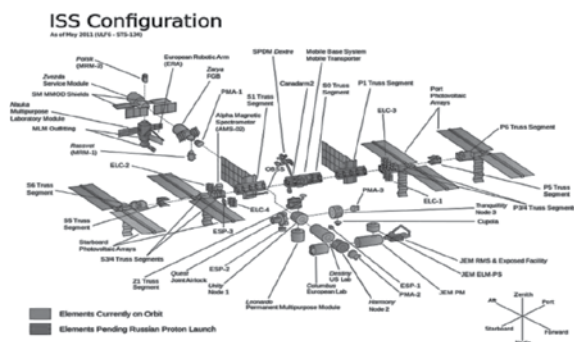


## آزمایشگاه در فضا آزمایشگاه فضایی کلمبوس

پروژه عبارتند از: روسیه (۶ بخش)، آمریکا (۴ بخش)، اروپا (۳ بخش)، ژاپن (۲ بخش)، کانادا (۲ بخش)، ایتالیا به طور مستقل (یک بخش)، به همراه دو بخش که یکی ساخت مشترک آمریکا و روسیه و دیگری ساخت مشترک اروپا و ایالات متحده آمریکا است. این ماژول‌ها شامل: چندین آزمایشگاه، بخش‌های ویژه اتصال، محفظه‌های هوایی و واحدهای مسکونی هستند. این بخش‌ها عبارتند از: زاریا (روسیه)، یونیتی (آمریکا)، زیوزدا (روسیه)، دستینی (آمریکا)، کوئست (آمریکا و روسیه)، پیرس (روسیه)، هارمونی (آمریکا)، کلمبوس (اروپا)، کیبو ۱ و ۲ (ژاپن)، بخش آزمایشگاهی چند منظوره (روسیه)، گره ۳ (آمریکا و اروپا)، کوپولا (اروپا)، بخش باری اتصالی ۱ و ۲ (روسیه).



تصویر ۱. بخش‌های مختلف ایستگاه فضایی بین‌المللی



تصویر ۲. ایستگاه فضایی بین‌المللی

همان طور که در قسمت‌های پیش بیان کردیم آزمایشگاه‌های فضایی متعددی در فضا وجود دارد. در این شماره از مجله، قصد داریم در مورد یکی دیگر از آزمایشگاه‌های فضایی به نام «کلمبوس» صحبت کنیم. اما کلمبوس کجاست؟ ایستگاه فضایی بین‌المللی که به اختصار «آی‌اس‌اس» نامیده می‌شود، نهمین ایستگاه قابل سکونت در مدار است. آی‌اس‌اس یک ماهواره‌ی مسکونی بسیار عظیم در فضا است که با همکاری بیش از ۱۵ کشور سراسر جهان ساخته شده است. نخستین قطعات این ایستگاه در سال ۱۹۹۸ به فضا پرتاب شد. این ایستگاه فضایی در مدار زمین و در ارتفاع ۳۵۰ کیلومتری از سطح زمین در حرکت است. سرعت آن در مدار معادل ۲۷,۷۰۰ کیلومتر بر ساعت است که به این ترتیب روزی ۱۵ بار به دور سیاره زمین گردش می‌کند. بیش‌تر بخش‌های اصلی این ایستگاه فضایی، ساخته شده اما تا سال‌های آتی چند بخش جدید به آن افزوده خواهد شد. پس از تکمیل، ایستگاه فضایی بین‌المللی ۴۵۰ تن وزن خواهد داشت و ۱۲۰۰ متر مکعب فضای کار، پژوهش و زندگی برای فضانوردان فراهم خواهد آورد. این ایستگاه در حال حاضر ظرفیت شش سرنشین دائمی را دارا است، اگرچه هنگام اتصال فضاپیماها و ورود اردوهای جدید، تعداد فضانوردان درون ایستگاه به طور موقت تا بیش از ده نفر هم افزایش می‌یابد. آی‌اس‌اس پرهزینه‌ترین دستگاه ساخته شده در طول تاریخ بشر است.

آزمایش‌های طولانی‌مدت در شرایط گرانش ناچیز در ایستگاه فضایی بین‌المللی انجام می‌شود. در این ایستگاه‌ها، امکان دخالت مستقیم انسان در آزمایش نیز وجود دارد. تأثیر بلندمدت حضور در فضا و شرایط گرانش ناچیز را تنها بر روی فضانوردان خدمه ایستگاه می‌توان تحقیق کرد. ایستگاه از ۱۴ بخش بزرگ استوانه‌ای شکل به نام ماژول (واحد یا بخش) تشکیل شده است. هر ماژول به طور جداگانه روی زمین درست شده و به کار انداخته شده و فضانوردان این بخش‌ها را در فضا به هم متصل کرده و می‌کنند. این ماژول‌ها دارای فشار هوا مناسب برای زندگی و کار انسان هستند.

کشورهای سازنده بخش‌های اصلی ایستگاه (تا پایان



تصویر ۳. آزمایشگاه فضایی کلمبوس متصل به ایستگاه فضایی بین‌المللی

## ماژول کلمبوس

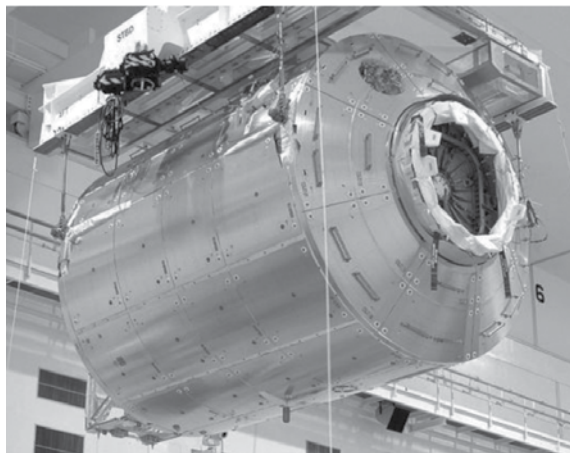
آزمایشگاه فضایی کلمبوس یک آزمایشگاه علمی و بخشی از ایستگاه فضایی بین‌المللی است که توسط سازمان فضایی اروپا ساخته شده است. آژانس فضایی اروپا (به انگلیسی: European Space Agency و به اختصار ESA) و (به فرانسوی: ESA; French: Agence spatiale européenne و (به آلمانی: Europäische Weltraumorganisation) سازمان فضایی اتحادیه اروپا است. این سازمان دولتی بین‌المللی که به اکتشاف فضا و فضانوردی اختصاص داده شده، دارای ۲۲ کشور عضو است. آژانس فضایی اروپا در سال ۱۹۷۵ تأسیس شده و مرکز آن در پاریس، فرانسه دارای بیش از ۲۰،۰۰۰ نفر نیروی انسانی با بودجه‌ی سالانه در حدود ۶،۴۳ میلیارد یورو (۲۰۱۹) است. برنامه‌های پرواز به فضای آژانس فضایی اروپا می‌تواند به موارد: پروازهای فضایی با سرنشین، عمدتاً از طریق شرکت در برنامه‌های ایستگاه فضایی بین‌المللی، راه‌اندازی و شرکت در مأموریت‌های اکتشافی بدون سرنشین به سیارات دیگر و ماه، مشاهده زمین از فضا، دانش فضایی، ارتباط از راه دور و همچنین نگهداری از پایگاه فضایی بزرگ گویان در فرانسه، و طراحی و راه‌اندازی وسایل ترابری فضایی اشاره کرد. ۲۲ کشور اروپایی شامل آلمان، اتریش، اسپانیا، استونی، ایتالیا، ایرلند، بریتانیا، بلژیک، پرتغال، دانمارک، رومانی، سوئد، سوئیس، فرانسه، فنلاند، لوکزامبورگ، مجارستان، نروژ، هلند، یونان، جمهوری چک و رومانی اعضای این سازمان را تشکیل می‌دهند. آزمایشگاه فضایی کلمبوس عمده‌ترین همکاری این سازمان در پروژه ایستگاه فضایی بین‌المللی تاکنون محسوب می‌شود. این آزمایشگاه فضایی به شکل استوانه‌ای به قطر چهار و نیم متر است؛ فضای داخلی آن با گنجایش ۷۵ متر مکعب از انعطاف زیادی برای نصب ابزارهای گوناگون پژوهشی برخوردار است. برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها و افزایش اطمینان کار، طراحی سازه و سیستم‌های پشتیبانی حیات کلمبوس از MPLM (بخش پشتیبانی چندمنظوره) سازمان فضایی ایتالیا اقتباس شده است.

عمر عملیاتی این آزمایشگاه ۱۰ سال برآورد شده است. در طی این مدت، پژوهشگران روی زمین با همکاری سرنشینان ایستگاه فضایی بین‌المللی، خواهند توانست هزاران آزمایش مختلف را در زمینه‌هایی مانند دانش زیست‌شناسی، دانش مواد، فیزیک مایعات در شرایط بی‌وزنی انجام دهند.

## نصب و راه‌اندازی آزمایشگاه فضایی کلمبوس در ایستگاه فضایی بین‌المللی

آزمایشگاه فضایی کلمبوس در روز پنجشنبه ۱۸ بهمن ۱۳۸۶ برابر ۷ فوریه ۲۰۰۸ میلادی توسط شاتل آتلانتیس طی مأموریت STS-۱۲۲ به مدار زمین منتقل شد. پس از دو روز، فضاییم‌ای آتلانتیس در ۲۰ بهمن (۹ فوریه) در ساعت ۱۸:۴۰ دقیقه به وقت گرینویچ به ایستگاه فضایی بین‌المللی متصل شد. در این مأموریت، هانس شلگل و لئوپولد ایهارتس - فضانوردان سازمان فضایی اروپا - شرکت داشتند. از جمله وظایف آن‌ها انجام پیاده‌روی فضایی و شرکت در عملیات اتصال کلمبوس به ایستگاه فضایی بین‌المللی بود. در روز دوشنبه ۱۱ فوریه، لئوپولد ایهارتس به وسیله بازوی روباتیک اروپایی، کلمبوس را از محفظه بار آتلانتیس خارج کرد و در محل نصب در جوار ایستگاه بین‌المللی فضایی قرار داد. پس از آن رکس والهیم و استلی لاو طی یک راهپیمایی فضایی، آزمایشگاه را به طور کامل نصب کردند. یک روز بعد در ۱۲ فوریه، دریچه اصلی کلمبوس به ایستگاه فضایی باز شد، و لئوپولد ایهارتس به عنوان نخستین نفر وارد آزمایشگاه شد. از آنجاییکه احتمال داده می‌شد بخاطر تکان‌های شدید در زمان پرواز فضایی، قطعاتی از جای خود جدا و در فضا معلق شده باشند، وی محض احتیاط صورت و چشمان خود را با ماسک و عینک محافظت‌کننده پوشاند. پرتاب کلمبوس ابتدا برای روز ۹ دسامبر ۲۰۰۷ پیش‌بینی شده بود اما بروز نقص فنی در شاتل آتلانتیس پرواز را تا فوریه ۲۰۰۸ به تأخیر انداخت. فضاییم‌ای آتلانتیس روز چهارشنبه ۲۰ فوریه به زمین بازگشت. پس همانگونه که خواندید نصب یک آزمایشگاهی فضایی و راه‌اندازی آن بسیار مشکل و زمان‌بر است.

## ویژگی‌های آزمایشگاه فضایی کلمبوس



تصویر ۷. نمای از آزمایشگاه فضایی کلمبوس

سازه این آزمایشگاه استوانه‌ای شکل است و بخش‌های مخروطی شکلی در هر دو انتهای استوانه قرار دارند. بخش مخروطی که به سمت ایستگاه فضایی قرار دارد شامل سخت‌افزارهای اتصال به ایستگاه و درب عبور سرنشینان است. از بخش مخروطی دیگر برای جاسازی کامپیوترهای آزمایشگاه استفاده می‌شود. شکل و ابعاد آزمایشگاه برای این طراحی شده که بتوان آن را برای انتقال به مدار زمین در بخش باری فضایی شاتل حمل کرد.

برخی ویژگی‌های کلمبوس عبارتند از:

طول: ۶٫۸۷۱ متر

قطر: ۴٫۴۸۷ متر

حجم داخلی: ۷۵ متر مکعب

حجم قفسه‌های آزمایشی: ۲۵ متر مکعب

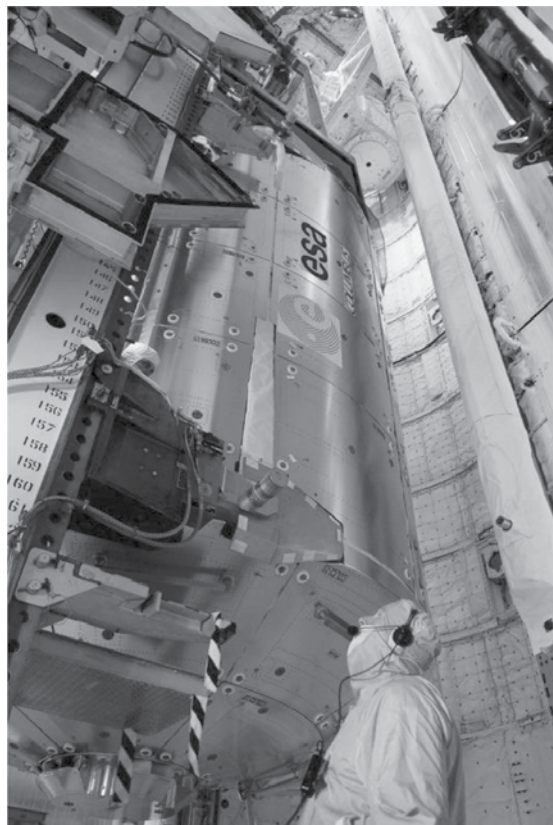
وزن در هنگام پرتاب (شامل ۲٫۵۰۰ کیلوگرم بار و ادوات): ۱۲٫۸۰۰ کیلوگرم

وزن کامل در مدار (شامل ۱۰٫۵۰۰ کیلوگرم بار و ادوات): ۱۹٫۳۰۰ کیلوگرم

## قفسه‌های آزمایشگاهی

سازمان فضایی اروپا گونه‌های مختلفی از قفسه‌های آزمایشی را برای کلمبوس طراحی و آماده کرده است. همه این گونه‌ها طوری طراحی شده‌اند که پژوهشگران اروپایی بتوانند از حداقل فضا برای انجام بیشترین آزمایش‌ها در محیط بی‌وزنی بهره‌برداری کنند. آزمایشگاه فضایی کلمبوس

در زیر چندین تصویر در حال انتقال آزمایشگاه فضایی کلمبوس از زمین به فضا را مشاهده می‌کنید.



تصویر ۴. آزمایشگاه فضایی کلمبوس در حال انتقال به بخش بار در شاتل آتلانتیس



تصویر ۵. آزمایشگاه فضایی کلمبوس پس از ساخت، توسط هواپیمای ابرترابری ایرباس موسوم به «ننگ بلوگا» از اروپا به مرکز فضایی کندی در آمریکا منتقل شد.



تصویر ۶. هانس شلکل فضانورد آلمانی در حال نصب و راه‌اندازی ابزار پژوهشی آزمایشگاه فضایی کلمبوس

نگهداری از حشرات برای مطالعه چند نسلی و بررسی اثر اشعه بر بیولوژی وجود دارد. انکوباتورهای تخم، انکواسیون و رشد تخم‌های خزندگان و مرغان را قبل از بیرون آمدن از تخم حمایت می‌کند.



تصویر ۸. انکوباتور کوبیک سازمان فضایی اروپا

همچنین نصب سانتریفیوژهایی که میزان جاذبه انتخابی آن‌ها از ۰/۱ تا ۱/۵ جی تغییر کند، امکان بزرگی را برای بشریت فراهم کرده است. سانتریفیوژ بر روی برد «آی‌اس‌اس» فرصت بی‌نظیری برای تحقیقات بیولوژی فضایی را در طول مواجهه طولانی مدت با میکروگراویتی فراهم می‌کند. این تسهیلات یک آزمایشگاه یا پایگاهی را فراهم می‌کند که دارای گرانش ۵- تا ۱۰- جی است. همچنین این سانتریفیوژها سامانه آزمایشگاهی بایولب ایستگاه فضایی بین‌المللی (سامانه ساخته شده توسط آژانس فضایی اورپا ایسا) با فریزر ۸۰- درجه سلسیوس و یخچال ۴ درجه سلسیوس و یک فریزر کرایونیک و یک سیستم تشعشع سنج و نیز یک میکروسکوپ مشاهده و تشریح، تجهیز شده‌اند. سانتریفیوژها و فریزرها دارای مکانیسم‌های تعدیل کننده اختصاصی هستند که تضمین می‌کنند میزان میکروگراویتی کوجود در این دستگاه‌ها توسط انسان یا فعالیت ماشین تغییر نیابد. جهت اطمینان از عملکرد این سیستم تعدیل کننده، نمونه‌برداری دوره‌ای به طور اتوماتیک یا به وسیله خدمه ایستگاه فضایی انجام می‌شود.

سیستم نمونه‌برداری این سانتریفیوژها به دقت طراحی شده تا از لرزش و نیروهای گرانشی ناخواسته تا حد امکان جلوگیری شود.

تصویر ۹. سانتریفیوژ یخچال‌دار



فضای کافی برای نصب ده قفسه تجهیزات با استاندارد بین‌المللی (ISPR) است. هشت قفسه در دیواره‌ها و دوتای آن‌ها در سقف آزمایشگاه قرار دارد. از این مجموعه، پنج قفسه متعلق به سازمان فضایی اروپا و پنج قفسه دیگر در اختیار ناسا است. هر کدام از این قفسه‌ها تقریباً به بزرگی یک اتاقک تلفن هستند و قابلیت پشتیبانی یک آزمایشگاه مستقل به همراه تمام تجهیزات آن را دارا می‌باشند. این تجهیزات شامل واحدهای نیرودهنده، خنک کننده، و سیستم‌های ارتباط داده‌ای و ویدئویی به پژوهشگران مستقر در زمین است. شکل و ابعاد ماژول‌های آزمایشگاهی ایستگاه فضایی (برای نمونه کلمبوس) برای این استوانه‌ای شکل طراحی شده‌اند تا بتوان آن را توسط بخش باری فضایی شاتل برای انتقال به مدار زمین حمل کرد.

### سیستم‌های پژوهشی کلمبوس

در زمان پرتاب به فضا، پنج قفسه آزمایشگاهی در کلمبوس نصب شده بوده است که شامل: آزمایشگاه زیست‌شناسی (Biolab)، بخش ابزار فیزیولوژیک اروپایی (EPM)، آزمایشگاه دانش مایعات (FSL)، قفسه کشویی اروپایی (EDR)، بخش حمل‌کننده اروپایی (ETC) است که در ادامه به توضیح هر بخش خواهیم پرداخت.

### آزمایشگاه زیست‌شناسی بایولب (Biolab)

این آزمایشگاه برای آزمایش روی میکروارگانیسم‌ها، سلول‌ها، کشت پوست، پرورش گیاهان کوچک و حشرات به کار می‌رود. برای مثال، از انکوباتورهای مناسب برای رشد سلول‌ها، ارگانیسم‌های ساده، گیاهان و حیوانات در همین قسمت قرار دارد. این واحدها توانایی حفظ و کنترل میکروبی، حیوانی، گیاهی و کشت‌های بافتی برای مدت ۳۰ روز را دارا می‌باشند. آکواریوم‌ها ارگانیسم‌های کوچکی مانند ماهی زبرا را برای مدت ۹۰ روز جهت انجام مطالعات بر روی تولید تخم در خود جای می‌دهد محل نگهداری حیوانات، ظرفیت حدود ۶ موش صحرایی یا یک دوجین موش را خواهد داشت. در این محل نگهداری حیوانات، امکان سکنی دادن به موش‌های حامله و فرزندان آن‌ها از زمان تولد تا زمان از شیر گرفتن وجود خواهد داشت. واحد پرورش گیاهی نیز قادر به حمایت از نمونه‌های گیاهی با حدود ۸ سانتی‌متر طول (ریشه و ساقه) در طول تمامی مراحل رشد و تکامل می‌باشد. همچنین یک محل جهت



تصویر ۱۱. بخش فیزیولوژی اروپایی قبل از راه اندازی در فضا و تست آن در زمین در کنار آن سیستم الکتروانسفالوگرافی دیده می‌شود.

### آزمایشگاه دانش مایعات (FSL)

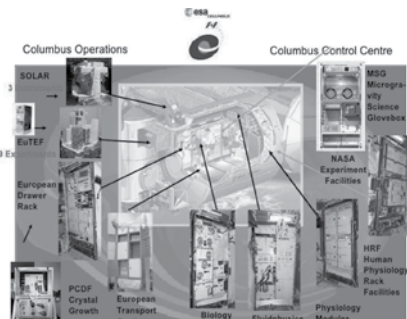
این آزمایشگاه برای پژوهش روی رفتار غیرعادی مایعات در بی‌وزنی ساخته شده است. از نتایج آزمایش‌های این بخش می‌توان روی زمین برای پاکسازی لکه‌های نفتی و حتی ساختن عدسی‌های نوری بهتر استفاده کرد.

### قفسه کشویی اروپایی (EDR)

این بخش قفسه‌ای انعطاف‌پذیر و قابل استفاده برای طیف گسترده‌ای از آزمایش‌ها گوناگون است. در حقیقت این بخش فضای کافی برای نصب و بهره‌برداری از انواع کشتوها با اندازه استاندارد را فراهم می‌کند که معمولاً از آن‌ها برای نگهداری نمونه‌های آزمایشی استفاده می‌کنند.

### بخش حمل‌کننده اروپایی (ETC)

از این بخش برای ردیف کردن و حمل و نقل اقلام آزمایشگاهی استفاده می‌شود. از سطوح این بخش می‌توان به عنوان میز کارگاهی استفاده کرد.



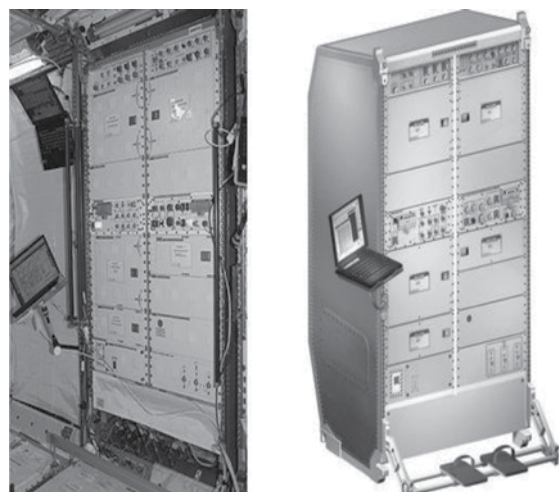
تصویر ۱۲. محل قرارگیری بخش‌های مختلف آزمایشگاهی در آزمایشگاه فضایی کلمبوس در ایستگاه فضایی بین‌المللی

### بخش ابزار فیزیولوژیک اروپایی (EPM)

بخش فیزیولوژی اروپایی در سال ۲۰۰۸ با شاتل فضایی آتلانتیس راهی ایستگاه فضایی شد. ماژول فیزیولوژی اروپایی که به اختصار آن را «ای پی ام» می‌نامند؛ در ماژول کلمبوس ایستگاه فضایی بین‌المللی قرار دارد و ما را قادر می‌سازد که درک بهتری از اثرات پروازهای فضایی بر روی بدن انسان داشته باشیم. به طور معمول این مرکز مطالعات خود را به زمینه‌های تحقیقاتی چون مطالعات عصب شناسی، قلبی و عروق، مطالعات فیزیولوژیکی، تحقیقات از فرآیند متابولیسم بدن و فیزیولوژی استخوان اختصاص داده است. «ای پی ام» تست‌های روانشناسی و زیست پزشکی را می‌گیرد و این داده‌ها را برای تجزیه و تحلیل بیش‌تر به زمین انتقال می‌دهد. اطلاعات حاصله دیدی نسبت به فرآیندهای بدن انسان در یک محیط میکروگرانشی فراهم می‌کند.

در واقع این قسمت برای مجموعه‌ای از آزمایش‌ها است که هدف آن‌ها مطالعه تأثیرات بی‌وزنی در دراز مدت روی بدن انسان است. نتیجه این آزمایش‌ها برای پژوهشگران در رشته‌های دیگر هم قابل استفاده است، برای مثال دانشمندی که روی زمین روی موضوعاتی مانند پوکی استخوان در سنین بالا یا مشکلات تعادل بدن انسان کار می‌کنند، می‌توانند از نتایج آزمایش‌ها «ای پی ام» استفاده کنند.

«ای پی ام» تجهیزاتی را برای مطالعه بدن انسان فراهم می‌کند، از جمله سه ماژول علوم: دو ماژول فعال، کاردیولب و سیستم الکتروانسفالوگرافی چند الکتروده و یک ماژول (کیت جمع‌آوری نمونه) که شامل تجهیزاتی برای جمع‌آوری نمونه‌های بیولوژیکی (خون، ادرار، بزاق و...) است.

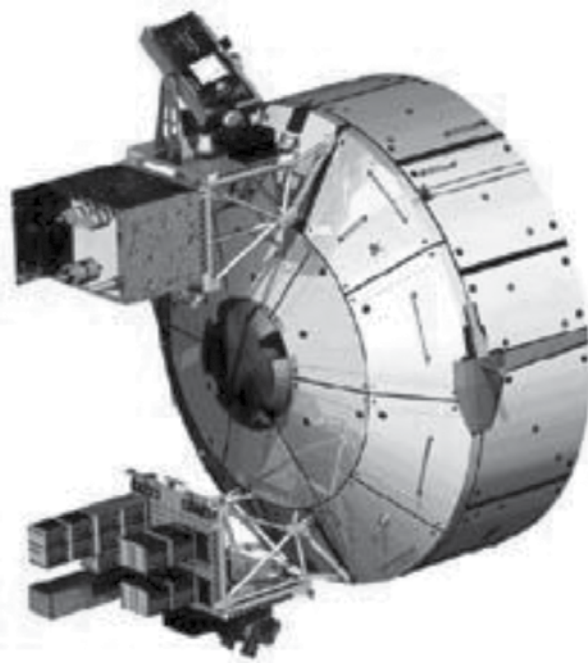


تصویر ۱۰. ماژول فیزیولوژیکی اروپایی

## بخش‌های بیرونی آزمایشگاه فضایی کلمبوس

در ورای محیط کنترل‌شده و مطبوع درون آزمایشگاه، از بخش بیرونی کلمبوس هم استفاده پژوهشی به عمل می‌آید. بخش بیرونی آزمایشگاه در خلاء فضا قرار دارد و دارای چهار نقطه برای اتصال ابزار و ادوات آزمایشی و پژوهشی است. حداکثر وزن مجموعه ابزارآلاتی که می‌توانند در بیرون آزمایشگاه نصب شوند ۲۲۷ کیلوگرم است.

از جمله پژوهش‌هایی که قرار است در محیط بیرون کلمبوس انجام شود می‌توان به آزمایش زندگی باکتری‌ها روی شهاب سنگ مصنوعی در محیط فضا اشاره کرد. ضمناً با نصب دوربین‌های ویژه روی بخش بیرونی کلمبوس می‌توان پدیده‌های مختلفی مانند فعالیت‌های آتشفشانی روی سطح زمین را بررسی کرد.



تصویر ۱۳. بخش‌های بیرونی EuTEF و SOLAR آزمایشگاه فضایی

## نخستین آزمایش‌های بیرونی

بلافاصله پس از اتصال آزمایشگاه کلمبوس به ایستگاه فضایی بین‌المللی، دو محموله پژوهشی روی بخش بیرونی آن نصب شد:

ابزار اروپایی تماس با فضا (EuTEF): این بخش حاوی آزمایش‌هایی است که فقط هنگام تماس مستقیم با فضا انجام می‌پذیرد.

ابزار خورشیدی (SOLAR): بخشی که شامل سه ابزار مختلف برای مطالعات روی خورشید است.

## آزمایش‌های بیرونی آینده

از میان آزمایش‌هایی که سازمان فضایی اروپا برای بخش بیرونی کلمبوس در نظر گرفته می‌توان به نصب ساعت اتمی بسیار دقیقی در فضا (ACES) اشاره کرد.

## کنترل زمینی آزمایشگاه فضایی کلمبوس

مرکز کنترل کلمبوس روی زمین مکمل آزمایشگاه فضایی کلمبوس در مدار زمین است. پژوهشگران در سراسر اروپا می‌توانند از طریق یکی از مراکز تخصصی و حتی از دفتر کارشان آزمایش‌های مورد نظر خود را در کلمبوس ساماندهی کنند. تمامی ارتباطات با کلمبوس - چه از طرف پژوهشگران چه توسط همکاران سازمان فضایی اروپا در ناسا - از طریق مرکز کنترل کلمبوس در آلمان انجام می‌شود.

## منابع:

1. Arentson-Lantz EJ, English KL, Paddon-Jones D, Fry CS. Fourteen days of bed rest induces a decline in satellite cell content and robust atrophy of skeletal muscle fibers in middle-aged adults. J Appl Physiol (2016). (1985 Apr) 00799. 2015. 75-965;(8)120;15. PubMed PMID: 26796754; PubMed Central PMCID: PMC4835912.
2. Bentley J, Leach M, McCleary F, Smith S, Norcross J, Hagan D. Advanced Resistive Exercise Device (ARED) Man-In-The-Loop Test. Houston TX: National Aeronautics and Space Administration, Lyndon B. Johnson Space Center; 2006 May. NASA Technical Memorandum NASA TP213717-2006-; S974-.
3. Berg HE and Tesch PA. Force and power characteristics of a resistive exercise device for use in space. Acta Astronautica. 1998. Jan-Apr; 30-219;(8-1)42.
4. Bishop PA, Lee SM, McBrine JJ, Siconolfi SF, and Greenisen MC. Validation and evaluation of a lightweight portable device for measuring VO2. American Industrial Hygiene Association Journal. 4-56:50;1995.
5. Bishop PA, Lee SM, McBrine JJ, Siconolfi SF, and Greenisen MC. Validation and evaluation of a lightweight portable device for measuring VO2. American Industrial Hygiene Association Journal. 4-56:50;1995.
6. De Witt JK, Bentley JR, Lee SM, Norcross J, Smith C, Hagan, RD. Kinematic differences between motorized and nonmotorized treadmill locomotion: Paper presented at: American Society of Biomechanics Annual Meeting; September 2006, 9-6; Blacksburg, VA. NASA Technical Memorandum NASA/TM0021459-2006-.
7. De Witt JK, Lee SM, Wilson CA, Hagan RD. Determinants of time to fatigue during nonmotorized treadmill exercise. Journal of Strength and Conditioning Research. 2009 May; 90-883;(3)23.
8. Dijk DJ, Neri DF, Wyatt JK, Ronda JM, Riel E, Ritz-De Cecco A, Hughes RJ, Elliott AR, Prisk GK, West JB, Czeisler CA. Sleep, performance, circadian rhythms, and light-dark cycles during two space shuttle flights. Am J Physiol Regulatory Integrative Comp Physiol. 281;2001:R-1647R1664.
9. Elliott AR, Sshea SA, Dijk DJ, Wyatt JK, Riel E, Neri DF, Czeisler CA, West JB, Prisk GK. Microgravity reduces sleep-disordered breathing in humans. Am J Respir Crit Care Med. 85-478;(3)164;2001.