

## آزمایشگاه در فضا - (قسمت اول)

### مقدمه ای بر آزمایشگاه های فضایی

با پیشرفت پنجاه ساله فضانوردی و علوم وابسته به آن، شکی نیست که فضا در لایه لایه زندگی انسان امروز حضور پیدا کرده و این در حالی است که توسعه و دگرگونی این صنعت همچنان ادامه دارد و نمی توان پایانی را برای آن متصور شد.

زندگی بر روی زمین بسیار متفاوت از فضا است. انسان برای این که بتواند در فضا اقامت کند، بایستی شرایط آن را کاملاً بشناسد و راه های مقابله با اثرات مخرب آن را نیز فرا گیرد. دانش فضاپزشکی یکی از علمی است که سعی دارد، تأثیرات محیط خشن فضا را بر بدن انسان بشناسد و با اثرات منفی آن مقابله کند. اما بی شک آنچه که موجب گسترش این علم نوین در عرصه فضا شده است، حضور آزمایشگاه های فضایی زیستی و... است. بشر تاکنون برای دستیابی به چنین دانشی تاوان زیادی پرداخته و تلفات بسیاری داده است. البته امروزه بسیاری از این دانش و تجربیات، در اختیار نسل های جوان قرار گرفته است و دانشمندان و محققان ایرانی نیز می توانند از آن بهره ببرند. در این مقاله سعی بر آن شده است تا به تاریخچه و چگونگی پیدایش این آزمایشگاه های فضایی پردازد. آنچه مسلم است شرح تمامی فعالیت های آزمایشگاه های فضایی بشر در پنجاه سال گذشته در این مقاله نمی گنجد. سعی شده است مرور کوتاهی از تحقیقات در این زمینه بیان شود. به امید آن که، روزی برسد که بشر به حدی از توانایی در علوم دست پیدا کند تا همه انسان ها بتوانند به راحتی به فضا سفر کرده و حتی در آن جا سکونت کنند.

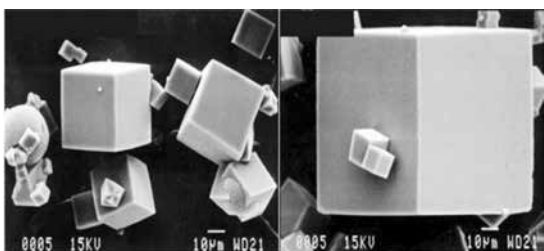
### رفتار مختلف مواد و جانداران در فضا

فرض کنید لباس فضایی خود را پوشیده اید و بر روی صندلی شاتل به پشت دراز کشیده اید. چندین ساعت است

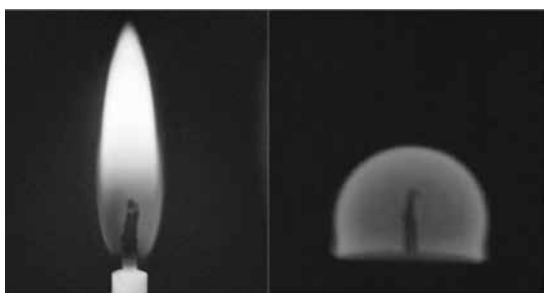
که در این وضعیت قرار گرفته اید. در حالت عادی، زمانی که ایستاده اید، گرانش خون را به سمت پایین و به سمت وریدهای پا، می کشد. اما زمانی که به پشت دراز کشیده اید، خون به صورت دیگری در بدن جریان می یابد. به این دلیل که پاها بالاتر از سر قرار گرفته اند، خون به سمت سرتان حرکت می کند و ممکن است اندکی احساس گیجی و خفگی کنید. مورتورها روشن می شوند و شتاب را حس خواهید کرد. زمانی که شاتل در حال پرتاب شدن است به سمت صندلی فشرده می شوید. شتاب شاتل تا ۳ برابر نیروی گرانش بر روی زمین، افزایش می یابد و احساس سنگینی می کنید و فشار شدیدی در قفسه سینه احساس می شود. ممکن است برای تنفس مشکل پیدا کنید. در حدود هشت و نیم دقیقه بعد، در فضا خواهید بود و احساس کاملاً متفاوت و هیجان انگیزی را تجربه خواهید کرد به اسم "بی وزنی". شاید بهتر است از واژه کم وزنی به جای بی وزنی استفاده کنیم. شما در واقع بی وزن نیستید، به این خاطر که جاذبه ی زمین شما و هر چیز دیگری در شاتل را، در حال چرخش به دور خودش نگاه داشته است. این حالت تقریباً شبیه به حالت سقوط آزاد است. بسیار شبیه به پریدن از یک هواپیما با این تفاوت که فضانورد با سرعت بسیار بالایی (۸ کیلومتر بر ثانیه) به صورت افقی در حال حرکت است و اگر سقوط کند، چون سطح زمین دور است، هرگز زمین را لمس نخواهد کرد.

اغلب اوقات در تصاویر ارسالی از فضانوردان آن ها را در حال شناور بودن در محیط شاتل یا ایستگاه فضایی می بینیم. در بی وزنی حتی قادرید با یک انگشت فضانورد دیگری را بلند کنید (تصویر ۱). عامل بی وزنی زندگی فضانورد را دچار اشکال می کند اگر وی تصمیم به حرکت

تفاوت دمای حاصل، باعث عدم تعادل در کشش سطحی شده و مایع را به چرخش واداشته است. چنین حرکت ناشی از کشش سطحی به ندرت روی زمین دیده می‌شود. اما در گودال‌های خنک‌کننده استیل گذاخته می‌توان چنین حرکتی که به همرفت مارانگونی معروف است، را دید.



تصویر ۳. در بی‌وزنی بلورها بزرگ‌تر می‌شوند و مکعب‌های زئولیت معدنی شاهدهی بر این جمله هستند.

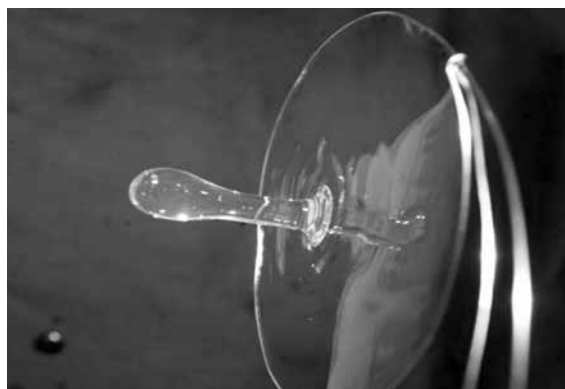


تصویر ۴. آتش در فضا با نوع زمینی آن بسیار متفاوت است. شعله‌های فضایی همچنین در دمای کم‌تر و با اکسیژن کم‌تری نسبت به زمین می‌سوزد. در نتیجه به گفته محققان، ماده مورد استفاده برای روشن کردن آتش در فضا باید متمرکزتر باشد. بی‌وزنی باعث می‌شود شعله‌ها به نسبت حالتی که در وجود جاذبه طبیعی دارند، گردتر و خنک‌تر باشند. می‌توانید تفاوت دو حالت شعله را در نیروی جاذبه طبیعی (عکس سمت چپ) و بی‌وزنی (عکس سمت راست) ببینید. بر خلاف زمین، در حالت بی‌وزنی، هوای داغ و کم‌چگال‌تر بالا نمی‌رود. در نتیجه، فرآیندهای دیگر مانند انتشار ذرات از منطقه داغ به منطقه‌ای با دمای کم‌تر، تسلط می‌یابند. مطالعه سوختن در فضا، اطلاعات پایه‌ای بیش‌تری را در مورد فیزیک این پدیده به دست داد که می‌تواند به فناوری فرونشانی آتش در برنامه‌های فضایی آینده کمک شایان توجهی کند.

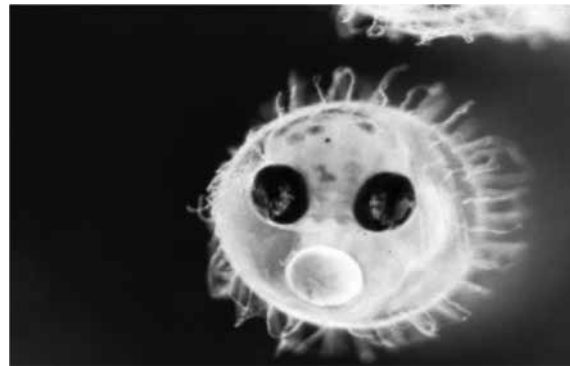
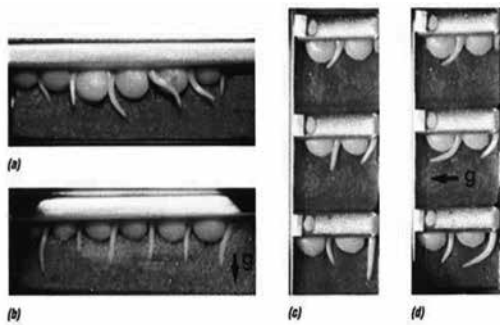
بگیرد، پایش از روی زمین بلند شده و شناور خواهد ماند. چنانچه مایعی را درون ظرف بریزد از کناره آن خواهد ریخت. ابزارها و سایر وسایل در فضا غوطه‌ور می‌مانند. همه چیز در بی‌وزنی، رفتار متفاوتی از خود نشان می‌دهد. به دلیل این که شاتل و تمامی اشیاء درون آن با سرعتی یکسان در حال سقوط هستند، هر چیزی در شاتل که به جایی محکم نشده باشد، شناور می‌شود. اگر موهای بلندی داشته باشید، موها در اطراف صورت‌تان شناور می‌شوند (تصویر ۱)، اگر درحال ریختن آب در لیوان باشید، آب شکل یک قطره‌ی کروی و بزرگ را به خود می‌گیرد، که به قطره‌های کوچک‌تر، تبدیل می‌شوند. در زیر نمونه‌هایی از رفتار متفاوت در بی‌وزنی را مشاهده می‌کنید.



تصویر ۱



تصویر ۲. در فقدان نیروی جاذبه، کشش سطحی بر قوانین فیزیکی مایعات چیره می‌شود. در این تصویر، این نیرو باعث شده که آب در یک حلقه فلزی گسترده شود، انگار که با یک قاشق نامرئی هم زده شده باشد. این تاثیر با استفاده از نور برای گرم کردن غیریکنواخت آب ایجاد شده است، به صورتی که

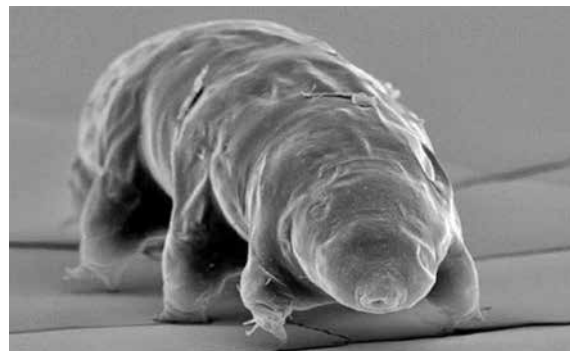


a- به طور تصادفی جهت‌گیری کردند. ریشه‌های در حال رشد در فضا با سانتریفیوژ (شتاب یک جی) b- در جهت شتاب رشد داشته‌اند. ریشه‌های در حال رشد در جاذبه. c- در هم برهم بود. اما به نظر نمی‌رسد توانایی خود را برای درک گرانش از دست داده باشد، چرا که در سانتریفیوژ (شتاب یک جی) قرار گرفته است. d- آن‌ها در جهت شتابی که شبیه سازی گرانش زمین بود، رشد کردند.

تصویر ۵. ماهی مداکای ژاپنی جز اولین حیواناتی است که با فضاییمای اندوور در سال ۱۹۹۴ / ۱۳۷۳ به فضا فرستاده شد و برای مطالعات تحول جنین در فضا مورد استفاده قرار گرفت. اهمیت نیروی جاذبه در آغاز چرخه حیات جانوران هنوز به صورت یک معما باقی مانده است. ماهی مداکایی که در فضا متولد شد، تا شبیه شدن به برادرانش روی زمین، رشد کرد، اما پژوهش‌هایی که روی سایر حیوانات، از موش گرفته تا قورباغه انجام شده‌اند، نشان داده‌اند که بی‌وزنی تأثیر قابل توجهی روی رشد اولیه این جانوران دارد، به طوری که احتمال ناتوانایی‌های فیزیکی در آن‌ها بالا می‌رود.



تصویر ۸. رشد گل رز مینیاتوری در پرواز شاتل فضایی دیسکوری اس تی اس-۹۵، سال ۱۹۹۸. در یک سفر ده روزه در سال ۱۹۹۸ (۱۳۷۷ شمسی) در پرواز شاتل فضایی دیسکوری



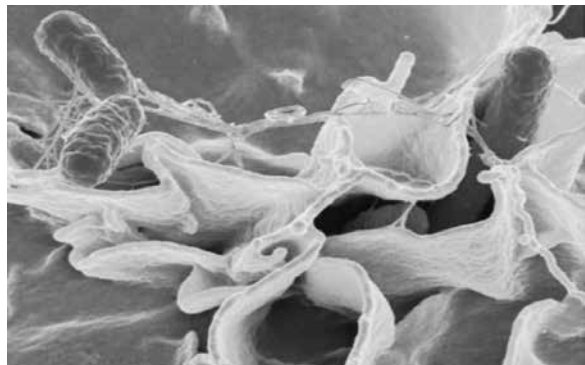
اس تی اس-۹۵ دانشمندان ناسا موفق به رشد گل رز مینیاتوری درون، یک محفظه رشد گیاه تجاری در فضا شدند. طی تحقیقات بر روی این گل آن‌ها متوجه شدند بوی آن در فضا با بوی آن در زمین متفاوت است. گل‌های زمینی در فضا مواد معطر متفاوتی تولید می‌کنند. در واقع وقتی یک گل زمینی را در فضا پرورش دهید، در نهایت بوی متفاوتی خواهد داشت. اما چرا؟ آن‌چه باعث می‌شود ما رایحه گل را تجربه کنیم، روغن‌های فراری هستند که گل تولید می‌کند. ما به واسطه تجربه رایحه گل‌ها روی زمین، عطر گل‌ها را می‌شناسیم، اما اگر همین گل‌ها در فضا پرورش یابند، رایحه کاملاً متفاوتی خواهند داشت. این روغن‌های فرار به شدت از شرایط محیطی

تصویر ۶. فقدان نیروی جاذبه تنها عامل محیطی نیست که در فضا برای حیوانات تغییر می‌کند. آن‌ها همچنین باید اشعه‌های کیهانی و خورشیدی بیش‌تری را تحمل کنند. گل‌سنگ و باکتری توانسته‌اند مواجهه با ترکیبی از خلا بدون هوا و اشعه شدید موجود در فضا را تاب بیاورند. اما تاکنون تنها یک جانور، یکی از بی‌مهرگان میکروسکوپی به نام خرس آبکی یا جانور تنبل، توانسته است مانند گل‌سنگ و باکتری چنین شرایطی را تحمل کند. تصویر ۷. ریشه‌های رشد کرده عدس در میکروگرانش در طی سال‌های ۱۹۸۱ تا ۱۹۸۶ در پروازهای شاتل:

مانند دما، میزان رطوبت و سن گل تاثیر می‌گیرند. با در نظر گرفتن حساسیت بالای آن، جای تعجب ندارد که عدم وجود جاذبه هم روی آن تاثیر داشته باشد. رایحه این گل رز زمینی بعدها تحلیل شد و پایه ساخت عطر شرکت شی سیدو ژاپن با نام زن شد.



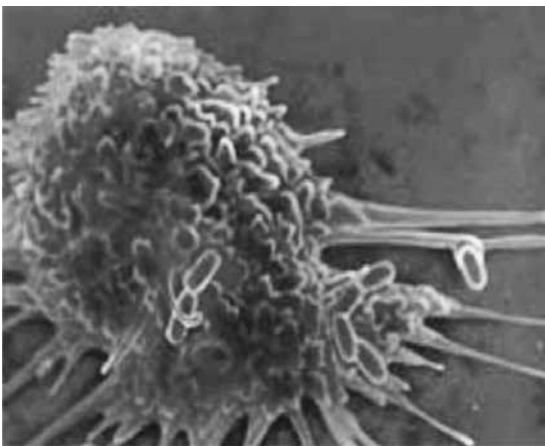
تصویر ۹. اغلب نمایش‌های بی‌وزنی به این دلیل انجام می‌شود که هیجان حضور در فضا با مردم به اشتراک گذاشته شود و تصویری از ویژگی‌های اشیاء در سقوط آزاد شکل بگیرد. در سال ۲۰۰۸/۱۳۸۷ تاکائو دویی، فضانورد، بومرنگی را پرتاب کرد تا ببیند به پرتاب‌کننده‌اش برمی‌گردد یا نه. بومرنگ برگشت، چون که مسیرهای حلقه‌ای بومرنگ‌ها ناشی از نیروهای متغیر هوایی که در آن حرکت می‌کنند، بر ابزارهای خمیده است و ربطی به نیروی جاذبه ندارد. در اوائل سال ۲۰۰۹/۱۳۸۷، فضانورد دیگری به نام کوئیچی واکاتا یک سری فعالیت که توسط عموم پیشنهاد شده بود، شامل راندن یک قالیچه پرنده، تا کردن لباس‌ها و استفاده از قطره چشمی را انجام داد.



تصویر ۱۰.

تصویر ۱۰. باکتری سالمونلا (در تصویر با رنگ قرمز نشان داده شده است) در فضا با احتمال سه برابر بیش‌تر از روی زمین رشد می‌کند. بدن انسان به طور دائم مورد حمله انواع باکتری‌ها و ویروس‌ها قرار می‌گیرد. محل حضور بسیاری از آن‌ها روده است و از طریق هوا و یا استفاده از مواد خوراکی منتشر می‌شود. باکتری و ویروس‌های مضر توسط سیستم دفاعی بدن مهار می‌شود و قبل از این که تعدادشان از کنترل خارج شود، به وسیله سیستم دفاعی بدن از بین می‌روند.

به طور مثال، فضانوردان برای نظافت دندان‌ها از غلطکی کوچک از جنس کتان استفاده می‌کنند. بعد از استعمال، ویروس‌های موجود در بزاق روی آن جمع می‌شود. بزاق انسان حاوی ویروس‌هایی است که تعداد آنان در فضا بسیار بیش‌تر از زمین است. همچنین شواهدی در دست است که نشان می‌دهد بیماری‌زایی برخی از میکروارگانیسم‌ها نیز در فضا تغییر می‌کند و به نظر می‌رسد که بعضی باکتری‌ها پس از رشد در شرایط میکرو گراویتی مهاجم‌تر می‌شود.



تصویر ۱۱. باکتری نامفید روی مری قرار گرفته است. علت اصلی افزایش رشد باکتری در فضا مشخص نیست؛ فضانوردان با کاهش کارایی سیستم ایمنی در فضا روبرو هستند، زیرا مایعات در شرایط میکروگرانشی حرکت موثرتر کمتری در سیستم لنفاوی دارند و این مسئله احتمالاً عامل رشد باکتری است. این کشف می‌تواند روش‌های آماده‌سازی پرواز و اقامت فضانوردان به ویژه در سفر به مقاصد دور دست فضایی را دستخوش تغییرات اساسی کند و به توسعه روش‌های ضد عفونی بهتر برای

پیشگیری از رشد باکتری سودوموناس آئروژینوزا و سایر میکروارگانیسم های مشابه در فضا که تهدید جدی برای مأموریت های فضایی محسوب می شوند منجر شود.

غلبه بر بسیاری از دشواری ها در فضا به فناوری هایی نیاز دارد که قابلیت های انسان را در انجام مأموریت بهبود بخشیده و تکمیل کنند. این فناوری ها بر اثر تحقیقات دانشمندان و پژوهشگران زیادی در حوزه های مختلف علوم فضایی به دست می آید. در نتیجه، برای رسیدن به فناوری های پیشرفته تر در این حوزه نیاز به بستر تحقیقاتی بیش تری در شرایط جاذبه ی ناچیز است. به همین جهت وجود یک آزمایشگاه فضایی که بتوان در آن به تحقیقات در بی وزنی پرداخت در اولویت قرار گرفت. پژوهش های علمی تحقیقاتی در شرایط جاذبه ی ناچیز را می توان به هفت دسته تقسیم کرد: فیزیک سیالات، علوم احتراق، فرآیند مواد و متالورژی، فیزیک پایه، زیست فناوری، فیزیولوژی انسان، رشد و نمو گیاهان.

در سال های ۱۹۷۳ و ۱۹۷۴، مطالعه ی اثرات بیولوژیک جاذبه ی ناچیز در پروژه ی اسکای لب نخستین آزمایشگاه سرشنیندار مداری آغاز شد. این آزمایشگاه توسط ناسا توسعه یافته و به فضا پرتاب شده بود. با شروع برنامه اسکای لب، فضانوردان این امکان را پیدا کردند که به مدت ۸۴ روز در فضا اقامت کنند و از همین رو، دانشمندان تغییرات مختلفی از جمله تغییر حجم مایعات بدن، تغییر در سیستم تعادل، تحلیل رفتن عضلات، از دست دادن سلول های قرمز خون و کاهش تراکم استخوان را مشاهده کردند. آزمایش های اسکای لب برای نخستین بار میزان تغییرات سامانه ی ایمنی بدن را در فضا آشکار کرد.

آزمایشگاه فضایی آزمایشگاه ویژه ای است که درون مخزن محموله مدارپیما شاتل جای می گیرد تا با ایجاد فضای اضافی، دانشمندان بتوانند در فضا آزمایش کنند. این آزمایشگاه بنا به نوع آزمایش های هر سفر مجهز می شود. آزمایشگاه فضایی همچنین بخش های روبازی دارد که برای مطالعه فضا و زمین است، این آزمایشگاه متراکم از طریق مجرای هوا بند به مدارپیما متصل می شود.

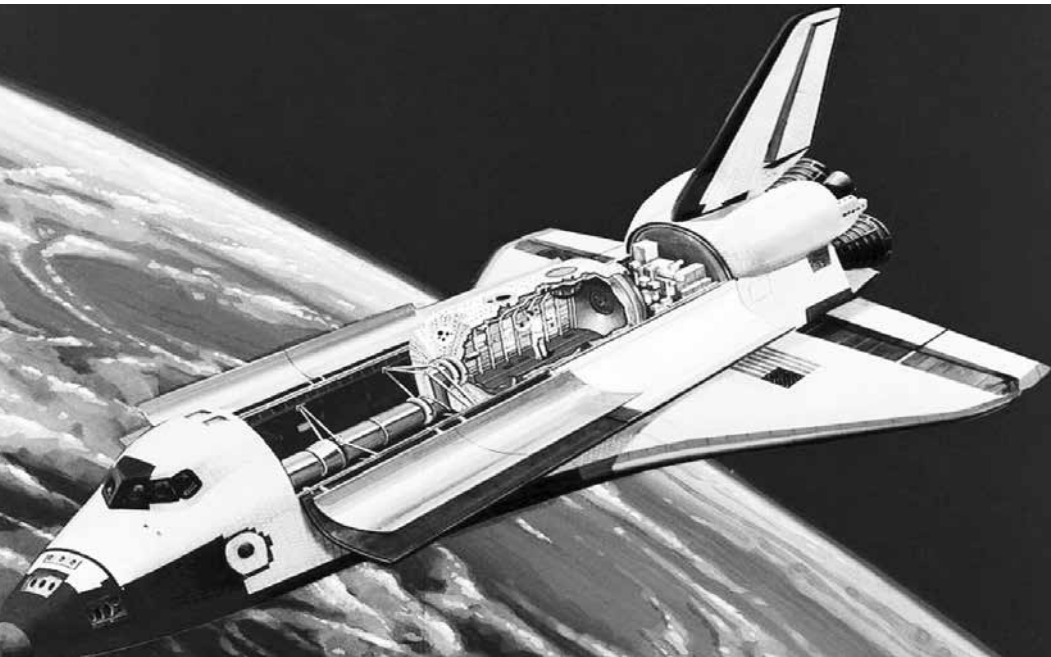
تمامی مدارپیماها نامگذاری شده اند و اولین آنها به نام انترپرایز از نام سفینه فضایی مجموعه تلویزیونی پستازان فضا (استارترک) اقتباس شد. انترپرایز برای مقاصد آزمایشگاهی ساخته شده بود ولی هیچگاه به مدار نرفت، هر چند که

چندین بار در بالای یک فروند بوئینگ ۷۴۷ پرواز کرد. در سال ۱۹۷۷ انترپرایز از ارتفاع ۶۷۰۰ متری (۲۲ هزار پایی) رها شد و سالم به زمین نشست. ناوگان کنونی شامل سه مدارپیما دیسکاوری، آتلانتیس و اندیور است.

آزمایشگاه فضایی اسپیس لب، آزمایشگاهی درون شاتل فضایی بود. این آزمایشگاه زمانی که فضاپیما در مدار شناور می شد، امکان انجام آزمایش هایی را در شرایط بی وزنی برای دانشمندان فراهم می کرد.

در آوریل ۱۹۷۳، ناسا و اسرو (سازمان فضایی اروپا در آن زمان) برای ساخت ماژول علمی جهت استفاده در شاتل توافق کردند. اسرو، ساخت این آزمایشگاه فضایی را در سال ۱۹۷۴ آغاز کرد. اولین ماژول آزمایشگاهی، الام\_۱، در قبال فراهم سازی فرصت پرواز فضایی برای فضانوردان اروپایی به صورت رایگان به ناسا داده شد. مدول دوم، الام\_۲، را ناسا برای استفاده خود خرید. علاوه بر این دو ماژول آزمایشگاهی، چند پالت برای انجام آزمایش در خلاء نیز ساخته شد. از سال ۱۹۸۳ تا ۲۰۰۱، بیست و هفت اسپیس لب در فضا برقرار شد. طی این مدت، دانشمندان از ملیت های گوناگون تحقیقات زیادی را در خصوص موضوعات مختلف علمی در این آزمایشگاه در شرایط بی وزنی به انجام رساندند.

اسپیس لب شامل یک ماژول تحت فشار بود که خدمه در آن کار می کردند و یک پالت کوچک تر که تجهیزات در آن نصب می شد. ماژول اسپیس لب از استوانه ای بزرگ تشکیل شده بود که در عقب محفظه بار شاتل قرار می گرفت. این استوانه با دالان بلندی به بخش خدمه متصل می شد. قطر بیرونی این آزمایشگاه ۴/۰۶ متر و هر یک از دیگر بخش ها (استوانه و دالان) ۲/۷ متر طول داشتند. پالت اسپیس لب به شکل حرف یو، برای نصب تجهیزات این آزمایشگاه در نظر گرفته شده بود. تجهیزات بزرگ، دستگاه هایی که می بایست در معرض فضای آزاد قرار بگیرد و برای کار نیاز به خدمه نداشتند و تجهیزاتی که نیاز به میدان دید بزرگ داشتند، مانند تلسکوپ ها، همه در این پالت نصب می شدند. بعضی از مأموریت های اسپیس لب مختص آزمایش هایی در برخی زمینه های خاص مانند علوم زیستی، علم مواد، ستاره شناسی یا پایش های زمینی اختصاص داده شده بود و تعدادی دیگر چند منظوره بودند. بودجه این برنامه در سال ۱۹۹۸ قطع



شد و بار دیگر تنها در سال ۲۰۰۲، هزینه برقراری اسپیس لب در شاتل تأمین شد.

### آزمایشگاه زیست پزشکی فضایی در اسپیس لب

آزمایشگاه زیست-پزشکی فضایی با هدف شناخت اثرات مخرب فضا بر روی موجودات زنده و فضانوردان و یافتن راه‌کارهایی در جهت کاهش یا حذف این اثرات و یا به وجود آوردن گونه‌های مقاوم در برابر اثرات مخرب شرایط فضایی؛ در اسپیس لب تأسیس شد.

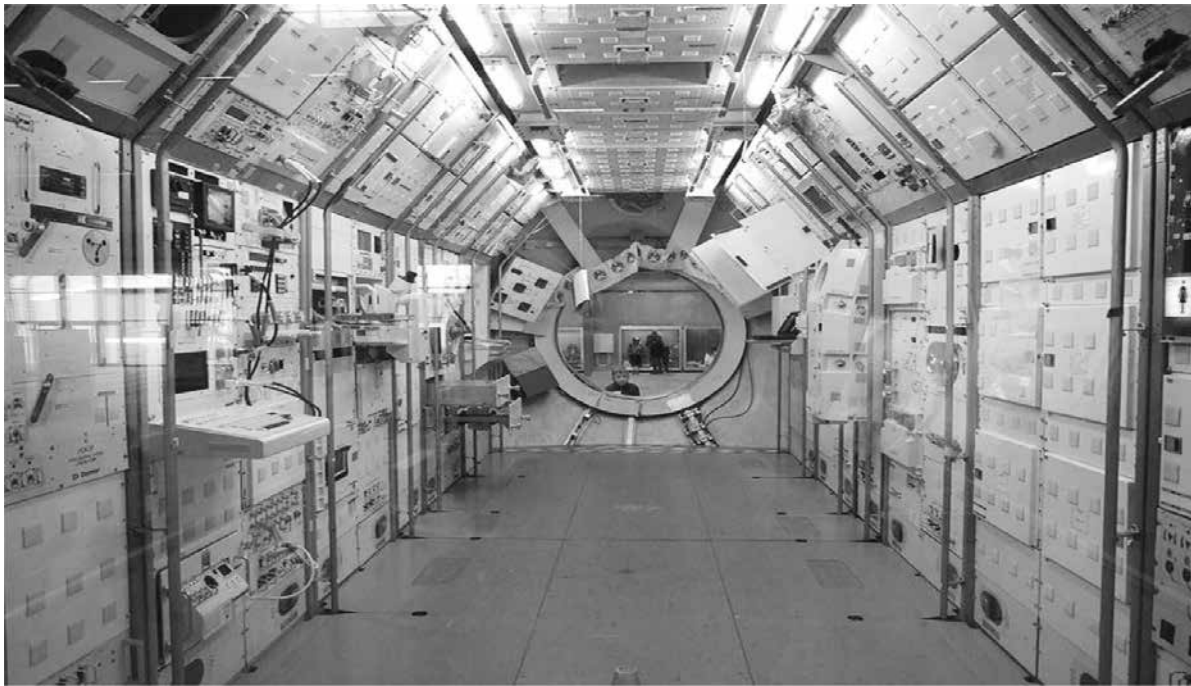
یک آزمایشگاه زیست پزشکی فضایی نیاز به فضایی به وسعت حداقل ۳۰۰ متر مربع است. این آزمایشگاه به

سه بخش آزمایشگاه پزشکی و فیزیولوژی فضایی، آزمایشگاه بیوتکنولوژی، و آزمایشگاه باغبانی فضایی و محیط‌های پشتیبان حیات بسته تقسیم می‌شود. ساختمان آزمایشگاه دارای اتاق‌ها و بخش‌های تحقیقاتی مختلف جهت انجام تحقیقات نو ترکیبی دی‌ان‌ای، آزمایشگاه کشت سلولی، اتاق تاریک، انبار مواد شیمیایی فرار، آزمایشگاه حیوانات و... است. آزمایشگاه زیست پزشکی فضایی اهداف کلی زیر را دنبال می‌کرد:

- تحقیقات و آموزش در حوزه زیست پزشکی فضایی و بی‌وزنی و کاربرد آن‌ها برای درک بهتر اثرات فاکتورهای محیطی فضا و جاذبه بر روی موجودات زنده کره زمین
- انتشار اطلاعات زیست-پزشکی فضایی و کاربرد آن در حل مشکلات زیست پزشکی فضایی و زمینی
- می‌توان در آزمایشگاه زیست پزشکی فضایی مباحث تحقیقاتی را مطرح ساخت. از قبیل:
- تأثیرات فضا بر بدن انسان چگونه است؟
- چه مدت زمانی انسان می‌تواند در شرایط دشوار در فضا زنده بماند؟
- چگونه بدن انسان با شرایط بی‌وزنی منطبق می‌شود؟
- در فضا که شب و روز وجود ندارد، ساعت زیستی بدن چگونه تغییر می‌کند؟
- انسان با چه سرعتی می‌تواند با محیط زیست زمین پس

آزمایشگاه اسپیس لب در شاتل را نشان می‌دهد

از بازگشت از این سفر انطباق پیدا کند؟  
- برنامه‌های آموزشی و داخل شدن پزشکی فضایی در این حوزه چگونه می‌تواند باشد؟  
- چه کسانی از تحقیقات گسترده پزشکی فضایی سود می‌برند؟  
- پزشکی فضایی در حوزه تجارت فضایی چگونه عمل می‌نماید؟  
مباحث فوق بخشی از تحقیقاتی دانشمندان است تا بتوانند با ساخت وسایل و ایجاد امکانات، سفر و اقامت در فضا را که محیطی بسیار خشن است، آسان‌تر نمایند. از تجهیزات عمومی آزمایشگاه زیست پزشکی فضایی می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد: انکوباتور دی‌اکسیدکربن، میکروسکوپ معکوس، دستگاه PCR (واکنش زنجیره‌ای پلیمراز)، فریزر ۷۰- درجه‌ی سانتی‌گراد، ژل دایکومنتیشن، هود لامینار، تانک ازت، بن‌ماری، آب دوبار تقطیر، انواع سمپلر، اتوکلاو، صفحه‌ی داغ مگنت‌دار، ورتکس، الکتروفورز عمودی و افقی، فر یا آون، ترازو و PH متر. ابزار و وسایل جانبی برای چنین آزمایشگاهی عبارتند از: ابزار آنالیزکننده، ابزار آزمایشگاه ژنرال، منابع و ذخایر آزمایشگاه، ابزار تحقیقات بیولوژی، تجهیزات مراقبت سلامت، ابزار آموزش‌های علمی، ابزار تحقیقات بالینی، تجهیزات صنعتی، ابزار اندازه‌گیری و آزمایش‌های



نمایی از داخل آزمایشگاه ال-ام ۲ اسپیس لب

4. "ESA hands over a piece of space history".
5. Tim Furniss, David Shayler, Michael Derek Shayler (2007). Manned Spaceflight Log 1961-2006. Springer Praxis. p. 829.
6. Lord, Douglas R. Spacelab An international success story, NASA-SP-487. NASA, January 1, 1987.
7. SLP/2104-2: Spacelab Payload Accommodation Handbook.

علمی، تجهیزات عمومی لابراتور و بخش خدمات آزمایشگاه است.

#### منابع

1. "STS-2". NASA. Retrieved 23 November 2010.
2. "STS-3". NASA. Retrieved 23 November 2010.
3. "Spacelab joined diverse scientists and disciplines on 28 Shuttle missions". NASA. 15 March 1999. Retrieved 23 November 2010.

**از هم اکنون به کانال تلگرامی و اینستاگرام  
ماهنامه تشخیص آزمایشگاهی بپیوندید**

 @Tashkhis\_Magazine

 Tashkhis\_Magazine