برای مشاهده و رصد بهتر این کهکشان‌ها چیه؟

این اطلاعاتی که به دستمون رسیده، درواقع چندتا عکس هستند بسته به اینکه چطور از اون‌ها استفاده می‌کنیم.

فضاشناسان کل دنیا ساعت‌های مشخصی روی جیمز برنامه‌ریزی کردن که در اون ساعات، اطلاعات جمع‌آوری خواهد شد.

بسیاری از اون اطلاعات، حتی ملموس‌تر از این عکس‌ها خواهند بود. در حقیقت، این عکس‌هایی که از کهکشان‌های مختلف گرفته شده، تمام توانایی جیمز نیست و فقط بخشی از کارهایی هست که می‌تونه انجام بده.

فضاشناسان با جیمز و رصدهاشون، مرزهای جدیدی رو تعیین خواهند کرد.

در ده سال آینده از این رصدخانه شگفت‌انگیز، قطعا به کشفیات جدیدی خواهیم رسید.

مشاهده ویدیو مصاحبه در یوتیوب



تحولی شگرف در اخترشناسی

مقدمه

در ۴۰۰ سال گذشته، همواره اخترشناسان با ساخت تلسکوپ‌های قوی‌تر به دنبال مشاهده و تفسیر کیهان بوده‌اند. این ابزارهای باورنکردنی قابلیت‌های یکی از مهم‌ترین حواس ما یعنی بینایی را به سمت محدودیت‌های جدیدی مانند افزایش حساسیت و وضوح، ابعاد جدید مانند کاوش در طول موج‌ها در سراسر طیف الکترومغناطیسی کامل، محتوای اطلاعاتی جدید مانند تجزیه و تحلیل از طریق طیف‌سنجی و موارد جدید گسترش می‌دهند. نتایج حاصل از این سرمایه‌گذاری‌ها، از تلسکوپ‌های کوچک تا بزرگ روی زمین و فضا، درک ما از جهان را کاملا متحول کرده است. از جمله کشف این که زمین مرکز کیهان نیست، کهکشان راه شیری یکی از کهکشان های متعدد در کیهان است، تابش پس زمینه کیهانی تمام فضا را در کیهان اولیه پر می کند، اینکه سرعت انبساط کیهان در حال شتاب گرفتن است، اینکه سیارات فراخورشیدی در اطراف ستارگان رایج هستند، وجود امواج گرانشی و خیلی چیزهای دیگر. برای تحقیقات نجومی مدرن، موج بعدی پیشرفت‌ها در زمینه‌های علوم سیاره‌ای، ستاره‌ای، کهکشانی و برون‌کهکشانی، یک رصدخانه همه‌منظوره را ایجاد می‌کند که در طول موج‌های نزدیک و میانی فروسرخ بهینه‌سازی شده است، و دارای حساسیت و وضوح بسیار بیشتر است. این دیدگاه علمی، از اندازه‌گیری ترکیب جهان‌های سنگی در کهکشان راه شیری تا یافتن اولین منابع نور در کیهان تا موضوعات دیگر در خط مقدم اخترفیزیک مدرن، به تلسکوپ فضایی پیشرفته جیمز وب انگیزه می‌دهد.

تلسکوپ

در سال ۱۶۱۰، تصویری که از طریق تلسکوپ مشاهده شد، اساسی ترین درک ما از جهان و جایگاه ما در آن را برای همیشه تغییر داد. این ایده که زمین در مرکز کیهان قرار ندارد در زمان رصد گالیله وجود داشت، اما تأیید این مدل کوپرنیک به چشم انسان نیاز داشت که چیزی در تأیید پیش‌بینی‌هایش ببیند. در این مورد، تلسکوپ ۳۷ میلی‌متری گالیله (شکل ۱) حدود ۵۰ برابر بیشتر از چشم انسان نور جمع‌آوری کرد و نشان داد که قمرهای ضعیفی در مدار سیاره مشتری هستند و بنابراین همه چیز به دور زمین نمی‌چرخد.

این کشف علمی باعث پیشرفت سریع در طراحی اپتیک و تلسکوپ برای دیدن عمیق‌تر و واضح‌تر فضا شد و از آن زمان، پیشرفت در نجوم مستقیما با پیشرفت‌های مهندسی تلسکوپ مرتبط است. با هر افزایش پی در پی در اندازه دیافراگم، قابلیت ابزار جدید و سایر فناوری‌ها، می‌توانیم جهان را در نوری متفاوت ببینیم و درک خود را از جایگاه ما در آن تغییر شکل دهیم.





شکل ۱

تلسکوپ های زمینی

تلسکوپ های بازتابی با فواصل کانونی ده‌ها متر در اواسط دهه ۱۶۰۰ ساخته شدند. این تلسکوپ‌ها سرشماری قمرها در منظومه شمسی و ستارگان در آسمان شب را گسترش دادند و همچنین درس‌های مهمی برای تنظیم دقیق استراتژی مهندسی برای ساخت یک تلسکوپ قوی ارائه کردند. در دهه ۱۷۰۰، اخترشناسان در حال انجام سفرهای چند ساله به نیمکره جنوبی برای فهرست نویسی هزاران ستاره و کشف اجرام سحابی عجیب بودند. در اواخر دهه ۱۷۰۰، هر شل چندین بازتابنده از جمله یک تلسکوپ ۱/۲۶ متری ساخت که بزرگترین تلسکوپ جهان بود. عصر تلسکوپ‌های بازتابی بزرگ مدرن، با آینه های نقره‌ای و فناوری های جدید، قرن پیش با تلسکوپ ۱/۵ متری هال (۱۹۰۸) و سپس تلسکوپ ۲/۵متری هوکر (۱۹۱۷) در رصدخانه کوه ویلسون آغاز شد. مشاهدات ادوین هابل با تلسکوپ دوم «مناظره بزرگ» را حل کرد و نشان داد که سحابی‌هایی مانند آندرومدا در آسمان شب فاصله هایی بسیار بزرگتر از اندازه کهکشان راه شیری دارند و بنابراین، خود کهکشان‌های کامل هستند. در دهه ۱۹۹۰، اولین تلسکوپ از کلاس ۱۰ متری با استفاده از یک فناوری جدید شامل طراحی آینه‌های تقسیم‌بندی شده (به عنوان مثال رصدخانه کک) ساخته شد. امروزه، ستاره شناسان در حال ساخت تلسکوپ های ۲۰ تا ۴۰ متری هستند.

تلسکوپ های فضایی

لیمن اسپیتزر، ستاره شناس، مقاله ای را در سال ۱۹۴۶ با عنوان "مزایای نجومی رصدخانه فرازمینی" منتشر کرد. اسپیتزر چندین محدودیت نجوم مبتنی بر زمین را شناسایی کرد، از جمله انقراض پرتوهای گاما، اشعه ایکس، فرابنفش، مادون قرمز و طول موج های رادیویی طولانی توسط جو زمین، تار شدن نور مرئی که از جو زمین می گذرد، و محدودیت های مهندسی و سپس تلسکوپ‌های بزرگ به دلیل خمش توسط گرانش. برای اینکه اخترفیزیک را فراتر از این محدودیت ها برآرند، اسپیتزر چشم اندازی جسورانه برای قرار دادن یک تلسکوپ بزرگ در فضا را ارائه کرد. این رصدخانه، "تلسکوپ فضایی بزرگ"، اکنون هابل، به یک اولویت ملی برای ایالات متحده تبدیل شد و در سال ۱۹۸۵ تکمیل شد، در سال ۱۹۹۰ پرتاب شد. و برای اولین بار در سال ۱۹۹۳ سرویس شد. هابل به دلیل محیط پایدار، پیشینه کم و فناوری های پیشرفته از مأموریت های خدماتی متعدد، امروز، ۲۸ سال بعد، قوی ترین تلسکوپ ما برای مطالعه جهان دور و نزدیک باقی مانده است. (شکل ۲)



شکل ۲

از زمان هابل، جامعه نجومی فناوری‌های نجوم فضایی را از طریق یک فرآیند علمی به نام «بررسی دهه‌ای» در اولویت قرار داده است. هر دهه یک بار، صدها ستاره شناس برای تشریح مشکلات پیشرو تحقیقاتی در زمینه‌های مربوطه مقاله می نویسند. سنتز این ورودی باعث ایجاد انگیزه در تلسکوپ های جدید می شود. حرکت رو به جلو با تلسکوپ فضایی هابل اولویت اصلی در بررسی دهه ۱۹۷۲ بود. رصدخانه پرتو ایکس چاندرا در بررسی دهه ۱۹۸۲ و تلسکوپ فضایی اسپیتزر اولویت اصلی در سال ۱۹۹۱ بود.

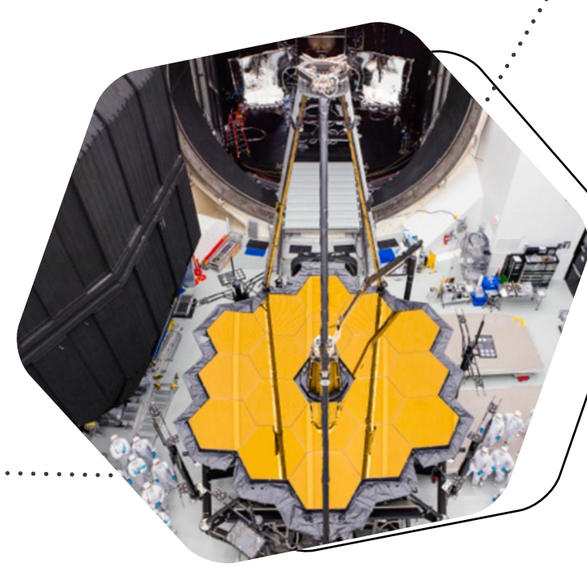
تلسکوپ فضایی جیمز وب

تلسکوپ فضایی جیمز وب (WEBB) یکی از بزرگ‌ترین و پیچیده‌ترین برنامه‌های علمی است که تاکنون انجام شده است، و برای پاسخ به سؤالات مقدماتی درباره منشأ سیارات، ستارگان و کهکشان‌ها در کیهان طراحی شده است. وب که نشان دهنده گام بعدی در تکامل تلسکوپ های فضایی است، با فناوری های نوآورانه برای کاوش در جهان فراتر از دسترس هابل و اسپیتزر ساخته شده است.

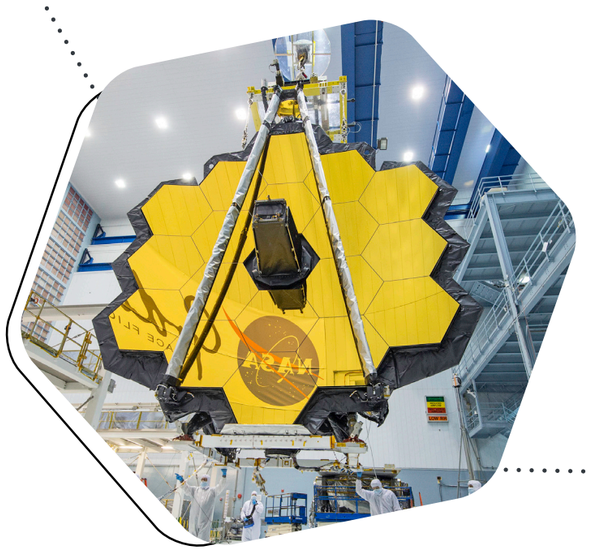
- یک آینه اولیه ۱۸ قطعه‌ای ۶/۵ متری با روکش طلایی، با اپتیک قابل تنظیم و حسگر جلو موج یکپارچه داخلی.
- یک آفتابگیر ۲۱×۱۴ متری با پنج لایه کاپتون با ضخامت ۲۵ تا ۵۰ میکرومتر برای خنک کردن غیرفعال رصدخانه تا دمای برودتی ۴۰ کلوین.
- آرایه‌ای پیشرفته از ابزارهای بهینه شده مادون قرمز با ده ها تصویربرداری با وضوح بالا، طیف سنجی چندگانه، و حالت های مشاهده. حساسیت وب از قسمت قرمز طیف مرئی در ۰/۶ میکرون تا طول موج مادون قرمز میانی ۲۸/۸ میکرون گسترش خواهد یافت.
- طراحی قابل استقرار که پرتاب را از یک موشک با فیرینگ پنج متری امکان پذیر می کند.
- یک هدف ماموریت علمی ۱۰ ساله از یک مدار خورشیدی پایدار از نظر حرارتی در فاصله یک میلیون مایلی زمین در دومین نقطه لاگرانژ.

پروژه تلسکوپ فضایی جیمز وب توسط سازمان ملی هوانوردی و فضایی ایالات متحده (NASA) رهبری می‌شود که با همکاری آژانس فضایی اروپا (ESA[1]) و آژانس فضایی کانادا (CSA[2]) کار می کند. شراکت رسمی در وب ۸۰٪ ناسا، ۱۵٪ ESA و ۵٪ CSA است. هدایت‌کننده ماموریت، مرکز پرواز فضایی گودارد ناسا (GSFC[3]) و پیمانکار رصدخانه، سیستم های هوافضای نورثروپ گرومن است. مرکز عملیات علمی و پروازی موسسه علمی تلسکوپ فضایی (STScI[4]) است. ده ها شریک صنعتی و دانشگاهی دیگر برای توسعه پروژه تلسکوپ فضایی جیمز وب ضروری هستند.

۱- European Space Agency
۲- Canadian Space Agency
۳- Goddard Space Flight Center
۴- Space Telescope Science Institute



شکل ۳



شکل ۴

بخش طراحی وب

وب طراحی «باز» جدیدی دارد که مستقیما از الزامات علمی آن سرچشمه می‌گیرد. دو طرف بالا و پایین رصدخانه توسط یک آفتابگیر پنج لایه ۲۱ × ۱۴ متر از هم جدا شده است. همانطور که وب هر سال یک بار به دور خورشید می چرخد، قسمت پایینی آفتابگیر همیشه رو به خورشید، زمین و ماه خواهد بود و مستقیما تابش خورشید را دریافت می کند و دمای آن به ۳۵۸ کلوین می رسد.

اپتیک تلسکوپ یک آناستیگمات سه آینه با نسبت کانونی f/۲۰ و فاصله کانونی موثر ۱۳۱ متر است. آینه اولیه تلسکوپ فضایی جیمز وب شامل ۱۸ بخش آینه شش ضلعی بریلیوم نازک (شکل۴) و سبک وزن است که هر کدام ۱/۲۳ متر عرض دارند (تخت-مسطح) و بدون زیرساخت پشتیبانی فقط ۲۰ کیلوگرم وزن دارند. انحرافات سطح در هر بخش آینه کمتر از ۳۰ نانومتر rms است. پس از پرش از آینه اولیه، فوتون ها از ۰/۷۴ متر ثانویه منعکس می شوند و وارد سیستم اپتیک عقب واقع در مرکز آینه اولیه می شوند. این شامل یک آینه سوم کروی مقعر ۰/۷۳ × ۰/۵۲ متر است که پرتو نور ورودی را دریافت می کند، انحرافات را لغو می کند، و آن را برای تثبیت تصویر به یک آینه فرمان صاف می فرستد. آینه فرمان خوب دارای شکل سطحی کمتر از ۲۵ نانومتر است و به طور مداوم در امتداد دو محور تنظیم می شود تا لرزش را سرکوب کند و عملکرد محدود پراش را ارائه دهد یعنی سیستم نوری تصاویری با وضوحی به اندازه حد تئوریک برای تلسکوپ تولید می کند. سپس پرتو نور به سمت ابزار علمی می رود که در پشت آینه اولیه نصب شده اند. همه آینه‌های وب در یک لایه نازک ۱۰۰۰ آنگستروم از طلا پوشانده شده‌اند تا انعکاس بیش از ۹۸ درصد اشعه مادون قرمز را به دست آورند. قسمت بالایی تلسکوپ توسط یک برج قابل استقرار به سمت پایین (گرم) متصل است که از لایه آفتاب عبور می کند. قسمت پایین وب شامل فضاپیما و چندین جزء دیگر است که برای عملکرد وب ضروری هستند.این شامل سیستم کنترل نگرش است که دقت و پایداری اشاره وب را حفظ می کند. وب همچنین دارای رانشگرهایی است که در ابتدا برای قرار دادن رصدخانه در مدار خود، و سپس در حین عملیات برای تخلیه مومنتوم زاویه‌ای که از طریق اجرای برنامه رصدی آن ایجاد می شود و برای حفظ مدار تلسکوپ استفاده می شود. رانشگرها با استفاده از سوخت کار می کنند، که تنها ماده مصرفی در وب است (برای ۱۰ سال کارکرد). برای کمک به صرفه جویی در سوخت، یک زبانه برش مومنتوم در پشت رصدخانه قرار دارد تا فشار خورشید را متعادل کند و اثرات چرخ های واکنش را مدیریت کند. ضلع پایین وب، که دائماً روشنایی دریافت می کند، همچنین حاوی پنل های خورشیدی برای تأمین انرژی رایانه وب و وسایل الکترونیکی گرم در فضاپیما است. ارتباطات با وب از شبکه فضایی عمیق ناسا استفاده می کند. یک آنتن با بهره بالا در پایین رصدخانه دستورات را دریافت می کند و همچنین داده های علمی و تله‌متری را از کامپیوتر وب به زمین منتقل می کند.

پرتاب، استقرار و مدار

راه‌اندازی و استقرار تلسکوپ فضایی جیمز وب یک چالش فنی بزرگ است. اندازه رصدخانه در پیکربندی کامل مستقر شده بیش از ۱۰ متر در دو بعد و بیش از ۲۰ متر در بعد سوم است، در حالی که فیرینگ پرتابگر Ariane ۵ ESA دارای قطر ۴/۶ متر و طول ۱۶/۲ متر است. برای قرار گرفتن در داخل موشک، اجزای وب به گونه‌ای ساخته شده‌اند که با دقت به یکدیگر تا شوند تا حجم موثر رصدخانه به میزان قابل توجهی کاهش یابد. تنها چند دقیقه پس از پرتاب، زمانی که وب وارد فضا می شود، اولین استقرارها (به عنوان مثال پنل خورشیدی) انجام می شود و باز شدن رصدخانه آغاز می شود (شکل ۵ و ۶ را ببینید).

استقرار تلسکوپ فضایی جیمز وب تقریباً یک ماه طول می کشد تا تکمیل شود و شامل بسیاری از اجزای کوچک مانند آنتن، زبانه تریم مومنتوم، محافظ رادیاتور، محرک های آینه اولیه و غیره است. اولین مرحله راه اندازی ماموریت شامل چندین اصلاحات میانی و بررسی زیرسیستم است. خروجی ها و تغییرات مناسب در گرمکن های الکتریکی در ماژول ابزار که از تشکیل تراکم به عنوان آب باقیمانده در اجزای وب به

فضا جلوگیری می کند. در پایان ماه اول، وب در ۱/۴ میلیون کیلومتری زمین قرار خواهد گرفت و مدار هاله L۲ خود را آغاز خواهد کرد. در این مدت است که وب وارد فاز دو جدول زمانی راه اندازی خود می شود که سه ماه طول خواهد کشید. ابتدا دوربین مادون قرمز نزدیک (NIRCam) و حسگر هدایت خوب فعال می شوند و برای به دست آوردن تصاویری از یک ستاره درخشان به منظور تعیین موقعیت و شناسایی موقعیت همه آینه های وب استفاده می شوند. در ابتدا، آینه‌ها چندین میلی‌متر ناهم‌تراز می‌شوند. از طریق یک فرآیند تکراری شامل کنترل جبهه موج، آینه‌های وب از طریق تنظیمات در شش درجه آزادی و در شعاع انحنا از طریق محرک‌های با دقت بالا در پشت هر بخش تا ده‌ها نانومتر هم تراز خواهند شد. در طول این مرحله از راه اندازی، سایر ابزارهای علمی نیز فعال و بررسی خواهند شد، و ابزار مادون قرمز میانی (MIRI) خنک شدن فعال خود را از طریق یک خنک کننده سرمایی آغاز خواهد کرد. فازبندی همزمان آینه های وب از طریق یک فرآیند تکراری شامل ابزارهای علمی متعدد و سنجش و کنترل چند میدانی انجام می شود. دو ماه پایانی راه اندازی شامل فاز سه است، که در آن هر ابزار علمی به طور مستقل متمرکز، کالیبره شده، و مشخص می شود و در تست های سطح رصدخانه مانند انحراف حرارتی، نور سرگردان، اختلال مکانیسم و آزمایش هدف متحرک استفاده می شود. زمانی که وب تمام نقاط عطف راه اندازی خود را پشت سر گذاشت، تقریبا شش ماه پس از راه اندازی، برنامه علمی آغاز خواهد شد. در طول عملیات، تنظیمات دقیق تراز وب به صورت دوره‌ای انجام می شود تا اطمینان حاصل شود که تلسکوپ به عنوان یک آینه اولیه ۲۵/۴ متر مربعی عمل می کند. وب تقریباً هر شش ماه یک بار به دور نقطه L۲ در فاصله‌ای بین ۲۵۰۰۰۰ تا ۸۳۲۰۰۰ کیلومتر خواهد چرخید.

منابع:

[1] deLaCailleNL.Coelumaustralestelliferum.Paris:Institute of Astronomy Library; 1763.
[2] Messier C. A table of the places of the Comet of 1764 discovered at the observatory of the Marine at Paris, the 3d of January, about 8 O'Clock in the evening, in the constellation of the dragon, concluded from its situation observed with regard to the stars: by Monsieur Charles Messier, astronomer at the Depot of the Plans of the Marine of France, at Paris. Philos Trans R Soc Lond Ser I. 1764;54:68.
[3] Messier C. Catalogue des Nébuleuses et des Amas d'Étoiles (Catalog of Nebulae and Star Clusters); 1781; 227–267.
[4] Hubble EP. Extragalactic nebulae. Astrophys J. 1926 Dec;64:321–369.
[5] Sandage A. Current problems in the extragalactic distance scale. Astrophys J. 1958 May;127:513–526A.
[6] Schmidt M. Space distribution and luminosity functions of quasi-stellar radio sources. Astrophys J. 1968 Feb;151:393–410.
[7] Spitzer Jr L. Report to project rand: astronomical advantages of an extra-terrestrial observatory. Astron Quart. 1990;7:131–142.
[8] Williams RE, Blacker B, Dickinson M, et al. The Hubble deep field: observations, data reduction, and galaxy photometry. Astron J. 1996 Oct;112:1335.
[9] Ferguson HC, Dickinson M, Williams R. The Hubble deep-fields.AnnRevAstronAstrophys.2000;38:667–715.
[10] Beckwith SVW, Stiavelli M, Koekemoer AM, et al. The Hubble ultra deep field. Astron J. 2006 Nov;132: 1729–1755.
[11] Seery BD. Next Generation Space Telescope (NGST): Hubble's scientific and technological successor. In: Mather JC, editor. IR space telescopes and instruments (Proc SPIE; Vol. 4850); Mar.; 2003. p. 170–178.



شکل ۵



شکل ۶



خطای حاصل از گرد کردن اعداد

آیا از مهم‌ترین دستاورد ناسا که برای اکتشاف به فضا فرستاد خبر دارید؟ از هزینه های این پروژه بزرگ چطور؟ با ما همراه باشید تا در ادامه درباره بزرگ‌ترین تلسکوپ فضایی که ساخت و راه اندازی آن بیست و چهار سال طول کشیده، اطلاعاتی کسب کنیم.

جیمز وب چیست؟!

تلسکوپ فضایی جیمز وب یک "رصدخانه بزرگ و مستقر در فضا" است. تلسکوپ وب که به عنوان جانشین یا گسترش دهنده تلسکوپ فضایی هابل در نظر گرفته می شود، حساس تر از هابل بوده و برای نور مادون قرمز بهینه شده‌است. این ویژگی، به آن توانایی نگاهی عمیق‌تر به فضا را می‌دهد. نور این اجرام دور هزاران سال طول می کشد تا به زمین برسد؛ بنابراین وقتی محققان از تلسکوپ استفاده می کنند، در حقیقت به گذشته نگاه می کنند، یعنی به برخی از اولین دوره های جهان ما.
به گفته ناسا، چهار هدف اصلی این پروژه جستجوی اولین کهکشان‌هایی است که پس از پیدایش جهان شکل گرفته‌اند، تعیین چگونگی تکامل کهکشان‌ها از زمان شکل‌گیری، مشاهده شکل‌گیری ستارگان از مراحل اولیه این پروسه و بررسی پتانسیل حیات در سیارات دور؛ این تلسکوپ با استفاده از دستگاه‌های منتشرکننده نور مادون قرمز (که توسط انسان با چشم غیرمسلح قابل مشاهده نیست) ، عکس‌برداری از اعماق فضا را انجام می دهد.
در ۱۲ جولای، ناسا تصاویری را که توسط تلسکوپ فضایی جیمز وب گرفته شده‌بود، منتشر کرد. تصاویر اولیه منتشر شده شامل نماهایی از یک ستاره در حال مرگ، تشکیل یک ستاره جدید،

خوشه‌ای متشکل از پنج کهکشان و عمیق‌ترین تصویر فروسرخ جهان است که تاکنون وجود داشته‌است؛ این تلسکوپ که در اواخر سال ۲۰۲۱ به فضا پرتاب شد، در حال حاضر در مداری حدود یک میلیون مایل دورتر از زمین قرار دارد.

هزینه ها:

هزینه های مورد نیاز تمامی عملیات‌های ناسا از بودجه فدرال یا به عبارتی از طریق مالیات دهندگان تامین می‌شود؛ تلسکوپ وب در ابتدا با یک میلیارد دلار بودجه کل و تاریخ پرتاب پیش بینی‌شده در سال ۲۰۱۰، در نظر گرفته شد.
مجموع هزینه آن تا سال ۲۰۰۷، یعنی سه سال پس از شروع توسعه، از ۱/۲ میلیارد دلار فراتر رفت؛ بیشتر بودجه آن صرف توسعه تلسکوپ از جمله ساخت مدل اولیه پروژه و هر یک از اجزای آن و آزمایش قبل از پرتاب شد.
انتظار می رود تلسکوپ فضایی جیمز وب (JWST) طی ۲۴ سال ۹/۷ میلیارد دلار برای ناسا هزینه داشته باشد. از این مبلغ، ۸/۸ میلیارد دلار برای توسعه فضاپیما بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۱ هزینه شده است. ۸۶۱ میلیون دلار برای پشتیبانی از عملیات پنج ساله برنامه ریزی شده است. با تعدیل تورم تا ۲۰۲۰ دلار، هزینه مادام العمر ناسا تقریبا ۱۰/۸ میلیارد دلار خواهد بود.
هنگامی که تلسکوپ در سال ۲۰۲۱ به فضا پرتاب شد، هزینه ها به طور قابل توجهی کاهش یافت و انتظار می رود در طول مدت زمان حضور تلسکوپ در فضا، همچنان در سطح پایینی، باقی بماند. در مجموع، ناسا قصد دارد تا سال ۲۰۲۷ حدود ۱/۱ میلیارد دلار بیشتر بر روی تلسکوپ هزینه کند.
با شروع سال ۲۰۲۴، ناسا قصد دارد هر سال ۱۸۷ میلیون دلار برای تلسکوپ وب هزینه کند یعنی مجموعا ۱/۱ میلیارد دلار، این بودجه به طور کامل برای هزینه های عملیاتی مانند نگهداری و تعمیرات استفاده می‌شود.
در حالی که پروژه‌های مشابه عمری بین پنج تا ۱۰ سال دارند، آزمایش‌های اولیه نشان می‌دهد که این تلسکوپ پیشران، توانایی کافی را برای عملیاتی ماندن، بیشتر از آنچه در ابتدا پیش‌بینی شده بود، دارد.
اما این فقط سهم ناسا است. آژانس فضایی اروپا پرتابگر آریان پنج و دو وسیله از چهار ابزار علمی را با هزینه تخمینی ۷۰۰ میلیون یورو فراهم کرد. آژانس فضایی کانادا حسگرها و ابزارآلات علمی را که تقریباً ۲۰۰ میلیون دلار کانادا هزینه داشت، صرف کمک به این پروژه کرد.
این امر تلسکوپ فضایی جیمز وب را در میان گران‌ترین پلتفرم‌های علمی تاریخ قرار می‌دهد که تنها با تلسکوپ فضایی هابل و برخورد دهنده بزرگ هادرون در sern قابل مقایسه است. اما کمک‌های ناسا به تلسکوپ به یکباره پرداخت نشد، بلکه در طول دو دهه پخش شد. هزینه های سالانه بسته به نیازهای خاص پروژه و تعداد تکنسین ها، مهندسان و دانشمندان بسیار آموزش دیده در هر زمان معین به برنامه متفاوت است. این نوع فازبندی هزینه، ناسا را راحت‌تر می‌کند تا هزینه‌های یک پروژه بزرگ را سال به سال به دوش بکشد. با وجود تاخیرها و هزینه های بیش از حد، این پروژه هرگز به بیش از سه درصد از بودجه سالانه ناسا نیاز نداشت.
تلسکوپ وب همیشه به عنوان یک ابر پروژه برنامه ریزی نشده بود. در ابتدا تخمین زده می شد که هزینه آن ۴/۹۶ میلیارد دلار باشد و در سال ۲۰۱۴ پرتاب شود. اما سوء مدیریت جدی و کمبود منابع در مراحل اولیه برنامه ریزی حیاتی باعث شد فضاپیمای جاه طلب از برنامه عقب بماند. پس از بازسازی ساختار پروژه توسط ناسا برای راه اندازی در سال ۲۰۱۸، هزینه کل به ۸/۸ میلیارد دلار افزایش یافت. در سال‌های میانی، برنامه برای رفع مشکلات فنی جدی تلاش بسیاری شد و راه‌اندازی آن را تا سال ۲۰۲۱ به تاخیر انداخت. این تأخیر نهایی یک میلیارد دلار دیگر به کل هزینه اضافه کرد.
این امر دارای عواقبی برای بخش اخترفیزیک ناسا (که مسئول ماموریت های تلسکوپ فضایی این آژانس است)، بود. از سال ۲۰۰۳، از هر سه دلاری که برای اخترفیزیک خرج می‌شود، یک دلار به سمت تلسکوپ وب رفته و پروژه‌های دیگر را از بین می‌برد یا به تاخیر می اندازد. تنها تعداد انگشت شماری از ماموریت های کوچک در دهه گذشته راه اندازی شده‌اند. تلسکوپ فضایی روم نانسی گریس، پیشنهاد اصلی بررسی دهه‌ای آکادمی ملی علوم برای دهه ۲۰۱۰، حداکثر تا سال ۲۰۲۷ پرتاب نخواهد شد.
با این وجود اکثر دانشمندان بر این باورند که این سرمایه گذاری ارزش آن را دارد. برای مقایسه، تلسکوپ فضایی هابل نیز سال‌ها با تأخیر و میلیاردها دلار هزینه بیش از حد متحمل شد، اما مسلما این پروژه موفق‌ترین پروژه علمی فضایی در تمام دوران است. تا سال ۲۰۲۱، این برنامه بیش از ۱۸۰۰۰ نشریه بررسی شده تولید کرده بود و بیش از یک میلیون بار در متون علمی مورد استناد قرار گرفته بود. این به معنای واقعی کلمه، دیدگاه‌های جدیدی را در مورد کیهان نشان داد و یکی از معدود پروژه‌های علمی است که به نامی شناخته شده تبدیل شده است. تعداد کمی از مردم (اگر وجود داشته باشند) اکنون آرزو می کنند که هابل در طول دوره توسعه پر دردسرش لغو شده باشد. انتظار می‌رود تلسکوپ فضایی جیمز وب، با توانایی‌اش برای نگاه کردن بیشتر به فضا و زمان نسبت به هابل، پاداش‌های مشابهی را برای دانش علمی ما فراهم کند.
همچنین مهم است که هزینه تلسکوپ فضایی جیمز وب را در زمینه و طول زمان در نظر بگیرید. نه تنها هزینه‌های آن در بیش از دو دهه پخش شده‌است، بلکه هزینه کل آن در مقایسه با پروژه‌های پروازهای فضایی انسانی، هزینه‌های زیرساختی یا حتی دیوار مرزی، جزئی کم‌رنگ‌تر است. در مقایسه با صدها میلیارد دلاری که ایالات متحده در سال برای برنامه‌های شبکه ایمنی دفاعی، اجتماعی و پزشکی خرج می‌کند، هزینه تلسکوپ فضایی جیمز وب صرفا یک خطای حاصل از گرد کردن اعداد است.
برای تعیین کمیت این، در همان دوره ۲۰۰۳-۲۰۲۶ که ناسا ۹/۷ میلیارد دلار برای وب هزینه خواهد کرد، دولت ایالات متحده در مجموع حدود ۱۰۱ تریلیون دلار هزینه خواهد کرد.

منابع:

[1] https://www.planetary.org/articles/cost-of-the-jwst

[2] https://usafacts.org/articles/how-much-did-/nasas-james-webb-space-telescope-cost

[3] https://universemagazine.com/en/usd-10-billion-invested-in-james-webb-is-/recognized-as-a-good-contribution

فراخوان ارسال مطلب برای نشریه علمی دانشجویی " گشتاور "

(عضویّت در کادر هیئت تحریریه گشتاور)

انجمن علمی دانشجویی مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز، از تمامی دانشجویان علاقه‌مند مقاطع تحصیلی مختلف جهت مشارکت در انتشار بیست و دومین شمارهٔ نشریه علمی - دانشجویی گشتاور دعوت به همکاری می‌نماید. محورهای اصلی موضوعات نشریه، شامل بخش‌های زیر خواهد بود:

۱) مقالات علمی - پژوهشی چاپ‌شده در ژورنال‌های معتبر داخلی و خارجی، مقالات کنفرانسی و مقالات مروری.
۲) مطالب متنوع علمی - آموزشی در حوزه‌های تبدیل انرژی، مکانیک جامدات، دینامیک و ارتعاشات، مهندسی کنترل، مکاترونیک، هوافضا، خودرو، انرژی‌های نو، ساخت و تولید، مکانیک مواد، مهندسی هسته‌ای، بیو مکانیک و نانو مکانیک.
۳) معرفی کاربردی کتاب‌های تخصصی و مراجع درسی، زمینه‌های کاری یا گرایش‌های تحصیلی در حوزهٔ مکانیک.
۴) زندگی‌نامه دانشمندان جهانی در عرصهٔ مهندسی مکانیک یا معرفی شخصیت‌های ایرانی برجسته بین‌المللی.
۵) معرفی کاربردی یا آموزش نرم‌افزارهای مهندسی مکانیک.
۶) زمینه‌های نوین، مرزهای دانش و توسعه تکنولوژی مرتبط با مهندسی مکانیک در دنیای امروز.
۷) معرفی کمپانی‌های نرم‌افزاری یا کارخانه‌های مطرح تولیدی در دنیا.
۸) معرفی دانشگاه‌های برتر بین‌المللی.
۹) مصاحبه با کارآفرین‌های برجسته صنایع با محوریّت ارتباط دانشگاه با صنعت.
۱۰) مصاحبه با فارغ‌التحصیلان سابق و موفق مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز.
۱۱) گفت‌وگو با اساتید گروه مکانیک دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز.
۱۲) تاریخچه مهندسی مکانیک و مراحل پیشرفت و توسعه آن در زمان‌های گذشته.
۱۳) معرفی رویدادهای مرتبط با مهندسی مکانیک مانند مسابقات، کنفرانس‌های معتبر داخلی و بین‌المللی.
۱۴)بررسی پیشرفت های علمی و نوآوری های شرکت های مطرح در ایام کرونا.
۱۵) معرفی پایگاه‌ها و شبکه‌های اجتماعی علمی، فرهنگی یا دانشجویی مانند لینکدین و ویرگول.
۱۶) مطالب متنوع فرهنگی - هنری مثل طنزنویسی، داستان کوتاه، کاریکاتور، معرفی کتاب و ...

علاقه‌مندان می‌توانند جهت کسب اطلاعات بیشتر، به صفحه گشتاور در وب‌سایت انجمن علمی مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز مراجعه کرده و یا با نشانی ایمیل نشریه در ارتباط باشند.

آرمین خان محمدی
سردبیر نشریه گشتاور

شیوه نامه نگارش و ارسال مطالب به نشریه علمی دانشجویی مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز

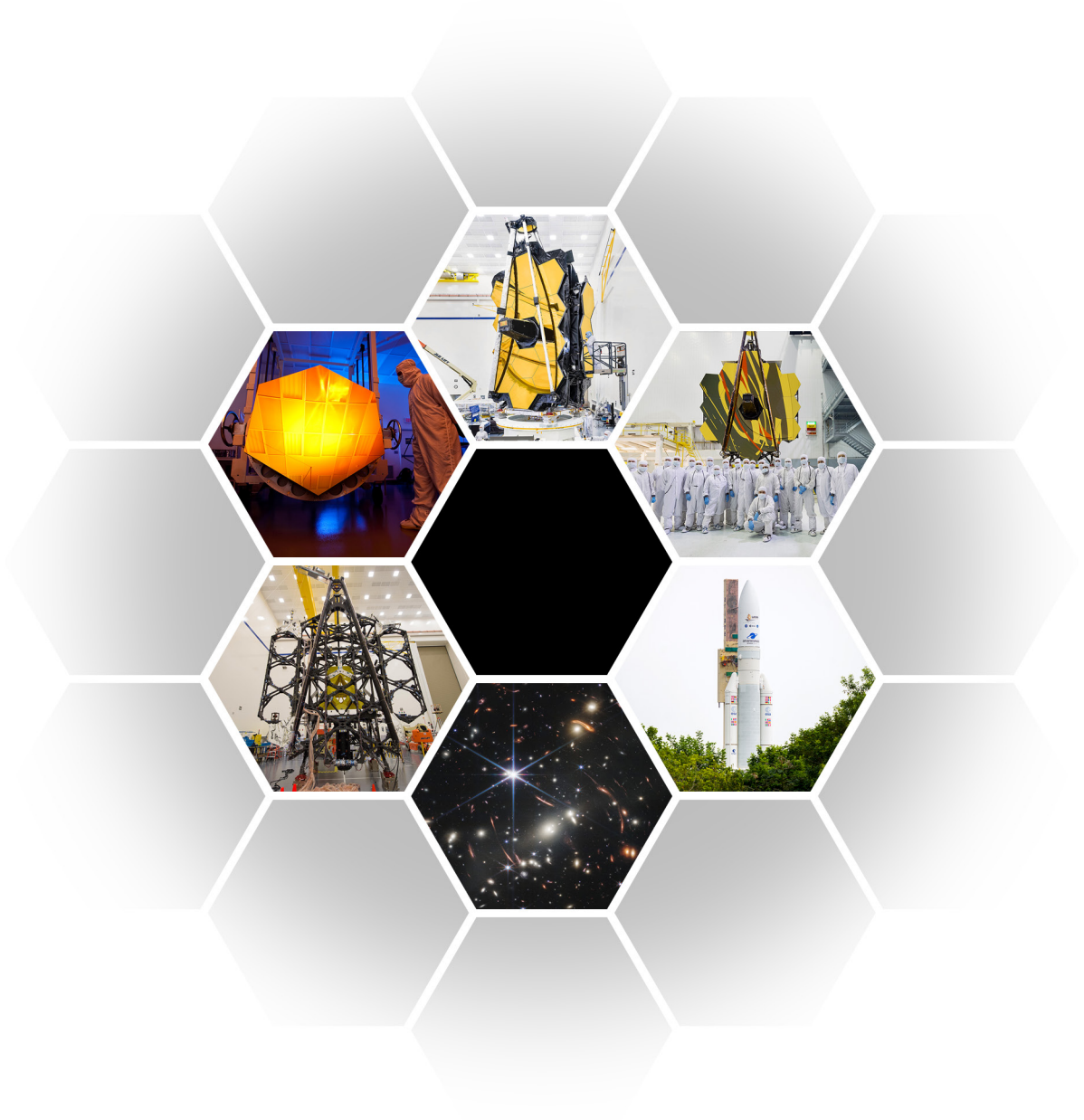
- رعایت اصول نوشتار بر اساس قواعد نگارش فارسی ضروری است.
- مطالب و نوشته‌های علمی بر اساس فارسی معیار نوشته شوند.
- در صورتی که از منابع خارجی استفاده می‌کنید؛ به صحیح و روان بودن متن ترجمه شده، دقت فرمایید.
- اگر مطلبی قرار است به زبان محاوره‌ای و صمیمی نوشته شود، زبان نوشتار در طول متن یک‌دست باشد.
- در نگارش مطالب، متون فارسی با قلم B Nazanin ۱۴ و متون انگلیسی با قلم Times new Roman ۱۴ نوشته شوند.
- منابع و مآخذ به‌کار رفته می‌بایست در پایان مطالب ذکر شود. جهت ارجاع از وب‌سایت‌ها، لینک آنها به‌صورت کامل درج شود و ارجاع از کتاب‌ها نیز به شکل استاندارد باشد. (شامل نام کتاب، نویسنده، جلد و ویرایش کتاب، فصل یا بخش مربوطه و سایر اطلاعات لازم)
- حجم قابل قبول برای مطلب ارسال شده، ۲ الی ۵ صفحه وورد می‌باشد. خواهشمندیم از ارسال مطالب با حجم بالا خودداری فرمایید.
  به‌ازای هر صفحه وورد، حداقل یک عکس مرتبط بایستی درج گردد.
- فایل ارسالی باید شامل تصاویر مرتبط با موضوع بوده و نیز موقعیّت تقریبی عکس‌ها در متن مطالب مشخص شده باشد. همچنین، اصل فایل مربوط به تصاویر، نمودارها و... نیز می‌بایست با فرمت‌های jpg یا png در پیوست مطالب ارسال شده موجود باشد.
- سعی شود تمامی تصاویر با کیفیت بالا و بدون واتر مارک باشند. می‌توانید برای جستجوی همان تصویر از google images استفاده کنید و در قسمت tools ، تصاویر با کیفیت و حجم بالاتری را فیلتر و جستجو کنید.
- کلیه عکس‌ها و روابط ریاضی به‌کار رفته در صورت وجود، حتماً شماره‌گذاری شده و عکس‌ها نیز دارای کپشن باشند.
- در صورت صلاحدید نویسنده، کلیپ متناسب با محتوا می‌تواند در نشریه به‌صورت QR code قرار داده شود. بدین منظور، نویسنده بایستی لینک گوگل درایو فیلم را نیز در انتهای فایل وورد خود قرار دهد. هم‌چنین موقعیّت مناسب قرارگیری را مشخص نماید.
- تقاضا می‌شود متن ارسالی را از نظر املایی و نگارشی تا حد امکان ویراستاری نمائید.
- در نگارش متون فارسی به تفاوت فاصله و نیم‌فاصله در واژه‌ها توجه شود. برای ایجاد نیم‌فاصله، از کلیدهای ترکیبی ctrl + shift + @ روی صفحه کلید استفاده کنید.
- کلیه مطالب می‌بایست در قالب دو فایل word و pdf ارسال گردند.
- در زمان ارسال فایل word ، حتماً هنگام Save as از منوی tools در بخش Save Options ، تمام تیک‌های مربوط به آیتم Preserve fidelity when sharing this document را فعال کنید تا فایل دچار به‌هم‌ریختگی به‌خاطر تفاوت فونت در سیستم‌های مختلف نشود.
- جهت مدیریّت تنوع مطالب، لطفاً زمینه همکاری خود را در زمان اعلام آمادگی بیان کنید. به منظور این کار شما می‌توانید با آدرس ایمیل زیر در ارتباط باشید.
- مطالب صرفاً به‌صورت تایپ‌شده و مطابق با دستورالعمل اجرایی نشریه انجمن علمی مهندسی مکانیک پذیرفته می‌شود؛ بنابراین علاقه‌مندان به همکاری لازم است پیش از ارسال مطالب، شیوه‌نامه نگارشی نشریه انجمن را به‌خوبی مطالعه نمایند.

راهنمای ساختاربندی فایل‌های قابل پذیرش:

۱- فایل وورد خام مطالب
۲- فایل عکس‌های به کار رفته
۳- فایل pdf متن به همراه عکس باکیفیت
۴- فایل عکس پرسنلی باکیفیت نویسنده
۵- فایل وورد مشخصات نویسنده (نام و نام خانوادگی - مقطع و رشته تحصیلی - سال ورود - دانشگاه محل تحصیل - ایمیل ارتباطی - تیتر پیشنهادی برای موضوع)

- در نهایت خواهشمند است فایل‌های نامبرده شده در قالب یک فایل فشرده (زیپ) از طریق ایمیل زیر ارسال گردد.

sametabrizu1@gmail.com



تبریز - دانشگاه تبریز - دانشکده مهندسی مکانیک
(ساختمان ١٤) - طبقه اول - دفتر انجمن علمی
دانشجویی مهندسی مکانیک

sametbz.ir

@same_tbz

@sametbz

@sametbz